BMP.UKI:FR-01-MPF-III-2020

BUKU MATERI PEMBBELAJARAN
METODE PENGUKURAN FISIKA

Penulis :
Faradiba, S.Si., M.Sc.

PRODI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2020

Faradiba, S.Si., M.Sc

METODE PENGUKURAN FISIKA

Buku Ajar untuk matakuliah Metode Pengukuran Fisika
Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Kristen Indonesia

2020

KATA PENGANTAR

Buku “Metode Analisis dan Pengukuran Fisika” ini merupakan salah satu buku panduan untuk mata kuliah Metode Analisis dan Pengukuran Fisika untuk Kurikulum Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) di Prodi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Indonesia (FKIP-UKI).

Penyusunan modul ini bertujuan sebagai panduan dalam pembelajaran untuk mata kuliah Metode Pengukuran Fisika. Modul pembelajaran ini membahas beberapa definisi penting terkait pengukuran, selai itu, pada modul ini juga dijelaskan terkait analisis data hasil pengukuran dan menghitung ralat dari hasil pengukuran yang dilakukan..

Dengan memahami setiap bab dalam modul ini, serta ditambah dengan mencari informasi dari berbagai media, dilanjutkan dengan sebanyak mungkin berlatih untuk proses pengambilan data (mengukur), diharapkan dapat memberikan keterampilan pengolahan data pendidikan secara sistematis dan informatif.

Ucapan terima kasih diberikan kepada berbagai pihak yang terlibat dalam penyiapan dan penyusunan buku ini. Saran dan masukan dalam rangka penyempurnaan buku ini sangat diharapkan.

Jakarta, Agustis 2020

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Halaman

DAFTAR LAMPIRAN

PETUNJUK PENGGUNAAN BMP

Pendahuluan

Bagian pendahuluan memuat hal-hal sebagai berikut:

a. **Deskripsi Singkat Modul**. Isinya memuat penjelasan singkat tentang nama dan ruang lingkup isi modul. Deskripsi singkat disajikan dalam satu atau dua paragraf. Dengan membaca deskripsi tersebut, peserta didik diharapkan dapat mempunyai gambaran umum tentang modul yang akan mereka pelajari.
b. **Capaian Pembelajaran (CP).** Capaian pembelajaran setiap modul sesuai dengan RPS yang ditetapkan.
c. **Kemampuan Akhir (KA).** Kemampuan akhir yang diharapkan meliputi ranah kognitif, afektif dan psikomotor yang akan dipelajari dalam setiap kegiatan belajar yang ada dalam satu modul.
d. **Prasyarat Kompetensi**. Prasyarat yang dimaksud di sini adalah kemampuan awal yang harus dimiliki oleh mahasiswa yang dipersyaratkan untuk mempelajari modul.
e. **Kegunaan Modul.** Isinya memuat kegunaan bagi mahasiswa saat mengaplikasikan dalam dunia kerja, khususnya di bidang yang sesuai dengan matakuliah yang diambilnya.
f. **Materi Pokok dan Sub Materi Pokok**. Materi pokok pembelajaran (dan sub materi pokok) adalah seluruhnya materi pokok pelajaran yang dimuat atau tertuang dalam satu modul; semua materi pokok yang akan dipelajari dalam setiap kegiatan belajar guna menumbuhkan kemampuan akhir (KA) dalam diri mahasiswa.

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan pembelajaran ini mencakup persepsi, kegiatan inti dan kegiatan akhir pembelajaran. Di dalam bagian ini dimuat:

a. **Judul Kegiatan Belajar**. Judul kegiatan belajar ditulis singkat dan padat sesuai dengan pokok bahasan yang ada.
b. **Kemampuan Akhir (KA) & Sub Kemampuan Akhir** yang diharapkan.
Yang dimaksud kemampuan akhir (KA) dalam kegiatan belajar (sebut saja kegiatan belajar-1) adalah kemampuan akhir yang diharapkan dari mempelajari materi pokok pada kegiatan belajar.
c. **Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi**
Uraian, contoh dan ilustrasi diberikan setelah penulisan judul kegiatan belajar di mana pada sub-sub kegiatan belajar diberikan uraian yang disertai ilustrasi atau contoh-contoh aktual. Uraian diberikan dengan gaya bahasa sederhana dan komunikatif dalam bentuk terstruktur.
d. **Rangkuman**
Rangkuman berisi ringkasan materi pembelajaran yang disajikan dalam uraian. Ringkasan disusun dalam bentuk butir-butir.

e. **Latihan dan atau Lembar Kerja Praktek**
   Memuat tugas yang sesuai dengan tahapan penilaian. Latihan atau tugas diberikan untuk penguatan pemahaman terhadap konsep/pengetahuan/prinsip-prinsip penting yang telah disajikan dalam uraian dan contoh. Latihan atau tugas dapat diberikan dalam bentuk:
   - Esai
   - kegiatan observasi untuk mengenal fakta.
   - Studi kasus.
   - Kajian materi, dsb.
   - Jumlah soal latihan esai minimum berjumlah lima soal pada setiap kegiatan belajar.

f. **Evaluasi Pembelajaran**
   Evaluasi pembelajaran diberikan untuk mengukur kemajuan hasil belajar yang dicapai dalam satu unit kegiatan belajar, sebagai dasar untuk melaksanakan kegiatan belajar berikutnya.

g. **Umpan Balik dan Tindak Lanjut**
   Umpan balik merupakan petunjuk tentang tindakan selanjutnya yang perlu dilakukan mahasiswa untuk lebih mengembangkan kapasitas belajarnya.

Penutup

Penutup adalah bagian terakhir dari modul yang terdiri dari:

a. **Rangkuman**
   Bagian ini merangkum kembali secara keseluruhan kompetensi yang telah dikuasai dan garis besar pokok materi yang telah dipelajari serta kegiatan-kegiatan yang telah dilaksanakan selama pembelajaran.

b. **Jawaban Evaluasi Kegiatan Pembelajaran**
   Jawaban Evaluasi Kegiatan Pembelajaran berisi kunci jawaban dari latihan dan atau Lembar Kerja Praktek-1/tugas/ sesuai tahapan penilaian.

c. **Daftar Istilah**
   Daftar istilah memuat kata, baik yang tidak populer maupun istilah asing dan disertai dengan penjelasan singkat.

d. **Daftar Pustaka**
   Daftar pustaka yang digunakan sebagai sumber belajar dicantumkan dengan menuliskan nama lengkap penulis modul, tahun penerbitan, judul modul, kota penerbitan, dan nama penerbit.

.

CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN

Capaian Pembelajaran :

Parameter Sikap:

S-1 :Bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius.

S-2 :Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral, dan etika.

S-3 :Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan kemajuan peradaban berdasarkan :Pancasila.

S-4 :Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggungjawab pada negara dan bangsa.

S-5 :Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain.

S-6 :Bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan.

S-7 :Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara.

S-8 :Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik.

S-9 :Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri.

S-10 :Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan.

S-11 :Memiliki budi pekerti yang berlandaskan nilai-nilai kristiani: rendah hati, berbagi dan peduli, disiplin, professional dan bertanggung jawab dalam melaksanakan tugas yang dipercayakan.

S-12 :Mempunyai ketulusan, komitmen, kesungguhan hati untuk mengembangkan sikap, nilai dan kemampuan peserta didik dengan dilandasi oleh nilai-nilai kearifan lokal dan akhlak mulia serta memiliki motivasi untuk berbuat bagi kemaslahatan peserta didik dan masyarakat pada umumnya.

Parameter Keterampilan Umum :

KU-1 :Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya.

KU-2 :Mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur.

KU-3 :Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, desain atau kritik seni, menyususn deskripsi saintifik hasil kajiannya dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir, dan mengunggahnya dalam laman perguruan tinggi.

KU-4 :Menyusun deskripsi saintifik hasil kajian tersebut di atas dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir, dan mengunggahnya dalam laman perguruan tinggi.

KU-5 :Mampu mengambil keputusan secara tepat dalam konteks penyelesaian masalah di bidang keahliannya, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

KU-6 :Mampu memelihara dan mengembangkan jaringan kerja dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya.
KU-7 :Mampu bertanggung jawab atas pencapaian hasil kerja kelompok dan melakukan supervisi dan evaluasi terhadap penyelesaian pekerjaan yang ditugaskan kepada pekerja yang berada di bawah tanggung jawabnya.
KU-8 :Mampu melakukan proses evaluasi diri terhadap kelompok kerja yang berada di bawah tanggung jawabnya, dan mampu mengelola pembelajaran secara mandiri.
KU-9 :Mampu mendokumentasikan, memyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data untuk menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi.

Paramater Khusus :

KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika

Parameter Pengetahuan :

P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika
P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)
MATA KULIAH METODE PENGUKURAN FISIKA

<table>
<tr><td rowspan="1"></td><td colspan="5">UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
JURUSAN / PRODI : Program Studi Pendidikan Fisika</td></tr>
<tr><td colspan="6">RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER</td></tr>
<tr><td>MATA KULIAH</td><td>KODE</td><td>Rumpun MK</td><td>BOBOT (sks)</td><td>SEMESTER</td><td>Tgl Penyusunan</td></tr>
<tr><td>Metode Pengukuran Fisika</td><td></td><td>Wajib Umum</td><td>2</td><td>Ganjil</td><td>5 September 2020</td></tr>
<tr><td rowspan="2">OTORISASI</td><td colspan="2">Pengembang RPS</td><td colspan="2">Koordinator RMK</td><td>Ka. PRODI</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tim Metode Pengukuran Fisika</td><td colspan="2">Faradiba, S.Si., M.Sc</td><td>Taat Guswantoro, M.Si.</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="5">CPL</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Sikap
S-1 :Bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius.
S-2 :Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral, dan etika.
S-3 :Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan kemajuan peradaban berdasarkan :Pancasila.
S-4 :Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggungjawab pada negara dan bangsa.
S-5 :Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain.</td></tr>
</table>

		S-6 :Bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan. S-7 :Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara. S-8 :Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik. S-9 :Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri. S-10 :Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan. S-11 :Memiliki budi pekerti yang berlandaskan nilai-nilai kristiani: rendah hati, berbagi dan peduli, disiplin, professional dan bertanggung jawab dalam melaksanakan tugas yang dipercayakan. S-12 :Mempunyai ketulusan, komitmen, kesungguhan hati untuk mengembangkan sikap, nilai dan kemampuan peserta didik dengan dilandasi oleh nilai-nilai kearifan lokal dan akhlak mulia serta memiliki motivasi untuk berbuat bagi kemaslahatan peserta didik dan masyarakat pada umumnya. **Parameter Keterampilan Umum :** KU-1 :Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya. KU-2 :Mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur. KU-3 :Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, desain atau kritik seni, menyususn deskripsi saintifik hasil kajiannya dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir, dan mengunggahnya dalam laman perguruan tinggi. KU-4 :Menyusun deskripsi saintifik hasil kajian tersebut di atas dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir, dan mengunggahnya dalam laman perguruan tinggi. KU-5 :Mampu mengambil keputusan secara tepat dalam konteks penyelesaian

		masalah di bidang keahliannya, berdasarkan hasil analisis informasi dan data. KU-6 :Mampu memelihara dan mengembangkan jaringan kerja dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya. KU-7 :Mampu bertanggung jawab atas pencapaian hasil kerja kelompok dan melakukan supervisi dan evaluasi terhadap penyelesaian pekerjaan yang ditugaskan kepada pekerja yang berada di bawah tanggung jawabnya. KU-8 :Mampu melakukan proses evaluasi diri terhadap kelompok kerja yang berada di bawah tanggung jawabnya, dan mampu mengelola pembelajaran secara mandiri. KU-9 :Mampu mendokumentasikan, memyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data untuk menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi. **Paramater Khusus :** KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika **Parameter Pengetahuan :** P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika
	CPMK	
		1. Mampu memahami tentang pengukuran; (S1-12, KU1) 2. Mampu mengetahui kesalahan pada pengukuran (KU2, KU9, KK3) 3. Mampu memahami ketidakpastian pengkuran ((KU1-3, KK3) 4. Mampu melakukan proses pengukuran; (KU4-7, KK3, P5) 5. Mampu memahami kriteria penolakan data; (KU4-9, KK3, P5, P11)

Deskripsi Singkat MK	Mata kuliah ini menguraikan konsep pengukuran, bebebrapa definisi penting terkait pengukuran, faktor yang menyebabkan terjadinya kesalahan pada pengukuran, menghitung ralat pada pengukuran, menganalisis ketidakpastian pengukuran.	
Bahan Kajian	Pengukuran alat ukur Analisis data pengolahan data	
Pustaka	**Utama:**	
	1. Gupta, S.V. (2012). Measurement Uncertainties Physical Parameters and Calibations of Instrumens. Springer: London New York. DOI : 10.1007/978-3-642-20989-5 2. Taylor, JR (1999). An Introduction to Error Analysis the study of uncertainties in physical Measurements: Second Edition . California : Universitu Science Books. ISBN 0-935702-75-X	
	Pendukung:	
	1. Cochran, WG (1968). “Kesalahan Pengukuran dalam Statistik”. Technometrics . Taylor & Francis, Ltd atas nama Amerika statistik Association dan American Society untuk Kualitas. 10: 637-666. doi: 10,2307 / 1.267.450 2. Dodge, Y. (2003). The Oxford Kamus Istilah statistik . OUP. ISBN 0-19-920613-9. 3. Hambar, J. Martin, dan Douglas G. Altman (1996). “Statistik Catatan: Kesalahan Pengukuran.” BMJ 313.7059: 744. 4. Ishafit, (2017). Materi Kuliah Eksperimen Fisika. Yogyakarta : Univ.Ahmad Dahlan.	
Media Pembelajaran	**Perangkat lunak:**	**Perangkat keras:**
	microsoft teams/ Zoom, google meet	Komputer
Dosen Pengampu	Faradiba, S.Si., M.Sc	
Matakuliah syarat	-	

<table>
<tr><th rowspan="2">Mg Ke-</th><th rowspan="2">Sub-CP-MK

(Kemampuan Akhir yang Direncanakan)</th><th rowspan="2">Bahan Kajian (Materi Pembelajaran)</th><th rowspan="2">Bentuk dan Metode Pembelajaran
(Media & Sumber Belajar)</th><th rowspan="2">Estimasi Waktu</th><th rowspan="2">Pengalaman Belajar Mahasiswa</th><th colspan="3">Penilaian</th></tr>
<tr><th>Kriteria</th><th>Indikator</th><th>Bobot</th></tr>
<tr><td>(1)</td><td>(2)</td><td>(3)</td><td>(4)</td><td>(5)</td><td>(6)</td><td>(7)</td><td>(8)</td><td>(9)</td></tr>
<tr><td>1-2</td><td>1. Mahasiswa mampu menjelaskan RPS
2. Mahasiawa mampu memahami istilah penting dalam pengukuran</td><td>RPS
istilah penting dalam pengukuran kuantitas dan pengukuran, parameter statistika, angka penting</td><td>Bentuk: kuliah/ daring
Metode: Ceramah, Diskusi,Tanya jawab
Media: OHP/Komputer
Sumber belajar: internet, pustaka, PPT</td><td>T- Muka: 2x(2x50)
T-Trstr: 2x (2x60')
T- Man : 2x (2x60')</td><td>Mahasiswa Mendengarkan penjelasan dosen dan mengajukan pertanyaan, kuis</td><td>Kriteria: Jawaban Kuis
Bentuk non tes: mengemukakan pendapat</td><td>Ketepatan menjelaskan dan menajwab kuis</td><td>5%</td></tr>
<tr><td>3-4</td><td>Mahasiswa mampu memahami Kesalahan dana alat ukur</td><td>Pengukuran
Alat ukur
Kesalahan pengukuran</td><td>Bentuk: kuliah/ daring
Metode: Ceramah, Diskusi,Tanya jawab
Media: OHP/Komputer
Sumber belajar: internet,</td><td>T- Muka: 2x(2x50)
T-Trstr: 2x (2x60')
T- Man : 2x (2x60')</td><td>Mahasiswa Mendengarkan penjelasan dosen dan mengajukan pertanyaan, kuis, presentasi</td><td>Kriteria: Jawaban Kuis
Bentuk non tes:
Presentasi, mengemukakan pendapat</td><td>Ketepatan menjelaskan dan menajwab kuis, Presentasi</td><td>5%</td></tr>
</table>

			pustaka, PPT					
5-7	Mahasiswa mampu memahami Ketidakpastian pengukuran	Ketidakpastian pengukuran taksiran ralat ralat grafik	**Bentuk:** kuliah/ daring **Metode**: Ceramah, Diskusi,Tanya jawab **Media:** OHP/Komputer **Sumber belajar**: internet, pustaka, PPT	**T- Muka:** (2x50) **T-Trstr:** (2x60') **T- Man :** (2x60')	Mahasiswa **Mendengarkan** penjelasan dosen dan mengajukan pertanyaan, kuis, presentasi	**Kriteria:** Jawaban Kuis **Bentuk non tes:** Presentasi, mengemukakan pendapat	Ketepatan menjelaskan dan menajwab kuis, Presentasi	10%
8	UTS							30%
9-10	Mahasiswa dapat melakukan proses pengukuran	Pengukuran panjang dan ralatnya pengukuran massa dan waktu beserta ralatnya masing-masing pengkuran listrik beserta ralatnya	**Bentuk:** kuliah/ daring **Metode**: Ceramah, Diskusi,Tanya jawab **Media:** OHP/Komputer **Sumber belajar**: internet, pustaka, PPT	**T- Muka:** (2x50) **T-Trstr:** (2x60') **T- Man :** (2x60')	Mahasiswa **Mendengarkan** penjelasan dosen dan mengajukan pertanyaan, kuis, presentasi	**Kriteria:** Jawaban Kuis **Bentuk non tes:** Presentasi, mengemukakan pendapat	Ketepatan menjelaskan dan menajwab kuis, Presentasi	5%
11-12	Mahasiswa mampu memahami distribusi	Histogram dan distribusi	**Bentuk:** kuliah **Bentuk:** kuliah/	**T- Muka:** (2x50)	Mahasiswa **Mendengarkan**	**Kriteria:** Jawaban	Ketepatan menjelaska	

	normal	distribusi binomial dan poisson estimasi terbaik	daring **Metode**: Ceramah, Diskusi,Tanya jawab **Media:** OHP/Komputer **Sumber belajar**: internet, pustaka, PPT	**T-Trstr:** (2x60') **T- Man :** (2x60')	penjelasan dosen dan mengajukan pertanyaan, kuis, presentasi	Kuis **Bentuk non tes:** Presentasi, mengemukakan pendapat	n dan menajwab kuis, Presentasi	5%
13-15	Mahasiswa mampu memahami tentang kriteria penolakan data	penolakan data nilai rata-rata berbobot kovarian dan korelasi	**Bentuk:** kuliah/ daring **Metode**: Ceramah, Diskusi,Tanya jawab **Media:** OHP/Komputer **Sumber belajar**: internet, pustaka, PPT	**T- Muka:** (2x50) **T-Trstr:** (2x60') **T- Man :** (2x60')	Mahasiswa **Mendengarkan** penjelasan dosen dan mengajukan pertanyaan, kuis, presentasi	**Kriteria:** Jawaban Kuis **Bentuk non tes:** Presentasi, mengemukakan pendapat	Ketepatan menjelaskan dan menajwab kuis, Presentasi	10%
16	UAS							30 %

KONTRAK PERKULIAHAN

I. PERSYARATAN UMUM

A. Kehadiran:

1. Jumlah kuliah tatap muka per semester yang harus dihadiri oleh mahasiswa/i adalah 16 pertemuan.
2. Batas toleransi kehadiran mahasiswa/i 75 % dari total jumlah pertemuan.
3. Kriteria ketidakhadiran mahasiswa/i adalah: S (sakit) ditandai dengan surat keterangan dokter, I (Ijin) ditandai dengan surat ijin resmi, dan A (Alpa), maksimal 4x pertemuan kelas.
4. Mahasiswa aktif dan parsitipatif mengikuti ibadah keluarga besar UKI dan tidak diperkenankan melakukan kegiatan lain selama ibadah berlangsung.
5. Toleransi keterlambatan perkuliahan (dosen + mahasiswa/i) setiap tatap muka adalah 15 menit. Jika setelah 15 menit dosen + mahasiswa/i tidak hadir maka perkuliahan dibatalkan. (kecuali ada persetujuan atau ada masalah tertentu).

B. Perkualiahan:

1. Mata kuliah yang dilaksanakan mahasiswa berbasis KKNI.
2. Mata kuliah berbasis KKNI dinilai/dievaluasi per topik yang telah tuntas
3. Persentase penilaian/evaluasi ditentukan oleh dosen yang bersangkutan sesuai kompetensi MK dan capaian pembelajaran.
4. Tidak diperkenankan meninggalkan kelas selama perkuliahan tanpa ijin oleh dosen.
5. Mahasiswa tidak diijinkan membuka HP saat proses belajar mengajar berlangsung tanpa ijin oleh dosen.
6. Mahasiswa memakai busana yang sopan.
7. Tidak membuat kegaduhan selama proses pembelajaran berlangsung.

II. PERSYARATAN KHUSUS

A. Tugas dan Tanggung jawab mahasiswa/i

Pada setiap tatap muka mahasiswa/i diwajibkan berpartisipasi aktif dalam proses perkuliahan melalui hal-hal berikut

1. Kuis reguler: mahasiswa wajib mempersiapkan diri dan mengikuti kuis regular yang diadakan setiap tatap muka. Materi kuis diambil dari materi yang akan dibahas pada tatap muka hari itu.
2. Presentasi: mahasiswa/i wajib berpartisipasi aktif dalam diskusi yang diadakan dalam setiap tatap muka sesuai kebutuhan materi perkuliahan (lihat RPS).

III. PENILAIAN (*point-point penilaian rubrick dapat diisi sesuai dengan kebutuhan)

1. Rubrik Keseluruhan

No	Indikator Penilaian Presentasi	Bobot (B)	Nilai (N)	B x N
1.	Tugas	40%	100	40
2.	UTS	30%	100	30
3.	UAS	30%	100	30
	Jumlah			100

2. Rubrik penilaian kognitif (kuis)

No	Kualitas Jawaban	Bobot
1.	Jawaban benar	100%

3. Rubrik penilaian Presentasi

No	Indikator	Bobot (B)	Nilai (N)	B x N
1	Tampilan materi	20 %	100	20
2	Penguasaan materi	30 %	100	30
3	Kemampuan menjawab pertanyaan	30 %	100	30
4	interaktif	20 %	100	20
	Jumlah			100

4. Skala nilai akhir dalam huruf dan angka:

Nilai Akhir (NA)	Nilai Huruf (NH)	Nilai Mutu (NM)
80,0-100,0	A	4,0
75,0-79,0	A-	3,7
70,0-74,9	B+	3,3
65,0-69,9	B	3,0
60,0-64,9	B-	2,7
55,0-59,9	C	2,3
50,0-54,9	C-	2,0
45,0-49,9	D	1,0
<44,9	E	0

5. Prosentase Tahap Penilaian Tugas dan kewajiban mahasiswa (**dapat diganti/disesuaikan oleh dosen**)
   Tahap1 : Presentasi Kelompok ………................................ sebesar 20% } setara UTS

Tahap2	: Penilaian kognitif	sebesar 20%	setara Tugas Mandiri
Tahap3	: Penilaian sikap……………...................................	sebesar 10%	
Tahap4	: Jumlah Kehadiran..	sebesar 10%	
Tahap5	: Melaksanakan *Service Learning/*studi lapangan ..	sebesar 30%	setara UAS

Terima kasih atas kerja sama dan kerja keras mahasiswa sekalian. Shalom.

Jakarta, 5 september 2020

Mengetahui, Ketua Program Studi, ttd	Disusun Oleh Dosen Pengampu, ttd
Taat Guswantoro, M.Si	Fraadiba, S.Si., M.Sc

Modul 1:
BEBERAPA ISTILAH PENTING

A. Pendahuluan

1. Deskripsi singkat modul

Sifat dasar dari semua pengukuran fisik menunjukkan bahwa tidak mungkin untuk melakukan pengukuran kuantitas fisik apa pun tanpa kesalahan. Oleh karena itu, setiap kali nilai kuantitas fisik ditentukan melalui proses pengukuran, itu hanya perkiraan terbaik dari nilai kuantitas fisik yang diperoleh dari data eksperimen yang diberikan. Nilai estimasi mungkin sedikit kurang atau lebih dari nilai sebenarnya dari kuantitas fisik. Dalam sebuah karya eksperimental, pada dasarnya ada empat elemen utama yang terlibat, yaitu :

Instrumen, pengamat, proses pengukuran, dan statistik. Instrumen termasuk kondisi lingkungan dan jumlah pengaruh. Bahkan ketika koreksi yang tepat untuk sumber kesalahan yang diketahui atau diduga telah diterapkan, masih ada ketidakpastian, yaitu keraguan tentang seberapa baik hasil pengukuran mewakili nilai sebenarnya dari kuantitas yang diukur. Selama pengukuran, kesalahan dapat merambat karena kesalahan inheren dalam instrumen, efek lingkungan pada pembacaan instrumen, kesalahan dalam membaca instrumen oleh pengamat dan kesalahan yang terjadi karena proses pengukuran tertentu. Jadi, ketika memberikan nilai terukur dari kuantitas apa pun, orang tidak akan pernah cukup yakin untuk memberikan nilai tertentu tetapi ingin mengatakan bahwa nilai terukur dari kuantitas yang sama mungkin berada dalam kisaran tertentu. Saat memasuki detail statistik lebih lanjut, instrumen pengukuran, dan detail lainnya, kami cenderung menemukan beberapa istilah yang tidak diketahui semua orang sehingga kami ingin mendefinisikannya. Upaya telah dilakukan untuk mengklasifikasikan mereka sesuai dengan asosiasi dan sifat mereka. Secara umum pengukuran kuantitas dan memperkirakan ketidakpastian melibatkan:

- Kuantitas
- Proses pengukuran
- Statistik yang terlibat Instrumen dan standar yang digunakan
- Pengaruh kuantitas. Fungsi matematika khusus

2. Capaian Pembelajaran (CP) Lulusan

Paramater Khusus :

KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika

Parameter Pengetahuan :

P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika

P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika

3. Kemampuan Akhir (KA)

1. Mahasiswa mampu memahami jenis kuantitas pada pengukuran
2. Mahasiswa mampu menngetahui beberapa parameter penting statistic yang digunakan dalam pengukuran
3. Mahasiswa mampu mengetahui aturan angka penting dan penulisan angka penting yang benar.

4. Prasyarat Kompetensi

-

5. Kegunaan Modul

Modul ini digunakan untuk dapat menjelaskan tentang beberapa defines penting yang harus diketahui sebelum melakukan pengukuran.

6. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok

- Kuantitas dan Pengukuran
- Parameter statistik
- Angka Penting

Kegiatan Pembelajaran 1: Kuantitas dan Pengukuran

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui definisi Kuantitas dalam Pengukuran.
b. Mahasiswa mampu mengetahui definisi dan ketentuan pengukuran.

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

1. Ketentuan Berkenaan dengan Kuantitias

Kuantitas, Kuantitas adalah properti dari suatu fenomena, tubuh, atau substansi, di mana suatu angka dapat ditetapkan sehubungan dengan referensi. Referensi dapat berupa unit pengukuran, prosedur pengukuran, atau bahan referensi. Misalnya, massa benda adalah kuantitas yang merupakan properti benda itu dan dapat diberi nilai sehubungan dengan satuan pengukuran, yaitu kilogram.

Sistem Kuantitas Dasar atau biasa dikenal dengan istilah besaran pokok, Ini adalah sekumpulan jumlah dasar sehingga setiap kuantitas lain dapat dinyatakan dalam jumlah dasar atau kombinasinya. **Sebagai contoh**, semua jumlah mekanik dapat dinyatakan dalam bentuk massa, panjang, dan waktu. Sistem satuan internasional didasarkan pada tujuh kuantitas, yaitu massa, panjang, waktu, arus listrik, suhu, intensitas cahaya, dan jumlah zat.

Tabel 1.1 Kuantitas Dasar Berdasarkan Satuan Internasional

Besaran Dasar	Satuan internasional		
	Satuan	Lambang	Simbol besaran
1. Panjang	Meter	m	l
2. Massa	Kilogram	kg	m
3. Waktu	Sekon	s	t
4.Arus Listrik	Ampere	A	I
5. Suhu Thermodinamika	Kelvin	K	T
6. Jumlah Zat	Mola	mol	N
7. Intensitas cahaya	Kandela	cd	Iv

Kuantitas Turun atau dikenal dengan istilah besaran turunan, Kuantitas dalam sistem kuantitas dasar, yang didefinisikan dalam jumlah dasar, dikenal sebagai kuantitas turunan. **Sebagai contoh**, kecepatan adalah perbandingan panjang dan waktu, sedangkan energi kinetik adalah produk dari massa benda yang bergerak dan kuadrat dari kecepatannya.

Tabel 1.2 Kuantitas Turun dari penjabaran Kuantitas Dasar

No.	Besaran Turunan	Penjabaran dari Besaran Pokok	Satuan Sistem MKS
1	Luas	Panjang × Lebar	m^2
2	Volume	Panjang × Lebar × Tinggi	m^3
3	Massa jenis	Massa : Volume	kg/m^3
4	Kecepatan	Perpindahan : Waktu	m/s
5	Percepatan	Kecepatan : Waktu	m/s^2
6	Gaya	Massa × Percepatan	newton (N) = $kg.m/s^2$
7	Usaha	Gaya × Perpindahan	joule (J) = $kg.m^2/s^2$
8	Daya	Usaha : Waktu	watt (W) = $kg.m^2/s^3$
9	Tekanan	Gaya : Luas	pascal (Pa) = N/m^2
10	Momentum	Massa × Kecepatan	kg.m/s

Persamaan Kuantitas, Persamaan kuantitas adalah hubungan matematis antara jumlah (dasar maupun turunannya). Jika kuantitas Q1 adalah produk dari dua kuantitas Q2, Q3 dan angka n, maka persamaan kuantitas Q_1adalah

$$Q_1 = n \text{ x } Q_2 \text{ x } Q_3. \tag{1.1}$$

Dimensi Kuantitas, Cara besaran tersebut tersusun atas besaran-besaran pokoknya dinamakan dimensi. Dimensi kuantitas adalah ekspresi yang mewakili kuantitas dalam hal kuantitas dasar. Pada sistem Satuan Internasional (SI), ada tujuh besaran pokok yang berdimensi, sedangkan dua besaran pokok tambahan tidak berdimensi. Cara penulisannya dinyatakan dengan lambang huruf tertentu dan diberi tanda kurung persegi.

Tabel 1.3 Dimensi Kuantitas dari Kuantitas dasar dan turunan

Kategori	Nama Besaran	Dimensi	Satuan SI
Besaran Pokok/ Dasar	Panjang	L	m (meter)
	Massa	M	kg (kilogram)
	Waktu	T	s (sekon)
	Kuat arus	I	A (ampere)
	Intensitas penyinaran	Cd	cd (candela)
	Suhu	θ	K (kelvin)
	Jumlah zat	mol	mol (mole)
Besaran Turunan	Luas	L^2	m^2
	Volume	L^3	m^3
	Kecepatan	LT^{-1}	$m\ s^{-1}$
	Momentum	MLT^{-1}	$kg\ m\ s^{-1}$
	Percepatan	LT^{-2}	$m\ s^{-2}$
	Gaya	MLT^{-2}	$kg\ m\ s^{-2}$ = N (newton)
	Energi, usaha	ML^2T^{-2}	$kg\ m^2\ s^{-2}$ = J (joule)
	Daya	ML^2T^{-3}	$kg\ m^2\ s^{-3}$ = J/s = W (watt)
	Intensitas	MT^{-3}	$kg\ s^{-3}$ = $w\ m^{-2}$ = (watt/m^2)
	Tekanan	$ML^{-1}T^{-2}$	$kg\ m^{-1}\ s^{-2}$ = $N\ m^{-2}$, Pa (pascal)

Mengukur, Cukup sering kuantitas yang diukur disebut ukuran (Jumlah yang didapatkan dari pengukuran). Mengukur adalah membandingkan suatu besaran dengan besaran lain (sejenis) yang digunakan sebagai patokan. Dalam pengukuran, Anda mungkin menggunakan satu instrument (alat ukur) atau lebih untuk menentukan nilai dari suatu besaran fasis. Ketika Anda mengukur suatu besaran fasis dengan menggunakan instrument, tidaklah mungkin anda akan mendapatkan nilai mutlak benar, melainkan selalu terdapat ketidakpastian. Ketidakpastian ini disebabkan oleh adanya kesalahan dalam pengukuran. Kesalahan (*error*) adalah penyimpangan nilai yang diukur dari nilai benar. Kesalahan dapat digolongkan menjadi kesalahan umum, kesalahan sistematik, dan kesalahan acak.

Nilai sebenarnya, (*true value*) adalah nilai yang konsisten dengan definisi besaran yang bersangkutan. Nilai yang mengkarakterisasi kuantitas yang didefinisikan dengan sempurna pada saat pengukurannya dikenal sebagai nilai sebenarnya. Ini adalah sebuah ketetapan. Sebagai contoh: satuan massa dalam satuan Internasional adalah kilogram.

Nilai Konvensional dari Kuantitas, (*conventional true value*) adalah nilai yang diberikan pada suatu besaran tertentu dan diterima, terkadang melalui kesepakatan, sebagai nilai yang memiliki ketidakpastian yang sesuai untuk tujuan tertentu. Nilai kuantitas, yang untuk tujuan tertentu, dapat digantikan dengan nilai sebenarnya kuantitas tersebut.

Nilai Terukur, (*measurand*) adalah besaran tertentu yang nilainya diukur. **Contoh** : Panjang Sebuah balok besi pada suhu dan tekanan standar. Nilai kuantitas yang diperoleh setelah pengukuran yang tepat dan menerapkan semua koreksi yang diperlukan karena instrumen termasuk standar dan karena kondisi lingkungan adalah nilai yang diukur.

Hubungan Antara Nilai Yang Terukur dan Nilai sebenarnya atau Konvensional, Nilai benar atau konvensional cenderung ke nilai rata-rata yang terukur, ketika seluruh proses pengukuran diulang berkali-kali dalam jumlah tak terhingga.

2. Ketentuan Berkenaan dengan Pengukuran

Pengukuran, kegiatan menentukan nilai kuantitas tertentu. Definisi pengukuran adalah penentuan besaran, dimensi, atau kapasitas, biasanya terhadap suatu standar atau satuan ukur. Selain itu, pengukuran juga dapat diartikan sebagai pemberian angka terhadap suatu atribut atau karakteristik tertentu yang dimiliki oleh seseorang, hal, atau objek tertentu menurut aturan atau formulasi yang jelas dan disepakati.

Metode Pengukuran, Teknik yang di gunakan dalam pengukuran sesuai dengan prinsip yang diberikan. Metode pengukuran dapat dikualifikasikan lebih lanjut dengan beberapa cara di antaranya : metode substitusi, metode diferensial, dan metode Null. **Pengukuran langsung** yaitu membandingkan nilai besaran yang diukur dengan besaran standar yang diterima sebagai satuan. **Pengukuran tidak langsung** yaitu pengukuran untuk mengukur suatu besaran dengan cara mengukur besaran lain. **Sebagai contoh** pengukuran yaitu ketika membeli beras dan penjual mengukur massa dari beras, yang artinya penjual membandingkan nilai besaran massa dengan satuan massa yang sudah ditentukan. Seperti satuan Massa kilogram (kg), gram (g) dan satuan massa lainnya. **Prosedur Pengukuran**, langkah yang digunakan dalam pengukuran sesuai dengan metode yang diberikan. **Hasil Pengukuran**, Nilai yang diperoleh setelah melakukan pengukuran.

Kesalahan pengukuran, Kesalahan muncul karena ketidaktepatan dalam pengukuran, Kesalahan juga mungkin disebabkan kondisi lingkungan, dan proses pengukuran. Kesalahan Palsu, Kesalahan palsu adalah karena kesalahan oleh pengamat, gangguan fungsi instrumen dan ini membatalkan pengamatan. Pengamatan dengan kesalahan tersebut tidak untuk dimasukkan dalam analisis statistik. **Kesalahan Relatif**, Kesalahan pengukuran dibagi dengan nilai sebenarnya dari pengukuran. Karena nilai sebenarnya dari pengukuran tidak dapat ditentukan. **Kesalahan Acak**, Kesalahan ini mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak terkendali, penilaian pribadi dari pengamat, dan ketidakstabilan yang melekat dari alat ukur atau penyebab lain yang bersifat acak. **Misalnya** Jika Anda mengambil beberapa pengukuran, nilai-nilai mengelompok di sekitar nilai sebenarnya. Dengan demikian, kesalahan acak terutama mempengaruhi presisi . Biasanya, kesalahan acak mempengaruhi digit signifikan terakhir dari pengukuran.

- Ketika menimbang diri Anda pada skala, Anda memposisikan diri Anda sedikit berbeda setiap kali.
- Saat mengambil volume yang membaca dalam termos, Anda dapat membaca nilai dari sudut yang berbeda setiap kali.
- Mengukur massa sampel pada keseimbangan analitis dapat menghasilkan nilai yang berbeda sebagai arus udara mempengaruhi keseimbangan atau sebagai air masuk dan keluar spesimen.
- Mengukur tinggi badan Anda dipengaruhi oleh perubahan postur kecil.
- Mengukur kecepatan angin tergantung pada tinggi dan waktu di mana pengukuran diambil. Beberapa bacaan harus diambil dan rata-rata karena hembusan dan perubahan arah mempengaruhi nilai.
- Bacaan harus diestimasi ketika mereka jatuh antara tanda pada skala atau ketika ketebalan pengukuran menandai diperhitungkan.

Karena kesalahan acak selalu terjadi dan tidak dapat diprediksi , penting untuk mengambil beberapa titik data dan rata-rata mereka untuk mendapatkan rasa jumlah variasi dan memperkirakan nilai sebenarnya.

Kesalahan Sistematis, Kesalahan ini mungkin disebabkan oleh ketidakmampuan dalam mendeteksi sistem pengukuran, bias konstan, kesalahan dalam nilai standar, fisik konstan, dan properti medium atau faktor konversi yang digunakan. Kesalahan sistematis dapat secara luas diklasifikasikan sebagai konstan dan variabel. Kesalahan sistematis konstan adalah kesalahan yang tidak berubah seiring waktu tetapi terkadang dapat bervariasi sesuai dengan besarnya kuantitas yang diukur. Penyebab khas dari kesalahan sistematis meliputi kesalahan pengamatan, tidak sempurna kalibrasi instrumen, dan gangguan lingkungan.

Sebagai contoh:

- Lupa tara atau nol keseimbangan menghasilkan massa pengukuran yang selalu “off” dengan jumlah yang sama. Sebuah kesalahan yang disebabkan oleh tidak menetapkan instrumen untuk nol sebelum digunakan disebut kesalahan offset .
- Tidak membaca meniskus di tingkat mata untuk pengukuran volume yang akan selalu menghasilkan pembacaan yang tidak akurat. nilai akan konsisten rendah atau tinggi, tergantung pada apakah bacaan diambil dari atas atau di bawah tanda.
- Mengukur panjang dengan penggaris logam akan memberikan hasil yang berbeda pada suhu dingin dari pada suhu panas, karena ekspansi termal material.
- Termometer tidak benar dikalibrasi dapat memberikan pembacaan yang akurat dalam suhu tertentu, tetapi menjadi tidak akurat pada suhu yang lebih tinggi atau lebih rendah.
- Jarak diukur berbeda menggunakan pita kain pengukuran baru versus tua, membentang satu. Kesalahan proporsional jenis ini disebut kesalahan faktor skala .
- Drift terjadi ketika pembacaan berturut-turut menjadi konsisten lebih rendah atau lebih tinggi dari waktu ke waktu. Peralatan elektronik cenderung rentan terhadap melayang. Banyak instrumen lain dipengaruhi oleh drift (biasanya positif), sebagai perangkat menghangat

Keakuratan Pengukuran, hasil pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya dari pengukuran tersebut. **Ketepatan Hasil**, Pengukuran Ketepatan suatu instrumen mencerminkan jumlah digit signifikan dalam hasil yang dinyatakan. **Pengulangan**, pengukuran berturut-turut dari pengukuran yang sama dan dilakukan dalam Prosedur pengukuran yang sama, Pengamat yang sama, Kondisi yang sama (lingkungan), Lokasi yang sama dan Pengulangan dilakukan dalam periode waktu yang singkat. **Hasil Pengukuran**, hasil yang diperoleh dari proses pengukuran dan dinyatakan dalam kuantitas **Koreksi,** Koreksi adalah jumlah kecil yang harus ditambahkan secara aljabar ke nilai yang diamati. Ini mungkin berkaitan dengan nstrumen atau standar yang digunakan (Koreksi Sertifikat), Untuk membawa nilai yang terukur ke kondisi lingkungan referensi seperti suhu, kelembaban tekanan, dll. Semua pengukuran panjang biasanya dikurangi hingga 20°C. Berbagai sifat fisik standar yang digunakan dan yang diuji. Misalnya koreksi daya apung, ketika bobot memiliki kepadatan berbeda dari standar dan dibandingkan di udara.

Presisi Hasil Pengukuran. Ketepatan suatu instrumen mencerminkan jumlah digit yang signifikan dalam pernyataan hasil. Hasilnya dilaporkan ke tempat yang lebih besar di sebelah kanan desimal seharusnya lebih tepat. Hasil percepatan gravitasi diberikan sebagai 9,5671 ms lebih tepat dari hasil 9:80 m/s^2, meskipun yang terakhir lebih akurat daripada yang pertama. Sebuah instrumen mungkin memiliki pengulangan yang lebih baik tetapi kurang presisi dan sebaliknya. Untuk misalnya ampere diukur ampere dan selalu menunjukkan hasil yang sama masukan konstan yang diberikan lebih dapat diulang dan kurang tepat karena hanya membaca dalam istilah dari ampere. Pembacaan amperemeter dalam mA tetapi lebih memberikan nilai yang tidak berulang tepat tetapi kurang berulang. Ammeter yang tidak bias akan memberikan hasil yang lebih akurat. Instrumen yang baik harus lebih presisi, lebih dapat diulang, dan paling tidak jauh dari nilai sebenarnya dari kuantitas input.

Pengulangan. Pengulangan adalah kedekatan antara hasil pengukuran yang berurutan dari besaran yang sama yang dilakukan di

- Prosedur pengukuran yang sama
- Pengamat yang sama
- Kondisi yang sama (lingkungan)
- Lokasi yang sama
- Pengulangan dilakukan untuk waktu yang singkat

Pernyataan yang valid tentang reproduktifitas membutuhkan spesifikasi dari kondisi yang diubah. Reproduksibilitas dapat diekspresikan secara kuantitatif dalam istilah dispersi antara hasil.

Koreksi. Koreksi adalah kuantitas kecil yang akan ditambahkan secara aljabar pada pengamatan nilai. Ini mungkin berkaitan dengan

- Instrumen atau standar yang digunakan (Koreksi Sertifikat).
- Untuk membawa nilai yang terukur ke kondisi lingkungan referensi seperti suhu, tekanan kelembaban, dll. Semua pengukuran panjang biasanya dilakukan dikurangi menjadi 20^oC
- Sifat fisik yang berbeda dari standar yang digunakan dan yang sedang diuji. Sebagai contoh koreksi daya apung, bila suatu beban memiliki massa jenis yang berbeda dengan berat jenis standar dan dibandingkan di udara.

Rangkuman

1. Kuantitas adalah properti dari suatu fenomena, tubuh, atau substansi, di mana suatu angka dapat ditetapkan sehubungan dengan referensi. Referensi dapat berupa unit pengukuran, prosedur pengukuran, atau bahan referensi.
2. Pengukuran, kegiatan menentukan nilai kuantitas tertentu. Definisi pengukuran adalah penentuan besaran, dimensi, atau kapasitas, biasanya terhadap suatu standar atau satuan ukur. Selain itu, pengukuran juga dapat diartikan sebagai pemberian angka terhadap suatu atribut atau karakteristik tertentu yang dimiliki oleh seseorang, hal, atau objek tertentu menurut aturan atau formulasi yang jelas dan disepakati.
3. Kesalahan pengukuran, Kesalahan muncul karena ketidaktepatan dalam pengukuran, Kesalahan juga mungkin disebabkan kondisi lingkungan, dan proses pengukuran. Kesalahan Palsu, Kesalahan palsu adalah karena kesalahan oleh pengamat, gangguan fungsi instrumen dan ini membatalkan pengamatan. Pengamatan dengan kesalahan tersebut tidak untuk dimasukkan dalam analisis statistik.

Latihan

1. Jelaskan perbedaan kuantitias pokok dan kuantitas turunan!
2. Sebutkan kuantitas pokok beserta satuannya!
3. Jelaskan perbedaan antara kesalahan acak dan kesalahan sistematis!
4. Jika G merupakan suatu konstanta dari persamaan gaya tarik menarik antara dua benda yang bermassa m_1 dan m_2 serta terpisah jarak sejauh r

   $$\left(F = G\,\frac{m_1\, m_2}{r^2}\right),$$

   maka tentukan :

   a. Dimensi dari G?

   b. Satuan dar G ?
5. Buktikan bahwa besaran usaha (W) memiliki kesetaraan dengan besaran energi kinetik (Ek)?

Evaluasi Pembelajaran

1. Besarnya massa jenis suatu benda yang memiliki massa m dan luas alasnya A, dinyatakan dengan persamaan:

   $$p = \frac{m\ x\ g}{A}$$

   Jika g suatu konstanta, maka tentukan dimensi dan satuannya!

2. Apa fungsi dari Dimensi Kuantitias?
3. Apakah Perbedaan nilai sebenarnya dan nilai terukur? Jelaskan!

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 2: Parameter Statistik

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa dapat mengetahu parameter statistik yang digunakan dalam pengukuran.
b. Mahasiswa dapat menentukan nilai paraameteri statistik yang digunakan.

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Istilah Terkait Statistik

Pengamatan (observasi). Pengamatan adalah nilai kuantitas, dalam pengukuran, yang dibaca dari suatu pengukuran instrumen. Pengamatan apa pun untuk tujuan manipulasi matematika sering disebut variabel.

Pengamatan Independen (independent Observations). Dua pengamatan bersifat independen jika kejadian satu pengamatan memberikan tidak ada informasi tentang terjadinya observasi lainnya. Contoh sederhananya adalah mengukur tinggi semua orang dalam sampel. Anda pada satu titik waktu. Ini adalah pengamatan yang tidak terkait. Namun, jika Anda mengukur tinggi satu anak di atas a periode waktu tertentu, pengamatan ini akan tergantung karena ketinggian pada setiap titik waktu akan bergantung pada ketinggian sebelumnya. Boleh jadi sedikit lebih dari nilai sebelumnya.

Populasi. Kumpulan total dari semua observasi yang ingin dianalisis untuk ditetapkan dalam numeric nilai kuantitas yang diukur (besaran ukur).

Sampel. Sebagian dari populasi biasanya dipilih secara acak. Dalam prakteknya hanya sedikit observasi diambil untuk mengukur besaran ukur yang diberikan. Ansambel pengamatan seperti itu juga dikenal sebagai sampel.

Pengukuran. Proses eksperimental mendapatkan satu atau lebih nilai yang bisa masuk akal dikaitkan dengan kuantitas yang diukur. Pengukuran juga didefinisikan sebagai observasi setelah penerapan semua koreksi. Terkadang nilai numerik a kuantitas dihitung dari observasi yang diambil dari satu set instrumen dan kemudian koreksi yang diperlukan diterapkan pada observasi masing-masing instrumen. Perlawanan suatu resistor dihitung dengan melakukan pengamatan arus listrik yang lewat dan potensi perbedaan di dalamnya. Koreksi yang tepat diterapkan pada amperemeter dan pengamatan voltmeter jika perlu.

Seringkali lebih dari satu observasi atau serangkaian observasi diambil untuk diukur kuantitas. Idealnya jumlah observasi tidak terbatas (sangat besar) diambil untuk akhirnya menetapkan nilai numerik ke kuantitas yang sedang diukur.

Populasi Pengukuran. Pengukuran independen dalam jumlah tak terbatas, yang dilakukan untuk penentuan nilai kuantitas tertentu, merupakan populasi.

Sampel Pengukuran. Dalam praktiknya, hanya sejumlah kecil pengukuran yang dilakukan untuk penentuan dari jumlah tertentu yang merupakan sampel.

Frekuensi / Frekuensi Relatif. Dalam sampel beberapa pengamatan dapat terjadi lebih dari sekali, beberapa kali Pengamatan berulang itu sendiri dikenal sebagai frekuensinya. Terkadang observasi dibagi menjadi beberapa kelompok; setiap kelompok memiliki rentang tertentu. Rentang ini disebut interval. Biasanya interval atau rentang subkelompok dalam sampel sama. Jumlah Pengamatan yang terletak dalam interval tertentu disebut sebagai frekuensi kelompok. Relatif frekuensi adalah rasio frekuensi pengamatan tertentu terhadap jumlah total pengamatan (Jumlah semua frekuensi). Jika n adalah frekuensi kelompok tertentu jumlah pengamatan dan jumlah pengamatan adalah N, kemudian frekuensi relative adalah n/N.

Mean. Jumlah dari sebua observasi dibagi dengan banyaknya observasi.

Sampel Mean. Jika x_1, x_2, x_3, …, x_n , maka sampel mean $\bar{X}$ didefinisikan sebagai

$$\bar{X} = \frac{\sum_{p=1}^{p=n} x_p}{n} \qquad 1.1$$

Populasi Mean. Nilai yang terbatas dari sampel mean sebagai nilai dari pengukuran yang cenderung tidak terbatas adalah rata-rata populasi.

$$\mu = lim_{n\to\infty} = \frac{\sum_{p=1}^{p=n} x_p}{n} \qquad 1.2$$

Manfaat dan Kerugian dari Rata-Rata Aritmatika

Manfaat

1. Dapat didefinisikan dengan baik
2. Berdasarkan semua pengamatan
3. Semua pengamatan sama pentingnya
4. Dapat menerima manipulasi aljabar misalnya mean dari himpunan observasi dapat diturunkan dari sarana dan ukuran subsetnya seperti yang diberikan di bawah ini:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{q=1}^{q=m} n_q\, \bar{x}_q}{\sum_{q=1}^{q=m} n_q} \qquad 1.3$$

5. Semua dari rata-rata, aritmatika mean adalah dipengaruhi oleh fluktuasi sampling.

Kerugian

1. Itu tidak dapat ditentukan dengan inspeksi atau tidak dapat ditemukan dengan cara grafis.
2. Rata-rata aritmatika tidak berlaku untuk data kualitatif, seperti kecerdasan atau warna. Data harus dalam istilah kuantitatif.
3. Bahkan jika observasi tunggal hilang atau tidak terbaca, mean aritmatika tidak bisa ditentukan kecuali observasi ditinggalkan dari set.
4. Rata-rata aritmatika paling dipengaruhi oleh nilai-nilai pengamatan yang ekstrim. Kesalahan yang memberikan pengamatan ekstrim paling berpengaruh.
5. Rata-rata aritmatika terkadang memberikan nilai yang tidak bermaknakehidupan praktis.

Median. Median suatu distribusi adalah nilai pengukuran yang membaginya menjadi dua bagian yang sama. Median, dalam sekumpulan observasi, adalah nilai observasi yang sedemikian rupa jumlah observasi di bawah ini sama dengan jumlah observasi di atas. Jadi, median adalah rata-rata posisi.

Kuartil. Kuartil membagi distribusi menjadi empat bagian yang sama. Kuartil pertama membagi distribusi dengan rasio 1:3; Kuartil kedua 2:2 jelas adalah mediannya. Kuartil ketiga membagi distribusi menjadi 3:1. Kuartil pertama dan ketiga biasanya ditunjukkan oleh Q_1 dan Q_3, masing-masing.

Dispersi. Penunjukan numerik tentang seberapa dekat cluster data tentang mean atau ukuran lainnya tendensi sentral adalah dispersi. Dispersi mungkin untuk observasi, misalnya observasi minus terbesar pengamatan terkecil; deviasi semi-kuartil, yaitu (Q_3–Q_1/ 2) atau semi-inter kisaran kuartil; deviasi juga dapat berasal dari ukuran tendensi sentral; untuk Misalnya deviasi mungkin dari mean, mode, atau median. Deviasi adalah nol dari mean aritmatika. Nilai-nilai mutlak penyimpangan dari rata-rata aritmatika adalah minimum.

Standar Deviasi. Ini adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat penyimpangan dari rata-rata aritmatika.

Varians. Ini adalah kuadrat dari deviasi standar, yaitu rata-rata kuadrat deviasi dari mean aritmatika. Seperti rata-rata aritmatika, simpangan rata-rata, simpangan baku, dan varians gunakan semuanya observasi. Deviasi rata-rata memiliki langkah untuk mempertimbangkan setiap deviasi sebagai positif yang tampaknya aneh. Namun, mengambil kuadrat penyimpangan menghilangkan ini langkah. Selain itu, seperti rata-rata aritmatika, varians juga dapat digunakan untuk aritmatika perhitungan. Varians gabungan dari dua set data dengan ukuran n_1, n_2 means $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, dan standar deviasi s_1 dan s_2 diberikan

$$S^2 = [n_1(s_1^2 + d_1^2) + n_2(s_2^2 + d_2^2)]/(n_1 + n_2) \qquad 1.4$$

Dimana

$$d_1 = (\overline{x_1} - \bar{x})$$

$$d_2 = (\overline{x_2} - \bar{x})$$

Dan

$$\bar{x} = \frac{n_1\overline{x_1} + n_2\overline{x_2}}{n_1 + n_2}$$

Persamaan tersebut berlaku untuk sejumlah sampel. Jika semua sampel memiliki kesamaan artinya, yaitu d_1, d_2, dan seterusnya. adalah nol, maka mean varians adalah mean dari varians. Itu nilai yang diamati dari kuantitas tertentu dari sampel yang berbeda harus sama; itu jahat sama; sehingga varians dari sejumlah besar sampel dari populasi yang sama adalah rata-rata tertimbang dari semua varian. Ukuran tiap sampel diambil sebagai bobot faktor.

Sampel standar deviasi. Didefinisikan sebagai:

$$s = \left[\sum_{p=1}^{p=n}(x_p - \bar{x})^2/n\right]^{1/2} \qquad 1.5$$

Atau varians s^2 adalah

$$s^2 = \sum_{p=1}^{p=n}(x_p - \bar{x})^2/n \qquad 1.6$$

Populasi standar deviasi. Nilai batas deviasi standar sampel karena jumlah pengukuran cenderung tidak terbatas adalah simpangan baku populasi dan biasanya dilambangkan sebagai σ dan ditunjukkan dengan

$$\sigma^2 = lim_{n=\infty} \sum_{p=1}^{p=n}(x_p - \bar{x})^2/n \qquad 1.7$$

Karena n tidak dapat dibuat tak terbatas, artinya seseorang tidak dapat melakukan pengukuran dengan jumlah tak terbatas, seseorang hanya dapat memiliki perkiraan deviasi standar populasi.

1. Ketentuan Terkait dengan Statistik

Perkiraan **Populasi dan Sampel** Deviasi Standar-Relasi Karena standar deviasi populasi tidak dapat ditentukan dengan ukuran praktis, estimasi S dari standar deviasi populasi diperoleh dari standar deviasi sampel sebagai

$$\mathrm{s} = s\sqrt{\frac{n}{(n-1)}} \qquad 1.8$$

Variabel Independen, Variabel yang menyebabkan atau memprediksi variabel dependen adalah variabel independen. Setiap pengukuran yang diamati adalah variabel independen, misalnya perbedaan massa yang diamati antara dua bobot yang diperoleh dengan perbandingan pada keseimbangan. Ini juga disebut sebagai variabel input atau kuantitas.

Variabel Dependen atau Variabel Respons, Variabel yang disebabkan atau diprediksi oleh variabel independen adalah variabel dependen. Ini adalah fungsi dari n variabel independen, di mana n adalah bilangan alami. Sebagai contoh, resistensi adalah variabel dependen, yang merupakan fungsi dari dua variabel independen, yaitu arus melewatinya dan perbedaan potensial di atasnya.

Korelasi, Ini adalah hubungan antara dua atau beberapa variabel dalam suatu distribusi. **Koefisien Korelasi,** Koefisien korelasi adalah rasio kovarians dari dua variabel acak dengan produk dari standar deviasi mereka**. Covariance**, Jumlah produk dari deviasi x1p dan x2p dari rata-rata masing-masing dibagi satu kurang dari jumlah pasangan yang diamati. **Variabel Acak Diskrit**, Variabel acak yang hanya mengambil nilai-nilai terisolasi dikatakan sebagai nilai diskrit, misalnya hasil melemparkan koin beberapa kali. **Variabel Acak Kontinyu**, Variabel acak yang mengambil nilai apa pun dalam interval tertentu (terbatas atau tak terbatas) dikatakan sebagai variabel kontinu.

Probabilitas Bilangan real dalam skala 0-1 melekat pada terjadinya peristiwa acak. Ini juga sama dengan frekuensi relatif terjadinya nilai tertentu dari variabel acak**. Distribusi Probabilitas**, Suatu fungsi yang memberikan probabilitas bahwa variabel acak mengambil dalam interval yang diberikan. **Distribusi Normal,** Kurva berbentuk lonceng atau distribusi yang menunjukkan bahwa variabel x pada rata-rata terjadi dengan probabilitas tertinggi dan bahwa probabilitas terjadinya semakin menurun ketika pengamatan menyimpang dari rata-rata.

Properti dari Distribusi Normal ***Semi-range*** (dari nilai rata-rata ke nilai ekstrim di kedua sisi rata-rata) hampir 3 kali standar deviasi. Kisaran + 3σ mencakup 99,73% dari semua pengamatan. Kisaran ± 2σ mencakup 95,45% dari semua pengamatan. Kisaran ± σ mencakup 68,27% dari semua pengamatan.

Kisaran + 0,6745σ mencakup 50% dari semua pengamatan. 0,6745 a disebut sebagai kemungkinan kesalahan.

Kemungkinan Kesalahan, Jumlah yang diharapkan oleh rata-rata aritmatika sampel. bervariasi karena kebetulan saja (probabilitas 50%) adalah kemungkinan kesalahan. Nilai kemungkinan kesalahan adalah 0,6745 kali standar deviasi dari populasi normal. **Range Ukuran dispersi** dan sama dengan perbedaan absolut antara yang terbesar dan yang terbesar. nilai terkecil dari variabel dalam distribusi yang diberikan. **Confidence Level Confidence level** adalah ukuran tingkat keandalan yang dengannya suatu hasil dinyatakan. Jika suatu hasil dilaporkan dengan tingkat kepercayaan 95%, itu berarti bahwa nilai benar sejati atau konvensional akan berada dalam kisaran yang ditentukan dengan probabilitas 0,95. **Interval Keyakinan,** Interval kepercayaan adalah rentang pengukuran dan di mana nilai yang diukur cenderung terletak pada tingkat kepercayaan yang ditentukan. **Outlier,** Nilai ekstrem dalam distribusi frekuensi, yang memiliki pengaruh tidak proporsional pada rata-rata.

Parameter Ukuran yang digunakan untuk meringkas karakteristik suatu populasi berdasarkan semua item dalam populasi. Berarti adalah salah satu parameter populasi. Parameter lain yang sangat sering dijumpai adalah **varians**. **Pemilihan Acak** Ini adalah metode pemilihan item dari populasinya sehingga peluang pemilihan item apa pun adalah sama. Sebuah ensemble dari barang-barang tersebut disebut sebagai sampel acak. **Sampel Statistik** Ukuran yang meringkas sampel disebut statistik sampel. Mean, mode, atau median masing-masing adalah contoh dari statistik. Ini juga dikenal sebagai ukuran tendensi sentral (Mean, Median Modus).

Standar Error atau standar deviasi dari Mean

Kesalahan berkaitan dengan pengukuran dan bukan pada instrumen. Kesalahan adalah perbedaan antara nilai yang diperoleh berdasarkan satu set pengukuran dan nilai sebenarnya konvensional dari kuantitas yang diukur. Standar Kesalahan, atau Standar Deviasi dari Mean Standar kesalahan adalah perkiraan standar deviasi dari distribusi sampling rata-rata, berdasarkan data dari satu atau lebih sampel acak.

$$\mathrm{S} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{\sum_{p=1}^{p=n}(Xp-x)^2}{\sqrt{n(n-1)}} \qquad 1.9$$

Presisi Instrumen. Ini adalah kemampuan instrumen untuk menunjukkan nilai stimulus terkecil. Timbangan yang mampu membaca langsung dalam hal 1 mg pada beban 1 kg lebih tepat daripada keseimbangan yang terbaca hingga 1 g pada level 1 kg. Ini pada dasarnya mewakili seberapa baik skala sudah lulus. Hasilnya dilaporkan ke tempat yang lebih besar di sebelah kanan desimal seharusnya lebih tepatnya. Hasil percepatan gravitasi diberikan sebagai 9: 805671 ms adalah lebih presisi dari hasil 9:80 m/s^2 . Sebuah instrumen mungkin memiliki pengulangan yang lebih baik tapi kurang presisi dan sebaliknya. Misalnya, ampere mengukur ampere dan selalu menampilkan hasil yang sama untuk input konstan yang diberikan lebih berulang dan kurang tepat karena hanya membaca dalam ampere. Pembacaan amperemeter dalam mA, tetapi tidak memberikan nilai yang dapat diulang, lebih tepat tetapi kurang dapat diulang. Ammeter yang tidak bias akan memberikan hasil yang lebih akurat. Instrumen yang baik harus lebih tepat, lebih berulang dan paling tidak jauh dari nilai sebenarnya dari kuantitas input.

Akurasi Instrumen. Keakuratan suatu instrumen adalah kemampuannya dalam memberikan hasil yang benar. Akurasi dan pengulangan adalah dua sifat instrumen yang berbeda. Akurasi adalah ukuran kemampuan instrumen untuk mengatakan yang sebenarnya, sementara pengulangan adalah ukuran dari kemampuannya kemampuan untuk menunjukkan nilai yang sama dari kuantitas yang diukur. Instrumen, seperti beberapa orang, mampu mengatakan kebohongan yang sama berulang kali. Hasilnya, bagus pengulangan bukan jaminan akurasi yang baik. Meskipun pengulangan yang buruk tanda pasti dari akurasi yang buruk, tetapi pengulangan yang baik bukanlah tanda akurasi yang baik. Dalam pengertian matematis, orang dapat mengatakan bahwa pengulangan instrumen yang baik adalah diperlukan tetapi bukan kondisi yang cukup dengan akurasi yang baik. Akurasi file instrumen dapat ditemukan dengan menggabungkan ukuran pengulangan dan kesalahan sistematik dengan menggunakan metode kuadratur (root mean square) yaitu

$$akurasi = \{(pengulangan)^2 + (ketidakakurasian)^2 + (kesalahan\ sistematik)^2\}^{1/2}$$

Akurasi Standar. Biasanya istilah ini berarti toleransi di mana nilai sebenarnya dari kuantitas sebuah artefak terletak. Akurasi standar kilogram adalah ˙1 mg, yang artinya nilai massa kilogram itu akan berada dalam jarak 1 kg ˙ 1 mg. Cukup sering akurasi istilah dipukuli dengan ketidakpastian. Tampaknya ini serupa, tapi ini berlawanan dalam arti; akurasi lebih berarti nilai ketidakpastian yang lebih rendah.

Pengaruh Kuantitas

Kuantitas yang tidak termasuk dalam spesifikasi pengukuran dan tetapi tetap mempengaruhi hasil dari pengukuran seperti:

- Suhu dalam pengukuran linear Suhu,
- kelembaban tekanan dan komposisi udara dalam pengukuran massa.

- Frekuensi dalam pengukuran arus bolak-balik
- Kepadatan udara dalam pengukuran interferometrik
- Konsentrasi Bilirubin dalam pengukuran konsentrasi hemoglobin dalam plasma darah manusia

Instrumen dan Standar

Pengulangan Instrumen adalah kemampuan alat ukur untuk memberikan indikasi atau respons yang identik untuk aplikasi berulang dengan nilai yang sama dari kuantitas input, di bawah kondisi penggunaan yang dinyatakan. Pengukuran kuantitatif pengulangan suatu instrumen dilakukan dengan menemukan standar deviasi dari rata-rata sejumlah besar nilai yang diukur dari jumlah yang sama pada dasarnya kondisi penggunaan yang sama. **Ketepatan Instrumen** Ini adalah kemampuan instrumen untuk menunjukkan nilai stimulus terkecil. instrumen yang baik harus lebih tepat, lebih berulang dan jauh dari nilai sebenarnya dari kuantitas input.

Perbedaan Antara Ketidakpastian dan Akurasi Jadi kita telah melihat bahwa ada dua istilah yaitu keakuratan dan ketidakpastian; yang satu tidak dapat digantikan oleh yang lain. Untuk mencapai hasil eksperimen yang lebih baik, yang satu ingin memiliki akurasi yang lebih dan lebih tetapi ketidakpastian yang lebih rendah. Akurasi berkaitan dengan instrumen atau standar pengukuran. surement. Selain itu, akurasi berarti seberapa dekat indikasi instrumen dengan nilai sebenarnya atau nilai sebenarnya dari kuantitas. Atau seberapa dekat nilai kuantitas standar dengan nilai nominalnya. Misalnya massa standar satu kilogram adalah 999.99998 g + 04 mg; standarnya akurat dalam 0,02 mg. Cukup sering orang menyatakan kemampuan laboratorium pengukuran membingungkan dalam hal akurasi dan ketidakpastian secara bersamaan, yang tidak benar. Kebingungan dimulai dari fakta bahwa akurasi sering dinyatakan oleh pernyataan bahwa standar akurat dalam 2 bagian per juta. Instrumen ini akurat dalam 0,01% dari nilai yang diukur atau keseimbangan akurat dalam 0,0001% dari kisaran.

Perbedaan Antara Koreksi, Kesalahan dan Ketidakpastian Sertifikat kalibrasi suatu instrumen memberikan korespondensi antara indikasi dan jumlah yang paling mungkin diukur. Perbedaan di antara mereka adalah koreksi. Koreksi ini harus selalu diterapkan. Namun, nilainya akan ada unsur keraguan dalam koreksi yang disebutkan. Mnortont Dafinition ini secara kuantitatif dinyatakan sebagai ketidakpastian keseluruhan dalam menetapkan nilai untuk koreksi yang dinyatakan dan akan menjadi salah satu komponen dari ketidakpastian instrumen itu. Misalnya, dalam kasus bar meter, jarak antara tanda kelulusan nol dan 1.000 mm dapat diberikan sebagai 1.000.045 ± 0,005 mm. Kemudian -0,045 adalah koreksi dan 0,005 mm adalah ketidakpastian dalam nilai bar meter. Selain komponen ini, komponen ketidakpastian lainnya (Tipe B) mungkin ada di sana, misalnya, karena lebar terbatas garis kelulusan bilah meteran ini.

Faktor Koreksi, Faktor koreksi adalah angka di mana hasil pengukuran yang tidak dikoreksi dikalikan. Terkadang faktor koreksi diberikan oleh kalibrator instrumen. Ambang Batas Diskriminasi Perubahan terkecil dalam rangsangan yang menghasilkan perubahan nyata dalam respons alat ukur adalah ambang diskriminasi instrumen. Ambang diskriminasi mungkin tergantung pada kebisingan listrik, gesekan mekanis, redaman udara, inersia, atau kuantisasi. Ambang diskriminasi harus dipertimbangkan saat mengestimasi ketidakpastian dengan evaluasi Tipe B.

Faktor koreksi merupakan jumlah total dari data pengamatan yang kemudian dikuadratkan. Untuk menghitung JKK ini adalah dengan mengkuadratkan jumlah kelompok perlakuan, dibagi dengan jumlah data pengamatan lalu dikurangi dengan Faktor Koreksi. Jumlah kuadrat eror ini dapat dihitung dengan mengurangkan JKT dengan JKK.

Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y^2}{a.n} \qquad 1.10$$

Dimana : a = Jumlah Level
n = Jumlah ulangan

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = Kuadrat\ Jumlah\ ulangan - FK \qquad 1.11$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = (\frac{Kuadrat\ masing-masing\ jumlah\ perlakuan}{4}) - FK \qquad 1.12$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKP = JKT - JKP \qquad 1.13$$

Contoh :

Sebuah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh persentase kandungan paracetamol dalam obat penurun panas terhadap waktu yang diperlukan untuk menurunkan panas dari 39°C menjadi 37°C. Untuk keperluan ini telah dipilih secara acaak 25 penderita sakit panas dengan suhu 39°C dari usia yang hampir sama tanpa keluhan sakit yang lain. Kedua puluh lima pasien tersebut dibagi secara acak menjadi 5 kelompok dan masing-masing kelompik terdiri 5 orang tersebut diberi obat penurun panas dengan persentase kandungan paracetamol tertentu. Berikut ini adalah data rentang waktu (dalam jam) yang diperlukan oleh pasien tersebut sampai panas mereka turun menjaadi 37^{o}C :

Kadar paracetamol				
40%	**50%**	**60%**	**75%**	**90%**
7	9	5	3	2
6	7	4	5	3
9	8	8	2	4
4	6	6	3	1
7	9	3	7	4

Tentukan Faktor koreksi dari data tersebut!

Penyelesaian :

Y = 33 + 39 + 26 + 20 + 14 = 132

Faktir Koreksi (FK) = $(132)^2$/ (5).(5) = 696,96

Jumlak Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) = $7^2 + 6^2 + 9^2 + \ldots. + 4^2 + 1^2 + 4^2$ – 696,96 = 137,04

JK Perlakuan (JKP) = $(33^2 + 39^2 + 26^2 + 20^2 + 14^2)/5$ – 696,96 = 79,44

JK Galat (JKG) = 137,04 – 79,44 = 57,6

Beberapa Integral dan Fungsi Khusus

Fungsi Gamma Fungsi Gamma adalah integral yang pasti diberikan sebagai

$$\int_0^\infty \exp(-x)\ X\ x^{n-1}dx = \gamma n \qquad 1.14$$

adalah fungsi Gamma $\gamma 1 = 1, \frac{\gamma 1}{2} = \gamma n$

Rumus pengulangan untuk Fungsi Gamma $\gamma \frac{m}{2} = \left(\frac{m}{2} - 1\right) \gamma (\frac{m}{2} - 1)$. Ini mirip dengan faktorial n yang berlaku untuk semua bilangan asli.

Latihan

1. Apa kegunaan ukuran tendensi sentral dalalm pengukuran?
2. Apa perbedaan standar deviasi dan varians dalam sebuah data?
3. Jelaskan menurut pendapat anda tentang ***Confidence Level*** ?
4. Apa perbedaan variabel dependen dan independen? Jelaskan!

5. Sebutkan parameter statistic apa saja yang penting dalam pengukuran! Tuliskan dengan bentuk persamaan!

Rangkuman

1. Parameter statistika merupakan karakteristik dari hasil pengukuran suatu objek. Ukuran parameter statistika dihitung dari data sempel atau populasi. Parameter statistika yang sering digunakan dalam analisis statistika adalah sebagai berikut: **Ukuran tendensi sentral, Standar deviasi, Varians, Dispersi, Kovarian, Simpangan baku, Variabel acak diskret dan kontinu, Jangkauan.**
2. Faktor koreksi merupakan jumlah total dari data pengamatan yang kemudian dikuadratkan.
3. Pengulangan Instrumen adalah kemampuan alat ukur untuk memberikan indikasi atau respons yang identik untuk aplikasi berulang dengan nilai yang sama dari kuantitas input, di bawah kondisi penggunaan yang dinyatakan.
4. Perbedaan **Antara Ketidakpastian dan Akurasi** Jadi kita telah melihat bahwa ada dua istilah yaitu keakuratan dan ketidakpastian; yang satu tidak dapat digantikan oleh yang lain. Untuk mencapai hasil eksperimen yang lebih baik, yang satu ingin memiliki akurasi yang lebih dan lebih tetapi ketidakpastian yang lebih rendah

Evaluasi Pembelajaran

1. Diberikan sajian data berdasarkan hasil pengukuran : 6 6 6 7 8 9 9 9 9 9 5 7 8 6 9 4 5 6 7 5 3 7 2 hitunglah:
   a. Mean
   b. Modus
   c. Median
2. Dari sajian data tersebut di atas (soal nomor 1) tentukan :
   a. Standar deviasi
   b. varians
3. Diberikan data hasil pengukuran sesuai tabel di bawah!

PERLAKUAN	Kelompok				JUMLAH
	1	2	3	4	
P0	27,7	33	26,3	37,7	124,7
P1	36,6	33,8	27	39	136,4
P2	37,4	41,2	45,4	44,6	168,6
P3	42,2	46	45,9	46,2	180,3
P4	39,8	39,5	40,9	44	164,2
P5	42,9	45,9	43,9	45,6	178,3

Tentukan nilai :

1. Faktor Koreksi (FK)!
2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)!
3. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)!
4. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)!

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 3: Angka Penting

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui aturan angka penting
b. Mahasiswa mampu menentukan angka penting dalam pengukuran

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Berdasarkan hasil di atas maka untuk menghindari kekeliruan sebaiknya setiap menyatakan suatu hasil pengukuran jangan lupa untuk menyertakan nilai ketidakpastian pengukuran. Selanjutnya yang perlu diketahui adalah, apakah angka penting itu? Sebuah pengukuran akan menghasilkan hasil ukur dengan sejumlah digit tertentu. Banyaknya digit yang masih dapat dipercaya disebut dengan angka penting (significant figure). Berapa jumlah angka penting dalam setiap pengukuran? Jawabnya adalah tergantung pada presisi dari sebuah alat ukur. Makin tinggi ketepatan hasil pengukuran, maka makin banyak pula jumlah angka penting yang dapat dituliskan dalam melaporkan hasil ukur. Dalam menuliskan hasil ukur $x = \bar{x} \pm \Delta x$, maka angka yang dilaporkan seharusnya merupakan angka penting, sedang angka yang bukan angka penting perlu kiranya untuk dibuang. Berkaitan dengan konsep angka penting, maka ada aturan-aturan yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Banyaknya angka penting dihitung dari kiri sampai angka paling kanan dengan mengabaikan tanda desimal.
2. Angka penting mencakup angka yang diketahui dengan pasti maupun satu angka pertama yang paling meragukan atau tidak pasti. Angka selanjutnya yang meragukan tidak perlu disertakan lagi dalam menuliskan hasil ukur.
3. Semua angka bukan nol adalah angka penting.
4. Angka nol di sebelah kiri angka bukan nol pertama paling kiri tidak termasuk angka penting.
5. Angka nol di antara angka bukan nol adalah termasuk angka penting.
6. Angka di ujung kanan dari suatu bilangan namun di kanan tanda koma adalah angka penting.
7. Angka nol di ujung kanan seluruh bilangan adalah angka penting, kecuali bila sebelum angka nol terdapat garis bawah.

Untuk menghindari kesalahan penafsiran sebaiknya untuk hasil ukur dengan jumlah digit banyak/besar sebaiknya dinyatakan dalam notasi ilmiah $x = (\bar{x} \pm \Delta x)\ .10^n$ satuan.

Contoh: Pengukuran panjang sebuah benda menggunakan alat dengan skal terkecil 1mm, tunjukkanlah angka yang meragukan dari alat tersebut!

Penyelesaian:
Skala terkecil alat adalah 1mm sehingga angka yang meragukan adalah angka kedua setelah koma jika hasil ukur dinyatakan dalam cm, sedang angka pasti adalah digit pertama setelah angka koma (sesuai skala terkecil alat). Oleh karena itu sebuah pengukuran panjang untuk alat ukur dengan skala terkecil 1 mm, misalnya dinyatakan dengan: $L = (15{,}25 \pm 0{,}04)$ cm mempunyai empat buah angka penting yaitu 1, 5, 2 dan 5. Tidak dapat diterima jika kita menuliskan dengan $L = (15{,}251 \pm 0{,}035)$ cm, misalnya karena tidak sesuai dengan batas ketelitian alat.

ATURAN ANGKA PENTING UNTUK PERHITUNGAN

Pada contoh di atas 1, 5, 2 adalah angka pasti, sedangkan angka berikutnya 5 adalah angka yang meragukan. Namun demikian 15,25 adalah angka penting (empat buah digit) yang dapat digunakan untuk melaporkan hasil ukur. Selanjutnya pertanyaan yang seharusnya diajukan adalah, bagaimana kita dapat menghitung banyaknya angka penting yang boleh kita sertakan untuk hasil perhitungan? Apabila kita ingin menghitung nilai suatu hambatan $R = \frac{V}{I}$ seperti pada kasus yang disampaikan di atas, dimana masing-masing V dan I diketahui jumlah angka pentingnya, bagaimana kita menuliskan hasil R?

Tidak semua besaran fisis dapat diukur langsung nilainya dengan alat ukur. Sering kita harus menghitung nilainya dari rumus. Sebagai contoh jika alat yang kita miliki voltmeter dan amperemeter, maka untuk mengetahui nilai tahanan R harus kita hitung terlebih dahulu dengan rumus menggunakan hukum Ohm V=I.R yaitu $R = \frac{V}{I}$ Contoh lain yang lebih baik untuk menggambarkan pentingnya konsep angka penting adalah pengukuran luas bidang. Bila sebuah lingkaran dapat diukur diameternya menghasilkan d = 7,9 mm, berapakah luas lingkaran tersebut? Dengan rumus $= \frac{\pi d^2}{4}$, jika dihitung dengan kalkulator menghasilkan A = 62,21138852 mm. Ada hal yang mengganggu di sini? Diameter d mempunyai dua buah angka penting sedangkan luas A mempunyai 10 buah angka penting dan ini tentu saja tidak betul. Oleh karena itu diperlukan aturan berkaitan dengan cara menuliskan angka penting dari hasil perhitungan.

a. Pembagian dan Perkalian

Hasil hitung seharusnya mempunyai jumlah angka penting satu lebih banyak dari bilangan terkecil yang memuat angka yang masih dapat dipercaya.

Contoh : Bila Z = X Y dengan X = 3,7 dan Y = 3,01 maka hitunglah harga Z!

Z = X.Y

3,7 (bilangan terkecil dengan dua angka penting)

3,01 x (bilangan terbesar dengan tiga angka penting)

11, 137 (lima angka penting)

Dengan aturan di atas, maka hasilnya akan mempunyai 2 + 1 = 3 angka penting. Hasilnya setelah dilakukan pembulatan adalah Z = 11,1.

b. Penjumlahan dan Pengurangan

Hasil hitung untuk penjumlahan dan pengurangan seharusnya mempunyai jumlah angka "desimal" yang sama dengan bilangan yang mengandung jumlah angka desimal paling sedikit.

Contoh : Bila Z = X +Y dengan X = 10,26 dan Y = 15,1 maka hitunglah harga Z!

Z = X.Y

10,26 (dua angka desimal)

15,1 x (satu angka desimal)

25,36 (dua angka desimal)

Dari hasil perhitungan ini, maka hasilnya dapat dinyatakan sebagai Z = 25,4 (setelah dibulatkan).

ATURAN PEMBULATAN ANGKA

Pada contoh di atas kita telah melakukan pembulatan supaya memenuhi aturan penulisan yang sesuai dengan aturan penulisan angka penting. Untuk dapat menerapkan pembulatan, maka aturan pembulatan angka ditetapkan sebagai berikut.

1. Bila pecahan/desimal $<\frac{1}{2}$, maka bilangan dibulatkan ke bawah,

   Contoh:

   4,23 dapat dibulatkan menjadi 4,2.
2. Bila pecahan/desimal $>\frac{1}{2}$, maka bilangan dibulatkan ke atas,

   Contoh:

   3,68 dapat dibulatkan menjadi 3,7.
3. Bila pecahan/desimal sama dengan $\frac{1}{2}$, maka bilangan tersebut dibulatkan ke atas jika bilangan di depannya ganjil, dan dibulatkan ke bawah jika bilangan di depannya genap.

   Contoh:

   12, 75 dapat dibulatkan menjadi 12,8 sebab angka 7 bilangan ganjil,

   12, 65 dapat dibulatkan menjadi 12,6 sebab angka 6 bilangan genap.

Rangkuman

1. Angka penting (*significant figures*) adalah angka hasil pengukuran yang terdiri dari angka pasti (eksak) dan angka taksiran. Angka pasti diperoleh

dari penghitungan skala alat ukur, sedangkan angka taksiran diperoleh dari setengah skala terkecil..

2. Ketika angka-angka ditiadakan sari suatu bilangan, nilai dari angka terakhir yang dipertahankan ditentukan dengan suatu proses yang disebut pembulatan bilangan. Aturan pembulatan bilangan tersebut, antara lain: (1) Angka-angka yang lebih kecil daripada 5 dibulatkan ke bawah; (2) Angka-angka yang lebih besar daripada 5 dibulatkan ke atas ; (3) Angka 5 dibulatkan ke atas jika sebelum angka 5 adalah ganjil dan dibulatkan ke bawah jika angka sebelum angka 5 adalah angka genap.

Latihan

1. Pada sebuah pengukurang panjang benda diperoleh hasil pengukuran 0,05090 m. Berapa banyak angka penting pada hasil pengukuran tersebut?
2. Hasil pengurangan dari bilangan-bilangan penting 568,26 g dengan 425 g akan menghasilkan
3. Hasil pengukuran luas pelat tipis yang memiliki panjang 1,25 cm dan lebar 0,15 cm menurut aturan angka penting

Evaluasi Pembelajaran

1. 1,0 : 3,0 Seperti apa hasilnya menggunakan aturan angka penting?
2. 3,7 – 0,57 Seperti apa hasilnya menggunakan aturan angka penting?
3. 10,24 + 32,457 + 2,6 Seperti apa hasilnya menggunakan aturan angka penting ?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Modul 2:

KESALAHAN DAN ALAT UKUR

A. Pendahuluan

1. Deskripsi singkat modul

Pengukuran merupakan proses untuk mendapatkan informasi besaran fisis yang diukur. Dalam percobaan di laboratorium seorang praktikan harus bisa menyimpulkan suatu percobaan berdasarkan data yang diperoleh. Oleh karena itu praktikan harus memiliki data yang benar-benar valid. Untuk memperoleh data yang valid atau benar praktikan harus melakukan eksperimen tidak hanya sekali agar memperoleh data yang akurat dan presisi.

Sebelumnya kita harus mengetahui terlebih dahulu perbedaan antara akurasi dan presisi.Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi yang baik, yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil. Keakuratan sebuah eksperimen diukur dari seberapa dekat hasil ukur dengan nilai sebenarnya. Dalam hal ini sebelum sebuah alat ukur digunakan, harus dipastikan bahwa kondisi alat sudah dalam keadaan terkalibrasi dengan baik. Kalibrasi yang buruk akan menyebabkan kesalahan dalam pengukuran yaitu hasil pengukuran yang tidak tepat dengan hasil yang sebenarnya sebesar kesalahan dalam kalibrasi tersebut. Sedangkan sebuah alat ukur dikatakan presisi jika untuk pengukuran besaran fisis tertentu yang diulang maka alat ukur tersebut mampu menghasilkan hasil ukur yang sama seperti sebelumnya. Kepresisian eksperimen diukur dari seberapa baik hasil yang ditetapkan, tanpa referensi yang sesuai dengan nilai sebenarnya

2. Capaian Pembelajaran (CP) Lulusan

Paramater Khusus :

KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika

Parameter Pengetahuan :

P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika

P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika

3. Kemampuan Akhir (KA)

1. Mahasiswa mampu mengetahui kesalahan pengukuran
2. Mahasiswa mampu menngetahui beberapa alat-alat ukur yang dapat digunakan dapam pengukuran

4. Prasyarat Kompetensi

-

5. **Kegunaan Modul**

   Modul ini digunakan untuk dapat menjelaskan tentang beberapa kesalahan-kesalahan yang dapat terjadi dalam pengukuran dan menjelaskan beberapa alat ukur yang biasa digunakan dalam pengukuran.

6. **Materi Pokok dan Sub Materi Pokok**
   - Pengukuran
   - Alat ukur
   - Kesalahan pengukuran

Kegiatan Pembelajaran 1: Pengukuran

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui perbedaan pengukuran langsung dan tak langsung
b. Mahasiswa mampu mengetahui perbedaan pengukuran tunggal dan berulang.

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

1. Pengertian Pengukuran

- Pengertian Pengukuran (Measurement) Menurut Para Ahli
- Alwasilah et al.(1996), measurement (pengukuran) merupakan proses yang mendeskripsikan performa siswa dengan menggunakan suatu skala kuantitatif (sistem angka) sedemikian rupa sehingga sifat kualitatif dari performa siswa tersebut dinyatakan dengan angka-angka
- Arikunto dan Jabar (2004) menyatakan pengertian pengukuran (measurement) sebagai kegiatan membandingkan suatu hal dengan satuan ukuran tertentu sehingga sifatnya menjadi kuantitatif.
- Cangelosi, James S. (1995), pengukuran adalah proses pengumpulan data secara empiris yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang relevan dengan tujuan yang telah ditentukan.
- Sridadi (2007) pengukuran adalah suatu prose yang dilakukan secara sistematis untuk memperoleh besaran kuantitatif dari suatu obyek tertentu dengan menggunakan alat ukur yang baku.

2. Fungsi Pengukuran

Secara sederhana sebenarnya kegiatan pengukuran yang kita lakukan itu berfungsi sebagai alat komunikasi. Komunikasi disini bisa juga diartikan secara luas, contohnya komunikasi antara penjual dengan pembeli. Di dalam suatu perusahaan manufakture,pengukuran sangatlah penting, karena segala sesuatu yang menjadi parameter dari suatu produk yang kita hasilkan tidak lepas dari angka angka yang hanya bisa di dapatkan melalui proses pengukuran.

3. Klasifikasi Pengukuran

Geometris obyek ukur mempunyai bentuk yang beracam-macam. Oleh karena itucara mengukur pun bisa bermacam-macam. Agar hasil pengukurannya mendapatkan hasil yang paling baik menurut standart yang berlaku maka diperlukan cara pengukuran yang tepat dan benar. Untuk itu perlu diketahui klasifikasi dari pengukuran. **Ada beberapa pengukuran berdasarkan cara**

pengukuran yang bisa dilakukan untuk mengukur geometris obyek ukur, yaitu:

Pengukuran Langsung

Proses pengukuran yang hasil pengukurannya dapat dibaca langsung dari alat ukur yang digunakan disebut dengan pengukuran langsung. **Contoh :** mengukur diameter poros dengan jangka sorong atau mikrometer.

Pengukuran Tak Langsung

Bila dalam proses pengukuran tidak bisa digunakan satu alat ukur saja dan tidak bisa dibaca langsung dari hasil pengukurannya, maka pengukuran yang deikian ini disebut pengukuran tak langsung. Kadang-kadang untuk mengukur satu benda ukur diperlukan dua atau tiga buah alat ukur standar, alat ukur pembanding dan alat ukur pembantu. **Contoh:** Pengukuran ketirusan poros dengan menggunakan senter sinus (*sine center*) yang harus dibantu dengan jam ukur(*dial indikator*) dan blok ukur.

Pengukuran dengan Kaliber Batas

Kadang-kadang dalam proses pengukuran kita tidak perlu melihat bebeapa besar ukuran benda yang dibuat melainkan hanya untuk melihat apakah benda yang dibuat masih dalam batas-batas toleransi tertentu. **Contoh :** Mengukur diameter lubang. Dengan menggunakan alat ukur jenis kaliber batas dapat ditentukan apakah benda yang dibuat masuk kedalam kategori diterima (GO) atau masuk dalam kategori dibuang atau ditolak (No.Go). Dengan demikian sudah tentu alat yang digunakan untuk pengecekannya adalah kaliber batas Go dan No Go. Pengukuran seperti ini disebut pengukuran dengan kaliber batas. Keputusan yang diambil adalah dimensi yang masih dalam batas toleransi dianggap baik dan dipakai, sedang dimensi yang terletak diluar batas toleransi dianggap jelek. Pengukuran cara ini tepat sekali untuk pengukuran dalam jumlah banyak dan membutuhkan waktu yang cepat.

Pengukuran dengan Perbandingan Bentuk Standart

Pengukuran di sini sifatnya hanya membandingkan bentuk benda yang dibuat dengan bentuk standar yang memang digunakan untuk alat pembanding. **Contoh:** Kita akan mengecek sudut ulir atau roda gigi , mengecek sudut tirus dari poros konis, mengecek radius dan sebagainya. Pengukuran dulakukan dengan alat proyeksi. Jadi disini sifatnya tidak membaca besarnya ukuran tatapi mencocokkan bentuksaja . Misalnya sudut ulir dicek dengan mal ulir atau pengecek ulir lainnya.

Ada beberapa pengukuran berdasarkan cara mengukur yaitu:
Pengukuran tunggal

Pengukuran tunggal adalah pengukuran yang dilakukan hanya satu kali saja.Dalam pengukuran tunggal, nilai benar (x_0) adalah nilai pengukuran itu sendiri. Jika diperhatikan, setiap alat ukur atau instrumen mempunyai skala yang berdekatan yang disebut skala terkecil. Nilai ketidakpastian (Δx) pada pengukuran tunggal diperhitungkan dari skala terkecil alat ukur yang dipakai.Nilai dari ketidakpastian pada pengukuran tunggal adalah setengah dari skala terkecil pada alat ukur.

Pengukuran tunggal yaitu suatu pengukuran yang hanya dilakukan sekali saja. Pada umumnya pengukurann tunggal jika besaran yang diukur tidak berubah-ubah sehingga hasilnya dapat diukur dengan akurat. Akan tetapi, pengukuran ini memiliki kekurangan yaitu dalam pengukuran tunggal memberikan hasil yang kurang teliti karena pengukurannya hanya dilakukan sekali saja. **Contoh** dari pengukuran tunggal yaitu pengukuran yang dilakukan pada objek pensil.

Pengukuran tunggal biasanya dilakukan ketika kesempatan untuk melakukan pengukuran hanya datang sekali saja sehingga tidak memungkinkan untuk mengukur berulang. Ketidakpastian dalam pengukuran tunggal dapat ditentukan dari setengah skala terkecil dari alat ukur yang digunakan. Secara sisematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla X = \frac{1}{2}\ x\ skala\ terkecil \qquad 2.1$$

Pengukuran Berulang

Sedangkan pengukuran berulang merupakan pengukuran yang dapat dilakukan dengan berulang-ulang. Pada umumnya pengukuran berulang digunakan untuk mengukur sesuatu yang sering kali hasilnya terdapat perbedaan jika diukur pada bagian yang berbeda. Kelebihan dari pengukuran berulang yaitu apabila dibandingkan dengan pengukuran tunggal maka pengukuran berulang lebih mendekati nilai sebenarnya. Karena ketidakpastian pada pengukuran berulang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan ketidakpastian pengukuran tunggal.

Pada pengukuran berulang ini nilai x dapat ditentukan dari nilai sampel. Misalnya dari suatu besaran fisis yang diukur dengan N kali pada kondisi yang sama, serta diperoleh hasil pengukuran X_1, X2, X_3,…, X_n. Sedangkan ketidakpastian Δx dapat dinyatakan dengan simpangan baku nilai rata-rata sampel.

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots x_n}{N} = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$\Delta x = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{N\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N-1}} \qquad 2.2$$

Selain dari pengukuran tunggal, pengukuran besaran juga dilakukan secara berulang kali (2 atau 3 kali saja) dan pengulangan lebih dari 3 kali. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai terbaik dari pengukuran tersebut.Dengan demikian, pengukuran berulang adalah pengukuran yang dilakukan beberapa kali atau berulang-ulang (2 atau 3 kali dan lebih dari 3 kali). Dalam pengukuran berulang, pengganti nilai benar adalah nilai rata-rata dari hasil pengukuran. Jika suatu besaran fisis diukur sebanyak N kali, maka nilai rata-rata dari pengukuran tersebut dihitung.

Rangkuman

1. Pengukuran tunggal biasanya dilakukan ketika kesempatan untuk melakukan pengukuran hanya datang sekali saja sehingga tidak memungkinkan untuk mengukur berulang Sedangkan pengukuran berulang merupakan pengukuran yang dapat dilakukan dengan berulang-ulang. Pada umumbya pengukuran berulang digunakan untuk mengukur sesuatu yang sering kali hasilnya terdapat perbedaan jika diukur pada bagian yang berbeda..

2. Proses pengukuran yang hasil pengukurannya dapat dibaca langsung dari alat ukur yang digunakan disebut dengan pengukuran langsung dan bila dalam proses pengukuran tidak bisa digunakan satu alat ukur saja dan tidak bisa dibaca langsung dari hasil pengukurannya, maka pengukuran yang deikian ini disebut pengukuran tak langsung. Kadang-kadang untuk mengukur satu benda ukur diperlukan dua atau tiga buah alat ukur standar, alat ukur pembanding dan alat ukur pembantu.

Latihan

1. Apakah perbedaan pengukuran tunggal dan pengukuran berulang? Jelaskan!
2. Apakah perbedaan pengukuran langsung dan tak langsung?Jelaskan!
3. Jelaskan Kelebihan dan kekurangan dalam pada pengukuran tunggal dan berulang!

Evaluasi Pembelajaran

1. Diberikan sebiah hasil pengukuran secara berulang dengan sajian berupa tabel di bawah ini:

No	Panjang Balok (cm)	Lebar Balok (cm)	Tinggi Balok (cm)
1	123	87	98

2	124	87	99
3	122	88	99
4	123	86	97
5	122	85	99
6	122	88	96
7	123	87	96
8	121	88	96
9	122	86	97
10	123	85	97

Hitung simpangan baku dari data tersebut!

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 2: Alat Ukur

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa dapat mengetahu macam-macam alat ukur
b. Mahasiswa dapat membedakan penggunaan alat ukur.

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Alat ukur atau yang biasa disebut dengan *measuring tool* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengetahui nilai suatu besaran. Baik itu besaran nilai ataupun kondisi dari suatu komponen yang diukur. Alat ukur sendiri banyak digunakan untuk menentukan nilai presisi pada suatu benda ataupun komponen yang diukur untuk mendapatkan nilai kuantitas dari benda tersebut.

Dimana, dapat digunakan sebagai data pengukuran pada penelitian atau pekerjaan sesuai dengan bidang yang dikerjakan dengan nilai data hasil pengukuran tersebut.

Fungsi dari alat ukur sendiri sangat beragam, tergantung dari macam-macam alat ukur tersebut. Namun secara umum alat ukur memiliki fungsi untuk mengukur sesuatu, semisal benda, berat, jarak, tegangan, suara dan lain sebagainya. Dengan menggunakan macam-macam alat ukur ini pekerjaan akan menjadi lebih fleksibel, efektif dan juga cepat, akurat serta tepat.

Macam-Macam Alat Ukur

Seperti yang sudah dijabarkan di atas jika alat ukur terdiri dari berbagai macam yang fungsi dan kegunaannya pun beragam. Maka, alat ukur terdiri dari berbagai macam alat ukur yang digunakan untuk mendapatkan nilai hasil pengukuran dengan masing-masing satuan yang diperlukan. Untuk itu dibuatlah bebrgaia macam alat ukur dengan fungsi dan kemampuannya tersendiri.

Berikut ini adalah rincian dari macam-macam alat ukur sesuai dengan fungsinya dalam satuan pengukuran.

A. Alat Ukur Panjang

1. Mistar/Penggaris

Gambar 2.1 Mistar/ penggaris

Mistar, atau yang lebih dikenal dengan sebutan penggaris adalah alat yang digunakan untuk mengukur barang yang berukuran sedang & berukuran besar. Mistar ini dapat mengukur dengan ketelitian hingga 1 mm.

2. Meteran

Gambar 2.2 Meteran

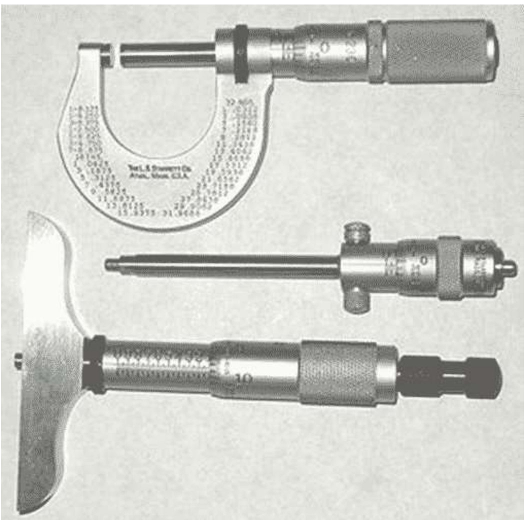
Selanjutnya ada meteran yaitu alat ukur panjang yang biasa digunakan dalam bangunan. Ketelitian pengukuran pada rollmeter sampai 0,5 mm. Pada dasarnya alat ukur panjang ini sama dengan mistar, akan tetapi lebih panjang serta bisa digulung. Satuan yang bisa digunakan pada meteran adalah mm dan cm, feet atau inch. Panjang dari meteran ini biasanya sangat beragam, untuk varian pendek biasanya berukuran 3 atau 5 meter. Sedangkan untuk ukur panjang bisa mencapai 10, 20, 30, 50 bahkan 100 meter.

3. Jangka Sorong

Gambar 2.3 Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur diameter, dimensi luar suatu benda, dan dimensi dalam suatu benda. Jangka sorong memiliki 2 bagian, yaitu rahang tetap yang fungsinya sebagai tempat skala tetap yang tidak dapat digerakkan letaknya, dan rahang sorong yang fungsinya sebagai tempat skala nonius dan dapat digeser-geser letaknya untuk menyesuaikan dan mengukur benda. Jangka sorong ini dapat mengukur dengan ketelitian hingga 0,1 mm.

4. Mikrometer Skrup



Gambar 2.4 Mikrometer Sekrup

Mikrometer skrup adalah alat yang digunakan untuk mengukur ketebalan benda yang tipis, panjang benda yang kecil, dan dimensi luar benda yang kecil. Mikrometer skrup memiliki 3 bagian, yaitu selubung utama yang fungsinya sebagai tempat skala utama yang akan menunjukkan berapa hasil pengukuran dan bagian ini sifatnya tetap dan tidak dapat digeser-geser, lalu selubung luar yang fungsinya sebagai skala nonius yang dapat diputar-putar untuk menggerakkan selubung ulir supaya dapat menyesuaikan dengan benda yang diukur, dan selubung ulir yang fungsinya sebagai bagian yang dapat digerakkan dengan cara memutar-mutar selubung luar sehingga dapat menyesuaikan dengan bentuk benda yang diukur. Mikrometer skrup ini dapat mengukur dengan ketelitian hingga 0,01 mm.

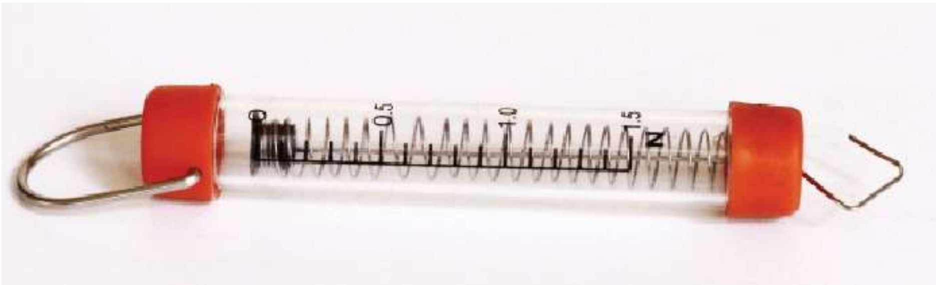
B. Alat Ukur Massa

1. **Neraca Ohauss**

Gambar 2.5 Neraca Ohauss

Neraca ohaus merupakan alat ukur massa yang mempunyai ketelitian 0,1 gram dan terdiri dari 3 skala. Skala pertama memakai ratusan gram, skala kedua memakai puluhan gram dan skala ketiga memakai satuan gram. Prinsip kerja dari neraca ini ialah membandingkan massa benda yang akan diukur dengan anak timbangan yang berada pada neraca Ohaus itu sendiri. Kemampuan pengukuran neraca ohaus bisa diubah dengan menggeser posisi anak timbangan sepanjang lengan.

2. **Neraca Pegas**



Gambar 2.6 Neraca Pegas

Dalam kehidupan sehari-hari mungkin Anda lebih familiar menyebutnya sebagai dynamometer. Dimana alat ukur massa ini sering kali digunakan pada laboratorium fisika karena sangat mudah dan efektif dalam mengukur massa benda yang ringan. Neraca pegas memiliki dua skala, yaitu skala N/newton yang berfungsi untuk mengukur berat benda dan skala G/gram yang berfungsi untuk mengukur massa benda.

3. **Timbangan Digital**

Gambar 2.7 Timbangan Digital

Timbangan atau neraca digital merupakan alat ukur massa otomatis yang mampu memberikan hasil presisi dan lebih praktis. Cara penggunaannya pun sangat mudah, hanya meletakkan benda di atasnya, kemudian akan muncul hasil massa benda tersebut pada layar digital yang tersedia. Ketelitian neraca digital sendiri mencapai 0,001 gram. Dengan tingkat ketelitian yang begitu tinggi, timbangan ini sering digunakan pada laboratorium untuk mengukur massa benda yang begitu kecil.

C. Alat Ukur Waktu

1. Stopwatch

Gambar 2.8. Stopwatch

Stopwatch merupakan alat ukur waktu yang dipakai untuk mengukur lamanya waktu yang dibutuhkan pada sebuah kegiatan, semisal untuk mengukur berapa waktu yang dibutuhkan seseorang dalam menempuh jarak dari titik A ke titik B. Alat ukur wakti ini terbagi menjadi 2 macam yakni stopwatch analog dan stopwatch digital. Untuk stopwatch analog mempunyai batas ketelitian 0,1 second dan stopwatch digital mempunyai batas ketelitian sampai 0,01 second. Cara penggunaan alat ukuran waktu ini ialah dengan menekan tombol start kemudian tekan lagi untuk menghentikan penghitungan waktu. Untuk digunakan lagi, kembalikan stopwatch pada waktu nol terlebih dahulu.

2. Jam Pasir

Gambar 2.9 Jam Pasir

Meskipun sudah sangat jarang dijumpai, namun keakuratan alat ukur waktu ini pernah begitu diakui pada zaman dahulu. Bentuk jam pasir sendiri terdiri dari dua tabung gelas yang terhubung dengan sebuah lubang kecil. Salah satu tabung tersebut diisi dengan pasir yang bisa mengalir ke tabung lain melalui lubang kecil tersebut. Ketika pasir sudah berpindah semua ke tabung bawah, Anda bisa membaliknya dan mengatur waktu dari awal. Umumnya untuk memindahkan seluruh pasir dari tabung atas ke tabung bawah dibutuhkan waktu sekitar 1 jam.

3. Jam

Gambar 2.10 Jam

Alat ukur waktu ini merupakan salah satu yang paling populer dibandingkan alat ukur lainnya. PAda pembuatannya, lama sebuah jam adalah 1/24 hari. Dimana dalam satu jam dibagi menjadi beberapa unit waktu yang lebih kecil lagi yaitu 60 menit dan 3600 detik. Umumnya dalam setiap jenis jam dilengkapi dengan jarum second, jarum menit dan jarum jam. Satuan terkecil pada jam ialah detik. Di masa sekarang ini Anda juga bisa menjumpai jenis lain dari jam, yakni arloji atau jam tangan. Prinsip kerjanya sama persis hanya berbeda ukuran dan desainnya.

D Alat Ukur Listrik

1. Amperemeter

Gambar 2.11 Amperemeter

Amperemeter ialah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik baik untuk arus AC ataupun DC yang ada pada rangkaian tertutup. Biasanya amperemeter dipasang berderet dengan elemen listrik. Untuk mengukur arus pada penghantar listrik Anda harus merangkainya secara seri kemudian memotong penghantar agar arus dapat mengalir melalui alat ukur tersebut.

2. Voltmeter

Gambar 2.12 Voltmeter

Voltmeter merupakan alat yang dipakai untuk mengukur besar tegangan listrik di sebuah rangkaian tertutup. Berbeda dengan amperemeter, voltmeter ini dipasang secara paralel dengan letak komponen yang diukur pada rangkaian. Voltmeter sendiri terdiri dari 3 buah lempengan tembaga yang terpasang di sebuah bakelite yang dirangkai pada sebuah tabung plastik atau kaca. Lempengan luar berfungsi untuk Anode sedangkan lempengan tengah berfungsi sebagai kotade.

3. Ohmmeter

Gambar 2.13 Ohmmeter

Ohmmeter ialah alat yang dipakai untuk mengukur hambatan listrik di rangkaian tertutup atau daya untuk menahan mengalirnya arus listrik di sebuah konduktor. Besarnya satuan gambaran yang diukur oleh Ohmmeter dinyatakan dalam satuan ohm. Alat ukur listrik ini menggunakan Galvometer untuk mengukur besarnya arus listrik yang mengalir atau lewa pada sebuah hambatan listrik (R), yang kemudian dikalibrasikan pada satuan ohm.

4. Wattmeter

Gambar 2.14 Wattmeter

Selanjutnya ada wattmeter yaitu alat yang dipakai untuk mengukur power listrik atau rate suplai energi pada satuan watt untuk sirkuit atau rangkaian apapun. Bentuk dari alat ini sangatlah simple. Dengan adanya jarum pada layar digital wattmeter Anda bisa mengetahui power listrik pada rangkaian tersebut.

5. Multimeter

Gambar 2.15 Multimeter

Bisa dikatakan jika alat ukur listrik satu ini sangat multifungsi, ya sesuai namanya multimeter adalah alat ukur listrik yang bisa digunakan untuk mengukur hambatan listrik (ohmmeter), tegangan listrik (voltmeter) dan juga arus listrik (ampere). Ada dua jenis multimeter yang bisa Anda gunakan yakni multimeter digital atau DMM (Digital Multi Meter) serta multimeter analog. Kelebihan dari DDM dibandingkan dengan multimeter analog ialah tingkat ketelitian yang lebih tinggi pada pengukurannya. Kedua jenis multimeter tersebut juga bisa digunakan untuk mengukur listrik AC ataupun DC.

6. Megger

Gambar 2.16 Megger

Megger merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengukur tahanan isolasi dari alat-alat listrik ataupun instalasi-instalasi. Output dari alat ukur listrik ini umumnya adalah tegangan tinggi arus searah. Megger kerap kali digunakan oleh petugas ketika mengukur tahanan isolasi untuk:

- Kabel instalasi pada bangunan atau rumah-rumah.
- Kabel tegangan tinggi serta rendah.

- Transformator.

7. Osiloskop

Gambar 2.17 Osiloskop

Berbeda dengan alat ukur listrik lain yang kebanyakan memberikan output dalam bentuk tampilan angka, oscilloscope ini justru akan menunjukkan pada Anda gambaran atau bentuk dari sinyal listrik dalam bentuk grafik dari tegangan. Penggambaran grafik dalam layar ini akan memberikan gambaran yang cukup gamblang dan jelas.

Osiloskop sendiri terdiri dari tabung vacum dengan sebuah katode (elektrode negatif) di satu sisi yang menghasilkan pancaran elektronik serta sebuah anode (electrode positive) untuk mempercepat gerakannya, dengan begitu akan terdeteksi menuju layar tabung.

Susunan tersebut akan disebut dengan elektron gun. Dimana elektron-elektron disebut pancaran sinar katode, sebab mereka dibangkitkan oleh Cathode serta menyebabkan osiloskop juga disebut dengan Cathode Ray Oscilloscope atau CRO.

8. KWH Meter

Gambar 2.18 KWH Meter

KWH meter merupakan alat yang biasa digunakan oleh pihak PLN untuk menghitung besarnya penggunaan daya oleh pelanggan. Alat ini sangat mudah dijumpai pada rumah-rumah penduduk. Bagian utama dari KWH Meter adalah kumparan tegangan, piringan alumunium, kumparan arus, magnet tetap yang bertugas menetralkan piringan alumunium dari induksi medan magnet serta gear mekanik yang mencatat jumlah putaran piringan alumunium.

D Alat ukur Suhu

1. Termometer

Gambar 2.19 Termometer

Termometer ialah alat pengukur suhu yang memanfaatkan sifat termometrik suatu zat, yakni perubahan sifat-sifat zat yang dikarenakan perubahan suhu zat tersebut. Pada saat pertama kali ditemukan, alat ukur ini disebut dengan thermometer udara, sebab dilengkapi dengan bola kaca dan sebatang pipa kaca panjang.

Pipa panjang ini nantinya dicelupkan pada cairan berwarna. Saat bola kaca dipanaskan, udara pada pipa kan mengembang sehingga sebagian udara di pipa keluar. Namun ketika bola didinginkan maka udara di pipa akan menyusut sehingga sebagian air akan naik ke pipa.

Seiring perkembangan zaman, kini Anda sudah bisa menggunakan thermometer raksa. Disebut thermometer raksa sebab pada thermometer ini ada air raksa yang berfungsi sebagai penunjuk suhu. Air raksa akan mengembang jika thermometer menyentuh benda yang lebih hangat raksa. Secara keseluruhan, thermometer bisa diisi dengan berbagai benda, baik benda zat cair ataupun padat. Berikut adalah beberapa jenis thermometer :

Thermometer diisi dengan benda cair :

- Termometer laboratorium
- Thermometer ruang
- Termometer klinis
- Termometer Six-Bellani

Thermometer yang diisi dengan benda zat padat:

- Termometer bimetal
- Termokopel
- Thermometer hambatan.

Termometer optis:

- Pirometer
- Termometer infrared.

E. Alat Ukur Intensitas Cahaya

1. Lux Meter

Gambar 2.20 Lux Meter

Lux meter atau yang juga dikenal dengan nama lightmeter merupakan alat ukur intensitas cahaya yang terdiri dari sebuah sensor cahaya dari bahan foto sel dan juga layar. Fungsi dari alat ini ialah untuk mengukur tingkat pencahayaan pada suatu candela di sebuah tempat.

Intensitas cahaya diukur untuk menentukan tingkat pencahayaan pada sebuah tempat. Semakin dari tempat tersebut dari sumber cahaya maka intensitasnya pun akan semakin kecil.

Lux meter atau yang juga dikenal dengan nama lightmeter merupakan alat ukur intensitas cahaya yang terdiri dari sebuah sensor cahaya dari bahan foto sel dan juga layar. Fungsi dari alat ini ialah untuk mengukur tingkat pencahayaan pada suatu candela di sebuah tempat. Intensitas cahaya diukur untuk menentukan tingkat pencahayaan pada sebuah tempat. Semakin dari tempat tersebut dari sumber cahaya maka intensitasnya pun akan semakin kecil.

2. Gonifotometer

Gambar 2.21 Gonifotometer

Goniofotometer ialah alat yang dipakai untuk mengukur distribusi spesial sumber radiasi sampai bisa menampilkan sifat fotometrik cahaya terlihat di sudut tertentu. Pengambilan nama alat ini diambil dari bahasa Yunani kuno yaitu Goni yang artinya sudut dan Fotometer yang artinya cahaya.

Pada dasarnya alat ukur intensitas cahaya ini bukan hanya bisa mengukur distribusi intensitas cahaya saja namun juga koordinat warna serta temperatur warna.

3. Spektrofotometer

Gambar 2.22 Prektrofotometer

Spektrofotometer ialah alat yang berfungsi untuk mengukur jumlah cahaya di panjang gelombang tertentu yang melewati sebuah materi. Alat ukur intensitas cahaya ini mengukur berdasarkan interaksi antara materi dengan cahaya yang ditembakkan pada benda/materi tersebut.

Cahaya yang dimaksud disini bisa berupa ultraviolet, infrared, ataupun cahaya tampak. Sedangkan materinya dapat berupa molekul atau atom. Spektrofotometer sendiri terdiri dari dua jenis yaitu beam tunggal dan beam ganda. Itulah beberapa macam-macam alat ukur yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan dapat dengan mudah Anda jumpai.

Alat-alat ukur di atas sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang tepat, efektif dan cepat. Sebagai gambaran mudah saja, meteran/mistar yang sangat dibutuhkan dalam proses pembangunan rumah. Jika tidak menggunakan alat ukur panjang tentunya akan sangat sulit mendapatkan sisi bangunan yang presisi dan juga seimbang. Begitu juga dengan alat ukur lain, seperti alat ukur suhu yang bisa digunakan untuk memprediksi kesehatan seseorang.

Rangkuman

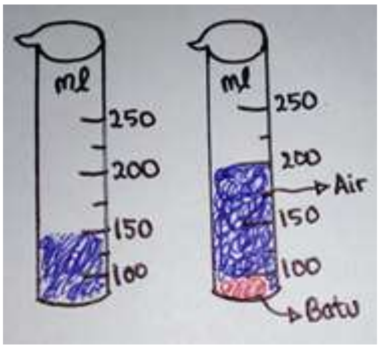
1. Alat ukur sendiri banyak digunakan untuk menentukan nilai presisi pada suatu benda ataupun komponen yang diukur untuk mendapatkan nilai kuantitas dari benda tersebut. Fungsi dari alat ukur sendiri sangat beragam, tergantung dari macam-macam alat ukur tersebut.
2. Macam – macam alat ukur dibedakan menjadi : alat ukur panjang, alat ukur massa. Alat ukur waktu, alat ukur listrik, alat ukur cahaya, alat ukur dan alat ukur suhu.

Latihan

1. Skala terkecil dari alat alat ukur panjang seperti mistar, jangka sorong dan mikro meter sekrup adalah……
2. Jelaskan perbedaan penggunaan masing masing alat ukur panjang (mistar, jangka sorong dan micrometer sekrup)!
3. Selain yang sudah disebutkan pada materi, sebutkan dan jelaskan 5 alat ukur lain yang anda ketahui ?

Evaluasi Pembelajaran

1. Perhatikan gambar di bawah, Jika Massa benda 600 gram, maka massa jenis benda tersebut adalah……



2. Lakukan pengukuran panjang benda dengan menggunakan mistar, dan pengukuran massa dengan menggunakan timbangan. Lakukan pengukuran secara berulang sebanyak 10 kali.

Tentukan :

a. Ukuran tendensi sentral data pengukuran
b. Simpangan baku
c. Buatlah kesimpulan dan hasil pelaporan akhir pengukurannya!

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 3: Kesalahan Pengukuran

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui sumber-sumber kesalahan
b. Mahasiswa mampu mengetahui jenis – jenis kesalahan

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

1. Sumber – Sumber Kesalahan

Sumber-sumber kesalahan dalam eksperimen dapat berasal dari:

1. Instrumen, seperti kalibrasi alat yang tidak sempurna
2. Observasi, seperti kesalahan paralaks pembacaan
3. Environmental, seperti tegangan listrik yang tidak stabil
4. Teori, seperti pengabaian gaya gesek

Sumber ralat di atas dapat menyebabkan terjadinya kesalahan dalam pengukuran.Dalam pengukuran besaran fisika menggunakan alat ukur atau instrumen, hasilnya tidak mungkin memperoleh nilai yang benar.Namun, selalu mempunyai ketidakpastian yang disebabkan oleh kesalahan-kesalahan dalam pengukuran.Kesalahan dalam pengukuran dapat digolongkan menjadi kesalahan umum, kesalahan acak dan kesalahan sistematis.

2. Jenis-jenis Kesalahan

a. Kesalahan umum atau keteledoran (*grass error*).

Kesalahan ini kebanyakan disebabkan oleh manusia sebagai pengukur atau pengamat karena faktor kurang terampil dalam menggunakan alat ukur yang dipakai. Selama manusia terlibat dalam pengukuran baik langsung maupun tidak langsung, kesalahan jenis ini tidak dapat dihindari, namun jenis kesalahan ini tidak mungkin dihilangkan begitu saja secara kesuluruhan dan harus ada usaha untuk mencegah dan memperbaikinya. Beberapa contoh yang termasuk kesalahan umum antaralain:

1. Kekeliruan dalam penaksiran dan pencatatanskala.
2. Kekurangan keterampilan menggunakanalat
3. Kalibrasi tidaktepat.
4. Kesalahan dalam membacaskala.
5. Posisi mata saat membaca skala yang tidak benar.
6. Kesalahan dalam penyetelan yang tidaktepat.
7. Pemakaian dan penguasaan instrumen yang tidaksesuai.
8. Kurang tajamnya mata membaca skala yanghalus.
9. Pengaturan atau pengesetan alat ukur yang kurangtepat
10. Metode yang salah dansebagainya.

Kesalahan umum yang fatal dan sering terjadi adalah bagi pemula pengamat/pengukur yang baru menggunakan instrumen sehingga dalam memakai instrumen tersebut menjadi tidak sesuai dan bahkan rusak karena faktor penggunaan yang salah total. Pada umumnya instrumen-instrumen yang menggunakan jarum penunjuk berubah kondisi sampai batas tertentu setelah digunakan dalam mengukur sebuah rangkaian yang lengkap dan kompleks, sehingga akibatnya besaran yangdiukurakanberubahpula.

b. Kesalahan acak (*random error*)

Kesalahan acak yaitu kesalahan yang tidak disengaja dan tidak dapat dikendalikan atau diatasi semuanya sekaligus dalam pengukuran, hal ini dikarenakan adanya fluktuasi pada kondisi-kondisi pengukuran. Selain itu,Lingkungan yang tidak menentu bisa menyebabkan kesalahan dalam pengukuran. Kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh kondisi lingkungan disebut kesalahan acak.Berikut merupakan contoh kesalahan acak:

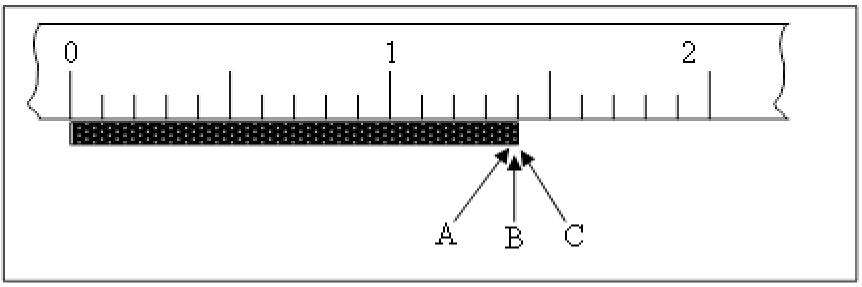
1. Terjadinya fluktuasi tegangan listrik, misalnya sumber tegangan dari PLN atau generator AC dan bahkan aki (baterai), hal ini dapat mengalami fluktuasi akibat perubahan kecil yang tidak teratur dan berlalu sangatcepat.
2. Terjadi bising elektronik (noice), berupa fluktuasi pada tegangan dalam alat yang sangat cepat karena komponen alat yang bergantung padasuhu.
3. Radiasi latar-belakang, misal radiasi gelombang elektromagnetik handphone, sinar X, kamera digital, radiasi kosmos dari luar angkasa, radiasi gelombag radio, radiasi dari sebuah antena dan sebagainya. Beberapa radiasi ini dapat menggangu pengukuran dengan menggunakan alat pencacah karena akan terhitung sewaktu kitamengukurnya.
4. Getaran landasan, misal pada alat pengukur gempa (seismograf). Alat ini sangat peka dan dapat terganggu apabila landasan telahbergetar.

c. Kesalahan sistematis (*systematic error*).

Kesalahan sistematis dapat menyebabkan hasil pengukuran menyimpang dari hasil sebenarnya dan simpangan tersebut mempunyai arah tertentu. Beberapa contoh kesalahan sistematis antaralain:

1. kesalahan titik nol, artinya kesalahan yang terjadi karena titik nol skala tidak berimpit dengan titik nol jarum penunjuk, atau jarum penunjuk pada alat ukur tidak kembali tepat pada angka nol. Bila sudah diatur maksimal tetapi tidak tepat pada skala nol, maka untuk mengatasinya harus diperhitungkan selisih kesalahan tersebut setiap kali melakukan pembacaan skala.

2. adanya penafsiran nilai skala terkecil (least count) yang ditimbulkan oleh keterbatasan alat ukurtersebut.
3. kesalahan kalibrasi (faktor alat), kesalahan ini terjadi pada saat pembuatan produk dimana cara memberi nilai skala alat tidak sesuai sehingga berakibat setiap kali alat digunakan. Hal ini dapat diketahui dengan cara membandingkan alat yang tidak sesuai skalanya dengan alat standar yangbaku.
4. kelelahan alat, dikarenakan alat sering dipakai terus menerus sehingga tidak akurat lagi hasilnya dan bahkan tidak berfungsi kembali dengan baik. Contohnya pegas yang mulai mengendur dan melembek pada percobaan konstanta pegas, jarum penunjuk pada voltmeter bergesekan dengan garis skala, penggunaan baterai sebagai sumber tegangan pada multimeter digital yang kalah dan haus, melemahnya pegas yang digunakan pada neraca pegas sehingga dapat memengaruhi gerak jarum penunjuk dansebagainya.
5. kondisi saat mengukur dan mengamati atau sering disebut kesalahan karena lingkungan (environmental errors). Penggunaan alat ukur pada saat keadaan yang berbeda dengan keadaan pada waktu alat dikalibrasi (misal efek perubahan suhu, kelembaman udara, tekanan udara luar, ruang yang berbeda, medan elektromagnetik) akan menyebabkan terjadinya kesalahan. Kesalahan karena lingkungan (environmental errors) yakni jenis kesalahan akibat dari keadaan luar yang berpengaruh terhadap instrumen seperti contohtersebut.
6. kesalahan paralaks (arah pandang), pada saat membaca nilai skala,



Gambar 2.23 Beberapa posisi pengamatan

7. Pengamat berpindah tempat/tidak tepat melihatnya/obyek yang dilihat berbeda dengan obyek pertama yang diamati sehingga menyebabkan hasil pengukurannya berbeda dari keadaanawal.
8. Waktu respon yang tidak tepat, artinya waktu pengukuran (pengambilan data) tidak bersamaan dengan saat munculnya data yang seharusnya diukur, sehingga data yang diperoleh bukan data yang sebenarnya.

Misalnya, kita ingin mengukur periode getar suatu beban yang digantungkan pada pegas dengan menggunakan stopwatch. Selang waktu yang diukur sering tidak tepat karena terlalu cepat atau terlambat menekan tombol stopwatch saat kejadianberlangsung.

Dari beberapa sumber kesalahan baik kesalahan dari pengamat, alat ukur maupun kondisi lingkungan, semuanya harus diketahui terlebih dahulu sebelum melakukan percobaan dan harus dicegah. Namun mengelakkanya sama sekali jelas tidak mungkin karena ini diluar kemampuan manusia yang terbatas. Sehingga kenyataan ini akan berpengaruh bahwa tidak ada hasil pengukuran yang benar-benar 100%, tidak ada yang pasti dan sempurna, melainkan pasti memiliki sifat keterbatasan. Inilah alasan mengapa pengukuran itu selalu dihinggapi ketidakpastian.

Rangkuman

1. Kesalahan umum disebabkan oleh manusia sebagai pengukur atau pengamat karena faktor kurang terampil dalam menggunakan alat ukur yang dipakai. Kesalahan acak yaitu kesalahan yang tidak disengaja dan tidak dapat dikendalikan atau diatasi semuanya sekaligus dalam pengukuran, hal ini dikarenakan adanya fluktuasi pada kondisi-kondisi pengukuran. Kesalahan sistematis dapat menyebabkan hasil pengukuran menyimpang dari hasil sebenarnya dan simpangan tersebut mempunyai arah tertentu.
2. Adanya berbagai jenis kesalahan yang memungkinkan muncul di saat melakukan pengukuran memenyebabkan hasil pengukuran terkadang tidak sesua dengan hasil yang sebenarnya.
3. Adanya hasil pengukuran yang tidak sesua dengan hasil yang sebenarnya mengakibatkan adanya ketidakastian hasil pengukuran.

Latihan

1. Berikan masing masing 3 contoh kesalahan dalam kehidupan sehari-hari kesalahan umum, acak dan sistematis yang terjadi dalam proses mengukur !
2. Bagaimana cara meminimalisisr berbagai kesalahan yang timbul dalam proses mengukur?

Evaluasi Pembelajaran

1. Dari proses pengukuran, Jelaskan jenis kesalahan- kesalhan apa saja yang muncul saat anda melakukan pengukuran? Apa akibat dari adanya kesalahan-kesalahan tersebut?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Modul 3:

KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN

A. Pendahuluan

1. Deskripsi singkat modul

Konsep ketidakpastian (*uncertainty*) merupakan bagian penting dari hasil suatu analisis kuantitatif. Tanpa pengetahuan tentang ketidakpastian pengukuran, maka pernyataan suatu hasil pengujian belum dapat dikatakan lengkap. Ketidakpastian memiliki beberapa arti yaitu "ragu-ragu", "kekurangpercayaan" dan "derajat ketidakyakinan". Jadi ketidakpastian merupakan suatu parameter non-negative yang menggambarkan sebaran nilai kuantitatif suatu hasil pengukuran (measurand), berdasarkan informasi yang digunakan.

Ketidakpastian pengukuran mencirikan dispersi dari nilai-nilai yang bias secara wajar dikaitkan dengan nilai yang dinyatakan dari kuantitas output (pengukuran). Dengan kata lain, ketidakpastian *U* adalah interval di mana nilai dari kuantitas output cenderung berbeda (tidak sama). Misalnya, jika *Y* adalah nilai yang dihitung dari proses mengukur dan (kuantitas output) dari data jumlah input yang diukur dan *U* adalah ketidakpastian, maka nilai nilai cenderung terletak di antara *Y-U* dan *Y + U*.

Pentingnya Pengukuran yang Benar Kami dapat menjelaskan arti dan pentingnya ketidakpastian dalam pengukuran dibeberapa cara. Diakui secara luas bahwa nilai kuantitas yang diukur adalah ditentukan dalam rentang tertentu. Kisaran tergantung pada instrumen, kualitas pengukuran yang dilakukan dan tingkat kepercayaan di mana hasil akhir adalah dinyatakan. Mengesampingkan definisi formal, setengah dari kisaran ini dapat disebut ketidakpastian pengukuran. Ketidakpastian dalam hasil pengukuran akan tergantung pada ketiga elemen tersebut di atas. Oleh karena itu, mengukur kuantitas yang terukur melalui proses pengukuran apa pun hanya bermakna jika nilai kuantitasnya diukur diberikan dengan satuan pengukuran yang tepat dan disertai dengan ketidakpastian pengukuran secara keseluruhan.

Kualitas pengukuran juga dapat dicirikan oleh semi-range di dimana nilai yang diukur diharapkan terletak. Kebetulan, kata pengukuran harus dipahami sebagai proses dan hasil dari proses itu. Itu pengukuran dilakukan pada tingkat yang berbeda. Pengukuran dalam industri miliki mengasumsikan signifikansi yang lebih besar mengingat fakta bahwa pengukuran memberikan yang terbaik dasar dari semua tindakan kontrol

2. **Capaian Pembelajaran (CP) Lulusan**

   Paramater Khusus :

   KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika

   Parameter Pengetahuan :

   P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika

   P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika
3. **Kemampuan Akhir (KA)**
   1. Mahasiswa mampu memahami ketidak pastian dalam pengukuran
   2. Mahasiswa mampu menngetahui taksiran ralat pada pengukuran
   3. Mahasiswa mampu mengetahui ralat yang terjadi dalam pengukuran dalam bentuk grafik.
4. **Prasyarat Kompetensi**

   -
5. **Kegunaan Modul**

   Modul ini digunakan untuk dapat menjelaskan tentang ketidakpastian pengukuran. Pada modul ini juga menjelaskan tentang taksiran ralat yang bisa diperoleh dalam proses pengukuran.
6. **Materi Pokok dan Sub Materi Pokok**
   - Ketidakpastian
   - Taksiran ralat
   - Ralat Grafik

Kegiatan Pembelajaran 1: Ketidakpastian

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui ketidakpastian pengukuran.
b. Mahasiswa mampu menghitung ketidakpastian dalam pengukuran.

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

1. Ketidakpastian

Secara konsep pengukuran, baik karena keterbatasan alat ukur maupun karena kondisi lingkungan, maka dipercaya bahwa setiap pengukuran akan selalu menghasilkan hasil ukur yang tidak sebenarnya. Simpangan atau selisih antara hasil ukur dan hasil yang sebenarnya disebut sebagai ralat (error). Perlu dicermati di sini bahwa pengertian ralat bukan berarti kita salah mengukur, tapi lebih menggambarkan deviasi hasil baca alat ukur terhadap nilai "benar" besaran fisis yang diukur, sebagai akibat bahwa kita tidak mengetahui nilai benar dari apa yang ingin kita ukur. Meskipun demikian pada beberapa buku ada yang menyebutkan ralat dengan istilah kesalahan karena mengambil dari istilah error, untuk itu diharapkan Anda tidak perlu bingung. Karena kita tidak mengetahui nilai benar tersebut, maka hasil ukur yang kita peroleh harus dinyatakan dalam bentuk interval hasil pengukuran. Dengan pengertian ini, maka dalam mengukur tegangan misalnya, hasilnya dinyatakan dengan $1{,}5 \leq V \leq 1{,}6$ volt atau $V = (1{,}4 \pm 0{,}1)$ volt. Nilai benar pengukuran tentu saja berada di dalam rentang hasil pengukuran ini. Karena sebuah rentang nilai pengukuran sekaligus menyatakan ketidakpastian (uncertainty) hasil ukur, maka pengertian ralat sering tidak dibedakan dengan pengertian ketidakpastian untuk menunjukkan deviasi pengukuran terhadap nilai benar.

Sebagai contoh, sebuah pengukuran tegangan dituliskan hasilnya dengan $V = (10{,}5 \pm 0{,}5)$ volt, artinya alat ukur kita menunjukkan hasil baca 10,5 volt dengan ketidakpastian/ralat pengukuran 0,5 volt, sedangkan nilai benar kita berada dalam selang nilai $(10{,}5 - 0{,}5 = 10{,}0)$ volt sampai dengan $(10{,}5 + 0{,}5 = 11{,}0)$ volt. Selanjutnya untuk lebih jelasnya pada Kegiatan Belajar 2 akan kita bahas hal ini lebih detail bagaimana kita menentukan ketidakpastian. Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi (accuracy) yang baik, yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil. Dapat juga dipahami sebagai seberapa dekat hasil ukur dengan nilai benarnya. Dalam hal ini sebelum sebuah alat ukur digunakan, harus dipastikan bahwa kondisi alat benar-benar baik dan layak untuk digunakan, yaitu alat dalam keadaan terkalibrasi dengan baik. Kalibrasi yang buruk akan menyebabkan ketidakpastian hasil ukur menjadi besar.

Alat ukur perlu diteliti kalibrasinya sebelum dipergunakan agar hasil ukurnya dapat dipercaya. Termasuk kalibrasi adalah selalu menempatkan jarum penunjuk pada titik nol yang sesungguhnya, saat alat akan digunakan. Sering pada alat ukur, jarum penunjuk tidak berada pada titik nol yang semestinya sehingga saat digunakan nilai baca selalu lebih besar atau lebih kecil dari yang seharusnya, sehingga menyumbang apa yang disebut ralat sistematis. Secara umum pengertian kalibrasi di sini adalah membandingkan alat ukur Anda dengan referensi. Referensi (standar) yang digunakan untuk mengkalibrasi alat ukur Anda dapat ditempuh dengan beberapa tahap yaitu dengan tahapan standar primer, standar sekunder, maupun dengan standar lain yang diketahui.

Biasanya apabila standar primer tidak dapat Anda temukan, maka Anda dapat menggunakan standar sekunder berupa alat ukur lain yang Anda yakini mempunyai akurasi yang lebih baik. Sebagai contoh voltmeter Anda pada waktu digunakan menunjukkan pembacaan 4,5 volt sedangkan alat lain yang Anda yakini akurasinya (standar sekunder) menghasilkan nilai 4,4 volt. Dengan ini berarti voltmeter Anda dapat di kalibrasi 0,1 volt lebih kecil. Apabila standar sekunder juga tidak dapat Anda peroleh, Anda dapat menggunakan acuan lain, misalnya nilai hasil perhitungan teoritik.

Sebuah alat ukur dikatakan presisi (precssion) jika untuk pengukuran besaran fisis tertentu yang diulang, maka alat ukur tersebut mampu menghasilkan hasil ukur yang sama seperti sebelumnya. Sebagai contoh jika pengukuran tegangan dengan voltmeter menghasilkan 5,61 volt (tanpa ralat), maka jika pengukuran diulang beberapa kali kemudian tetap menghasilkan pembacaan 5,61 volt kita mengatakan bahwa alat tersebut sangat presisi. Oleh karena itu sifat presisi sebuah alat ukur bergantung pada resolusi dan stabilitas alat ukur.

Hasil Pengukuran

Telah disepakati bahwa sebuah pengukuran akan selalu menghasilkan dan disertai dengan ketidakpastian. Ketidakpastian ini menyatakan seberapa besar simpangan hasil ukur dari nilai benar yang seharusnya. Apabila sebuah variabel fisis dinyatakan dengan x dan ketidakpastian pengukuran dengan Δx, maka hasil sebuah pengukuran variabel harus dituliskan dengan cara:

$$x = (x_{terbaik} \pm \Delta x) \qquad 3.1$$

$x_{terbaik}$ adalah hasil ukur yang terbaca pada alat. Jika kita melakukan pengukuran secara berulang-ulang untuk x, maka dari teori statistik $x_{terbaik}$ adalah rata-rata pengukuran yaitu:

$$x_{terbaik} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \qquad 3.2$$

Oleh karena itu hasil pengukuran berulang sebuah variabel fisis dapat kita laporkan dengan cara:

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x)\text{satuan} \qquad 3.3$$

Melaporkan hasil pengukuran dengan cara ini disebut penulisan dalam bentuk ralat mutlak (Δx). Ketidakpastian mutlak seperti telah kita singgung yaitu:“Makin kecil ketidakpastian mutlak (Δx) yang dapat dicapai, maka makin tepat hasil pengukuran yang dilakukan”. Pengukuran tegangan V= (10,50 ± 0,05) mV adalah pengukuran yang mempunyai ketepatan lebih tinggi daripada V= (10,5 ± 0,5) mV. Sering juga dalam sebuah pengukuran bahwa untuk melaporkan hasil akan lebih informatif jika kita menyatakan ketidakpastian dalam bentuk prosentase. Dengan penulisan ini, maka selain pembaca dapat mengetahui hasil ukur kualitas dari pengukuran yang Anda lakukan. Penulisan dengan cara ini disebut dalam bentuk ralat relatif dan dinyatakan dengan

$$x = \left(\bar{x}\ satuan \pm \frac{\Delta x}{\bar{x}}.100\%\right) \qquad 3.4$$

Contoh:

Sebuah pengukuran panjang menghasilkan x = ± (1,25 0,01) cm. Nyatakanhasilnya dalam bentuk ketidakpastian relatif!

Penyelesaian:

$$\Delta x\% = \frac{0{,}01}{1{,}25}.100\% = 0{,}8\ \% = 1\ \%\ sehingga\ x = (1{,}25\ cm \pm 1\%)$$

Mengapa dibulatkan menjadi 1%?, Anda akan dapat mengetahui jawabannya pada ulasan selanjutnya. Ketidakpastian relatif terkait erat dengan ketelitian pengukuran, yaitu dapat kita nyatakan bahwa semakin kecil ketidakpastian relatif, maka semakin tinggi ketelitian pengukuran tersebut.

Sebagai contoh, pada pengukuran tegangan dengan voltmeter dihasilkan V_1 = (5,00 ± 0,05) volt. Kemudian alat digunakan untuk mengukur tegangan yang lebih besar dihasilkan V_2 = (20,00 ± 0,05) volt. Kita lihat untuk kedua hasil, maka ketidakpastian mutlak adalah sama yaitu ΔV= 0,05 volt. Namun demikian ketidak-pastian relatifnya berbeda, yaitu masing-masing dengan

$$\Delta V_1\% = \frac{0{,}05}{5{,}00}.100\% = 1\ \% \quad dan \quad \Delta V_2\% = \frac{0{,}05}{20{,}00}.100\% = 0{,}25\ \%$$

Kesimpulan dari kedua hasil adalah bahwa pengukuran kedua lebih teliti dari pada pengukuran yang pertama sebab ketidakpastian relatifnya lebih kecil. Untuk dapat menghasilkan ketelitian yang sama maka untuk hasil pertama haruslah

$$\Delta V_1\% = 0{,}25\,\% \,.\, V_1 = 0{,}25\,\% \,.\, 5{,}00 = 0{,}0125\,volt = \frac{1}{80}volt$$

Jika ketidakpastian pengukuran di atas adalah ralat ½ skala terkecil, maka berarti skala terkecil alat ukur (voltmeter) yang Anda perlukan agar diperoleh ketelitian hasil yang sama dengan pengukuran V_2 adalah $\frac{1}{40}$ volt. Dengan kata lain Anda memerlukan alat ukur yang lebih teliti.

Aturan yang digunakan untuk melaporkan hasil pengukuran ini juga harus memperhatikan pernyataan berikut. Jika melaporkan hasil pengukuranbesaran fisis, maka nilai terbaik $\bar{x}$ harus mempunyai jumlah digit dibelakang tanda desimal (koma) yang sama dengan ketidakpastian Δx . **Sebagai contoh**, sebuah pengukuran percepatan gravitasi bumi dilaporkan g = (9,80146 ± 0,00001) m/s^2. Mengapa demikian? Coba perhatikan contoh berikut. Misalkan kita mempunyai V_1 = 4,5 volt bila diukur dengan voltmeter dengan skala terkecil 1 volt, sedangkan yang lain V_2= 4,50 volt dengan voltmeter skala terkecil 1 mV. Apakah kedua hasil menunjukkan ketelitian yang sama? Jelas tidak. Pengukuran V_1 = 4,5 volt memberi gambaran bahwa angka 4 adalah angka pasti karena skala terkecil 1 volt sedang angka 5 adalah angka yang meragukan karena alat tidak mempunyai skala kurang dari 1 volt. Oleh karena itu dengan voltmeter pertama kita hanya diijinkan menampilkan hasil kita sampai satu angka di belakang koma (satu angka yang paling meragukan). Sebaliknya hasil pengukuran kedua V_2 = 4,50 volt angka 4 dan 5 adalah angka pasti karena skala terkecil alat adalah 1 mV, sedang angka 0 adalah angka yang meragukan. Oleh karena itu jumlah digit di belakang koma memberi informasi seberapa teliti sebuah pengukuran dapat dicapai. Banyaknya digit angka penting (*significant figure*). Pada V_1 mengandung dua angka penting yaitu 4 dan 5 sedangkan pada V_2 mengandung tiga angka penting yaitu 4, 5dan 0.

Demikian juga telah disampaikan di atas bahwa ketidakpastian pengukuran juga memberi informasi sampai seberapa telitipengukuran yang dilakukan. Oleh karena itu sesuai aturan di atas, makajumlah digit di belakang koma untuk x harus sama dengan Δx . Dengan demikian kita dapat mengambil kesimpulan bahwa: semakin tinggi ketelitian pengukuran, maka semakin banyak jumlah angka penting yang dapat kitaikutsertakan dalam melaporkan hasil.

Seperti disampaikan di atas cara lain untuk melaporkan hasil adalah dalam bentuk ketidakpastian relatif. Ketidakpastian $\frac{\Delta x}{\bar{x}}$. 100% = 1% berarti sebanding dengan ketidakpastian mutlak Δx = 0,01 $\bar{x}$. Oleh karena itu jika sebuah pengukuran dinyatakan dengan $x = \left(\frac{22}{7}\ satuan\ \pm 1\%\right)$, maka artinya adalah x = (3,14285 … ± 0,0314285..). Namun demikian 1% = 1/100 = 0,01 berarti ketelitian pengukuran hanyalah sampai dua angka di belakang koma. Oleh karena itu, $x = \left(\frac{22}{7}\ satuan\ \pm 1\%\right) = (3{,}14\ \pm 0{,}03) satuan$.. Penulisan ini sekaligus memenuhi aturan melaporkan hasil ukur di atas yaitu banyaknya angka di belakang koma haruslah sama. Sebaliknya dengan ketelitian 10% yaitu $x = \left(\frac{22}{7}\ satuan\ \pm 10\%\right)$ maka berarti 10% = 10/100 = 0,1 hanya mengijinkan satu angka di belakang koma, yaitu x = (3,1 ± 0,3) satuan.

Dengan demikian kita dapat mengambil kesimpulan berikut.

1. Ketelitian 1% memberi hak untuk menuliskan sampai dua angka di belakang koma.
2. Ketelitian 10% memberi hak untuk menuliskan sampai satu angka di belakang koma.
3. Ketelitian $1{}^{o}/_{oo}$ memberi hak untuk menuliskan sampai tiga angka di belakang koma.

Kesimpulan ini sekaligus menerangkan mengapa pada contoh sebelumnya 0,8% dibulatkan menjadi 1%.

Contoh:

Sebuah pengukuran besarnya tahanan sebuah resistor diperoleh R =100Ω ± 1%. Nyatakan hasil ini dalam bentuk ketidakpastian/ralat mutlak!

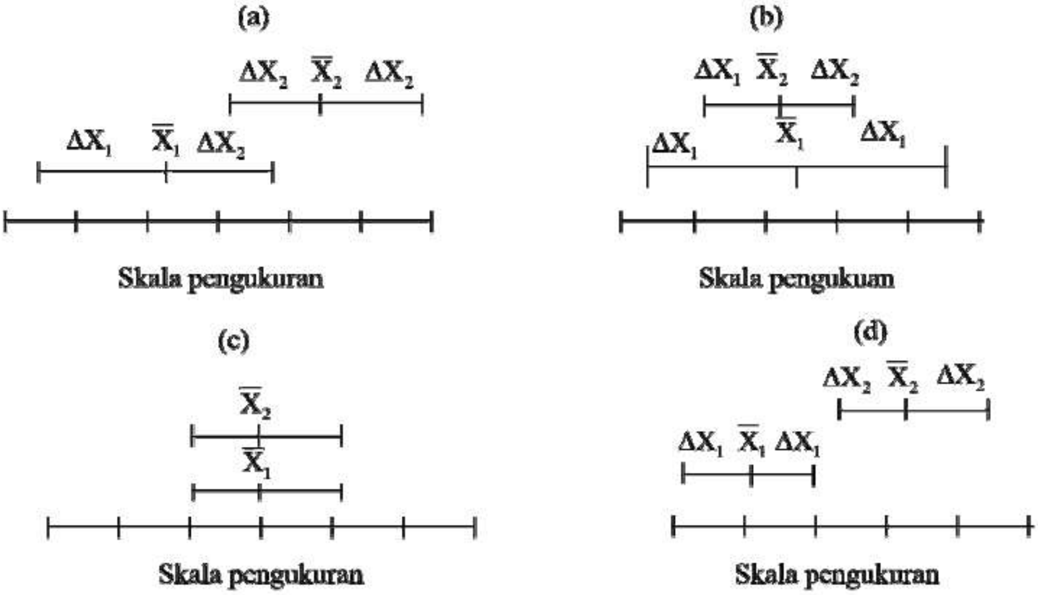
Penyelesaian:

$\%\Delta R = \frac{\Delta R}{R} x\ 100\% = 1\%$ $\frac{\Delta R}{R} = 0.01\ \rightarrow \Delta R = 0{,}01R = 0{,}01x100 = 1{,}00$

Jadi R =(100,00 ± 1,00) Ω

Pada contoh perhitungan di atas kita sudah melibatkan konsep pembulatan bilangan. Selanjutnya bagaimana hasil ukur Anda dapat dipercaya? Artinya apakah hasil Anda sudah cukup baik? Tujuan utama eksperimen harus melakukan pengukuran yang kemudian hasilnya dapat dibandingkan dengan nilai yang lain, baik standar atau bukan sebagai acuan. Untuk dapat menarik kesimpulan pada hasil pengukuran Anda, maka aturanaturan berikut ini dapat diterapkan: Dua buah hasil pengukuran dikatakan sesuai satu sama lain jika keduanya mempunyai interval ketidakpastian yang berimpit (*overlap*).

Kita dapat menyatakan dalam bentuk Gambar 3.1 berikut ini untuk empat buah kondisi



Gambar 3.1 Tumpang tindih dua buah hasil pengukuran

Pada kasus kita ini, maka pengukuran (a), (b), (c), dikatakan sesuai, karena interval pengukuran antara pengukuran X1 dengan ketidakpastian ΔX_1 dan X_2 dengan ketidakpastian ΔX_2 sebagai data pembanding, saling berimpit. Interval pengukuran (ketidakpastian) dinyatakan dalam $(\bar{x} + \Delta x)$ sampai $(\bar{x} - \Delta x)$. Tumpang tindih (overlap) dapat bersifat total seperti gambar (c) atau parsial seperti (a),(b). Pada kasus (d) pengukuran tidak dapat diterima tidak ada kesesuaian antara hasil ukur X_1 dengan data pembanding X_2, tidak ada tumpang-tindih (*overlap*). Dalam hal ini untuk mengetahui ukuran penyimpangan jika kedua pengukuran berbeda (tumpang tindih parsial), maka dapat kita hitung besarnya diskrepansi (*discrepancy*) Z sebagai berikut.

Diskrepansi Z antara dua buah nilai besaran fisis yang sama ($\bar{X} \pm \Delta X$) dan ($\bar{Y} \pm \Delta Y$) , dengan Y sebagai acuan adalah

$$Z = \left(\frac{\bar{X}-\bar{Y}}{Y}\right) 100\% \qquad 3.5$$

Oleh karena itu bila diskrepansi hasil ukur sangat kecil, maka kita dapat mengambil kesimpulan bahwa hasil ukur kita sangat baik. Akurasi menggambarkan seberapa baik (kualitas) pengukuran kita terhadap pengukuran standar, sedangkan nilai diskrepansi menyatakan ukuran kuantitas dari pengukuran yang dilakukan.

Contoh:

Dalam pengukuran tegangan, dua buah pengukuran menggunakan voltmeter yang berbeda menghasilkan V_1 = (60,1 ± 0,7) volt dan V_2 = (59,7 ± 0,9) volt. Berapakah diskrepansi Z jika V_1 dianggap sebagai acuan?

Penyelesaian:

$$Z = \left|\frac{V_2 - V_1}{V_1}\right| 100\% = \left|\frac{59{,}7 - 60{,}1}{60{,}1}\right| 100\% = 0{,}67\%$$

Kita lihat lebih detail di sini interval nilai V_2 adalah (58,8 sampai dengan 60,6) volt sedang V_1 adalah (59,4 sampai dengan 60,8) volt. Jadi kedua pengukuran berimpit atau sesuai. Dari sini, maka terlihat betapa pentingnya ralat/ketidakpastian. Diskrepansi 0,67% memperlihatkan hasil cukup baik.

Contoh:

Sebuah resistor nilainya diketahui R_2= (700Ω+ 5%) kemudian diukur dengan suatu alat diperoleh R_1 = (690 ± 5)Ω. Berapakah diskrepansi dari hasil pengukuran tersebut?

Penyelesaian:

R_1 = (690 ± 5)Ω

R_2= (700Ω+ 5%) (pembanding/acuan)

Untuk $\mathrm{R}_2 \colon \frac{\Delta \mathrm{R}_2}{\mathrm{R}_2} 100\% = 5\%$ atau $\mathrm{R}_2 = 0{,}05\ \ \mathrm{R}_2 = 0{,}05\,.700 = 35\Omega$

R_2= (700+ 35) Ω

Kita dapat menghitung besarnya diskrepansinya yaitu:

$$Z_R = \left|\frac{690 - 700}{700}\right| 100\% = \left|\frac{10}{700}\right| 100\% = 1{,}42\%$$

Rangkuman

1. Ketidakpastian pengukuran adalah suatu parameter yang berhubungan dengan hasil pengukuran yang mengkarakteristikan (memberikan sifat) penyebaran nilai-nilai layak yang dikaitkan pada besaran ukur.

2. Pengukuran, kegiatan menentukan nilai kuantitas tertentu. Definisi pengukuran adalah penentuan besaran, dimensi, atau kapasitas, biasanya terhadap suatu standar atau satuan ukur. Selain itu, pengukuran juga dapat diartikan sebagai pemberian angka terhadap suatu atribut atau karakteristik tertentu yang dimiliki oleh seseorang, hal, atau objek tertentu menurut aturan atau formulasi yang jelas dan disepakati.
3. Kesalahan pengukuran, Kesalahan muncul karena ketidaktepatan dalam pengukuran, Kesalahan juga mungkin disebabkan kondisi lingkungan, dan proses pengukuran. Kesalahan Palsu, Kesalahan palsu adalah karena kesalahan oleh pengamat, gangguan fungsi instrumen dan ini membatalkan pengamatan. Pengamatan dengan kesalahan tersebut tidak untuk dimasukkan dalam analisis statistik.

Latihan

1. Tuliskanlah hasil sebuah pengukuran bila menghasilkan nilai terbaik 92,81 satuan dengan ketidakpastian:
   a. 0,3 satuan.
   b. 3 satuan
   c. 30 satuan
   d. Buktikan bahwa besaran usaha (W) memiliki kesetaraan dengan besaran energi kinetik (Ek)?
2. Sebuah pengukuran panjang menghasilkan nilai terbaik 27,6 cm. Apakah makna dari pengukuran hasil ini?

Evaluasi Pembelajaran

1. Dengan penimbangan, pemanasan untuk mengeluarkan air, dan kemudian menimbang lagi, seorang murid menentukan persentase air di dalam hidrat dari SrCl2 sebanyak 40.8%. Berapa persen ralatnya jika rumus ikatan kimia sesungguhnya adalah $SrCl_2 .6H_2O$?!

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.

3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 2: Taksiran Ralat

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa dapat menetukan taksiran ralaat dari pengukuran langsung.
b. Mahasiswa dapat menetukan taksiran ralaat dari pengukuran tak langsung

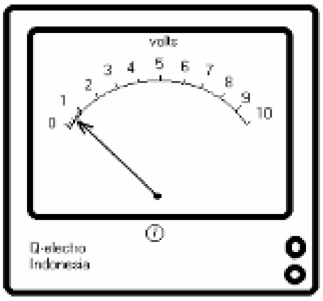
Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Sampai sekarang kita belum sampai pada bagaimana cara menentukan ketidakpastian itu sendiri. Pada dasarnya ada dua cara untuk menentukan ketidakpastian, yaitu ralat untuk pengukuran langsung dan ralat untuk pengukuran tak langsung, yaitu untuk besaran fisis yang dihitung:

1. Ralat Pengukuran Langsung

Apabila nilai besaran fisis dapat diukur langsung, maka ketidakpastian hasil ukur dapat kita dapatkan dengan dua cara yaitu ketidakpastian ½ skala terkecil alat, dan ralat deviasi standar.

Sering karena keterbatasan waktu atau alat ukur, atau kita sudah yakin alat mempunyai akurasi yang sangat baik, maka kita hanya melakukan sekali saja (pengukuran tunggal). Jika demikian kita dapat menaksir ralat berdasarkan ½ skala terkecil alat. Misalnya, voltmeter mempunyai skala terkecil 2 mV (lihat Gambar 1.3), maka Anda dapat mengambil besarnya ralat 1 mV, yaitu ½ (2 mV). Jadi hasil ukur misalnya dinyatakan dengan V=(6,1±1,0) mV.



Gambar 3.2 Pembacaan skala pada voltmeter dengan skala terkecil mV

Untuk mengurangi kontribusi dari efek ralat acak kita biasanya melakukan pengukuran berulang-ulang. Ketidakpastian yang diperoleh jika kita merata-rata hasil ukur dalam teknik statistik disebut *deviasi standar*.

Misalnya ada N buah pengukuran untuk besaran fisis X_1, X_2, X_3, …,X_N, maka rata-rata pengukuran yang kita anggap hasil ukur terbaik adalah

$$\overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i \qquad 3.6$$

Ketidakpastian untuk metode ini adalah ralat deviasi standar dengan rumus:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}} \qquad 3.7$$

Dengan ralat deviasi standar, maka hasil ukur dapat kita laporkan dengan:

$$X = (\bar{X} \pm \hat{\sigma})satuan \qquad 3.8$$

Rumus deviasi standar (3.7) di atas secara statistik digunakan jika jumlah data cukup kecil yaitu kurang dari 20 buah titik data (20 buah pengukuran pengambilan data), sehingga rumus deviasi standar di atas disebut deviasi standar sampel (*sample standart deviation*). Kemudian jika kita dapat mengumpulkan data yang lebih banyak sehingga kita gunakan deviasi standar biasa, yaitu:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \bar{X})^2}{(N)}} \qquad 3.9$$

Persamaan (3,7) dan (3.9) dapat dinyatakan dalam bentuk lain yaitu,

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{N(\sum_{i=1}^{N} {X_i}^2) - (\sum_{i=1}^{N} X_i)^2}{N(N-1)}} \qquad 3.10$$

dan

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{N(\sum_{i=1}^{N} {X_i}^2) - (\sum_{i=1}^{N} X_i)^2}{N^2}} \qquad 3.11$$

Contoh:
Sebuah pengukuran tegangan menghasilkan data-data sebagai berikut:

10,1 V; 10,2 V; 9,9 V; 10,0 V; 9,8 V; 9,7 V; 9,8 V; 10,5 V; 10,4 V.

Hitunglah deviasi standar sampel tersebut!
Penyelesaian:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{9(\sum_{i=1}^{9} V^2) - (\sum_{i=1}^{9} V_i)^2}{9(9-1)}}$$

$(\sum_{i=1}^{9} V_i)$ = 10,1 + 10,2 + 9,9 + 10,0 + 9,8 + 9,7 + 9,8 + 10,5 + 10,4 = 90,4

$(\sum_{i=1}^{9} V_i)^2$ = 8172,16
$(\sum_{i=1}^{9} V^2)$ = (10,1)2 + (10,2)2 + (9,9)2 + (10,0) 2 + (9,8) 2 + (9,7) 2 + (9,8) 2 + (10,5) 2 + (10,4) 2
= 102,01 + 104,04 + 98,01 + 100 + 96,04 + 94,09 + 96,04 +110,25 + 108,16
= 908,64

Sehingga ketidakpastian pengukuran adalah $\hat{\sigma}$ = 0.3 volt. Hasil pengukuran selanjutnya dapat kita nyatakan dengan V = (10,0 ± 0,3) volt.

2. Ralat Pengukuran Tak Langsung

Sering kali kita perlu mengetahui nilai besaran fisis dari rumus yang ada, tidak dengan mengukur langsung. Bila cara ini yang ditempuh, maka ketidakpastian dapat diperoleh melalui metode perambatan ralat (*error propagation*). Jika F = F(x_1, x_2, x_3, …,x_n) adalah fungsi sembarang, dengan x_i adalah variabel fisis sembarang dalam fungsi F dengan ketidakpastian masing-masing Δx_i , maka ΔF dapat diperoleh dari salah satu dari tiga cara berikut.

a. Δx_i adalah ralat ½ skala terkecil alat maka ΔF

$$\Delta F = \left|\frac{\partial F}{\partial x_1}\right| \Delta x_1 + \left|\frac{\partial F}{\partial x_2}\right| \Delta x_2 + \left|\frac{\partial F}{\partial x_3}\right| \Delta x_3 + \cdots + \left|\frac{\partial F}{\partial x_n}\right| \Delta x_n \qquad 3.12$$

Jadi ΔF adalah jumlah hasil kali diferensial parsial dan ketidakpastian untuk masing-masing variabel bebas dalam fungsi F.

Contoh:

Bila V= (V_0 ± ΔV_0) Volt, I = (I_0 ± ΔI_0) A, maka dengan tahanan R = V/I carilah ΔR?

Penyelesaian :

$$R = R(V, I)\ ; \ \frac{\partial R}{\partial V} = I_0^{-1} \quad , \qquad \frac{\partial R}{\partial I} = V_0 I_0^{-2}$$

$$\Delta R = \left|\frac{\partial R}{\partial V}\right| \Delta V_0 + \left|\frac{\partial R}{\partial I}\right| \Delta I_0 = \frac{\Delta V_0}{I_0} + \frac{V_0 \Delta I_0}{I_0^2}$$

Dapat kita sederhanakan menjadi $\Delta R = R\left(\frac{\Delta V_0}{V_0} + \frac{\Delta I_0}{I_0}\right)$ dengan $R = \frac{V_0}{I_0}$

b. Δx_i adalah ralat yang diperoleh dari deviasi standar

$$\Delta F = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 F}{\partial X_1}\right)^2 \Delta X_1^2 + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial X_2}\right)^2 \Delta X_2^2 + \cdots + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial X_n}\right)^2 \Delta X_n^2} \qquad 3.13$$

Contoh:
Soal seperti contoh di atas, bila ΔV_0 dan ΔI_0 adalah ralat deviasi standar, maka ΔR dapat dicari dengan cara:

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial V}\right)^2 \Delta V_0 + \left(\frac{\partial R}{\partial I}\right)^2 \Delta I_0}$$

Bila kita masukkan nilai diferensial dan dengan menyederhanakannya, maka kita peroleh:

$$\Delta R = R\sqrt{\left(\frac{\Delta V_0}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2}$$

c. F = F(x,y), $X = \bar{X} \pm \Delta X$, $Y = \bar{Y} \pm \Delta Y$ dengan ΔX adalah ralat ½ skala terkecil alat, ΔY adalah ralat deviasi standar, maka ΔF dapat dicari dengan

$$\Delta F = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial X}\right)^2 (0{,}68)^2\,(\Delta X)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial Y}\right)^2 (\Delta Y)^2}$$

Contoh:
Bila soal seperti contoh di atas kita kerjakan untuk ΔV_o ralat ½ skala terkecil alat, ΔI_o ralat dengan deviasi standar, maka

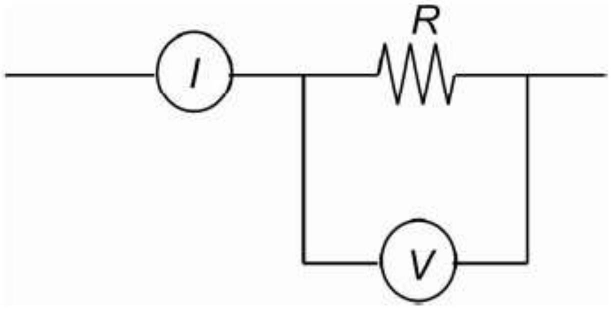
$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial V}\right)^2 (0{,}68)^2\,(\Delta V_0)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial I}\right)^2 (\Delta I_0)^2}$$

Jika disederhanakan, maka dapat kita nyatakan:

$$\Delta R = R\sqrt{(0{,}68)^2\left(\frac{\Delta V_0}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2}$$

SELEKSI METODE PENGUKURAN

Penerapan konsep ketidakpastian juga dapat digunakan untuk menyeleksi apakah suatu metode pengukuran baik digunakan atau harus menggunakan metode lain yang lebih baik. Ukuran baik di sini, tentu saja yang utama adalah menghasilkan ketidakpastian yang kecil. Kita tinjau kasus seperti penerapan hukum Ohm. Pada Gambar 3.2 di bawah ini adalah suatu pengukuran besarnya daya disipasi dalam rangkaian.



Gambar 3.3 Pengukuran tegangan V yang melalui hambatan R

Misalnya untuk menelaah secara kuantitatif diberikan harga-harga R=10Ω±1%. V=100V±1%, I=10A±1%. Pilihan untuk menghitung daya disipasi dapat ditempuh dengan menggunakan dua rumus yaitu:

$$(a).\qquad P = \frac{V^2}{R} \qquad dan \qquad (b).\qquad P = IV$$

Marilah kita evaluasi untuk kasus (a) yaitu $P = \frac{V^2}{R}$ terlebih dahulu dengan semua ralat adalah ralat deviasi standar.

$$\frac{\partial P}{\partial V} = \frac{2V}{R}\ ,\ \frac{\partial P}{\partial R} = \frac{-V^2}{R^2}\quad ,\ P = \frac{V^2}{R}$$

$$\Delta P = \left|\frac{2V}{R}\right|\Delta V_0 + \left|\frac{-V^2}{R^2}\right|\Delta R_0 = P\left(\frac{2\Delta V_0}{V_0} - \frac{\Delta R_0}{R_0}\right)$$

$$\Delta P = \left[\left(\frac{2V}{R}\right)^2(\Delta V) + \left(\frac{-V^2}{R^2}\right)^2(\Delta R)\right]^{1/2}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \left[\left(\frac{2\Delta V_0}{V_0}\right)^2 - \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)^2\right]^{1/2} = [4(0{,}01)^2 - (0{,}01)^2]^{1/2} = 1{,}732\%$$

Kasus kedua (b) dengan $P = I\,V$

$$\frac{\partial P}{\partial V} = I\ ,\ \frac{\partial P}{\partial I} = V\quad ,\ \frac{\Delta P}{P} = \left[\left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} = [(0{,}01)^2 + (0{,}01)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1{,}414\%$$

Oleh karena itu kita menyimpulkan bahwa metode kedua $P=I\ V$ lebih baik untuk menghitung besarnya daya disipasi daripada metode pertama.

Rangkuman

1. Pengukuran dapat dilakukan secara langsung, misalnya seperti mengukur panjang menggunakan penggaris atau meteran. Tetapi pengukuran juga dapat dilakukan secara tak langsung, yaitu mengukur sesuatu dengan mengukur besaran yang lain, lalu dihitung hal yang ingin kita ketahui melalui besaran lain yang diukur tersebut.
2. Pengukuran tidak langsung yaitu pengukuran terhadap objek yang dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis alat ukur / pembanding. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran alat ukur standar. Digunakan dua alat ukur karena alat ukur pembanding biasanya memiliki kecermatan yang lebih tinggi sedangkan alat ukur standar memiliki kualitas yang dapat diandalkan.
3. Penerapan konsep ketidakpastian juga dapat digunakan untuk menyeleksi apakah suatu metode pengukuran baik digunakan atau harus menggunakan metode lain yang lebih baik. Ukuran baik di sini, tentu saja yang utama adalah menghasilkan ketidakpastian yang kecil..

Latihan

1. Bila diketahui pengukuran massa jenis suatu bahan $m= (m_0 \pm \Delta m_0)$ kg, $V = (V_0 \pm \Delta V_0)\ m^3$, maka dengan tahanan $\rho = m/V$ carilah $\Delta\rho$?

Evaluasi Pembelajaran

1. Bila diketahui perhitungan energi kinetik $Ek = ½\ mv^2$ carilah ΔEk?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.

5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 3: Ralat Grafik

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa dapat menetukan Ralat Grafik dari pengukuran langsung.
b. Mahasiswa dapat menetukan taksiran ralat grafik dari pengukuran tak langsung

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

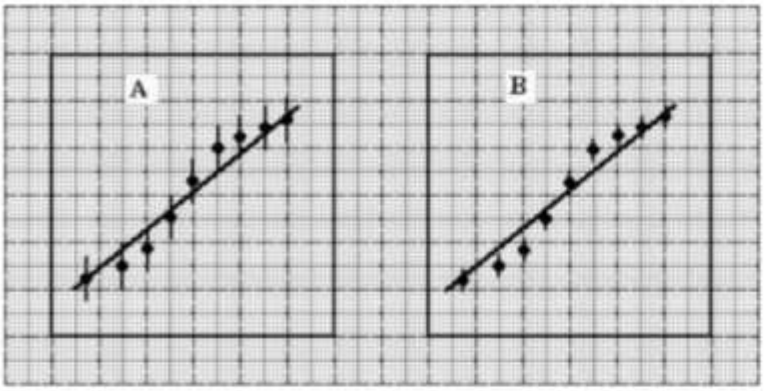
Ralat Grafik

Grafik analisa merupakan grafik yang terbentuk dari hasil olahan data pengamatan, kemudian diplot sesuai dengan sumbu-sumbu yang dikehendaki yang akan menjadi dasar untuk menghitung/ menganalisa data. Grafik analisa biasanya mempunyai fungsi (persamaan) teori; sehingga dalam penarikan garis data pada grafik sudah mempunyai bentuk kurva tertentu, missal linear atau lainnya. Akan tetapi bentuk garis linear lebih memberikan banyak informasi analisis, sehingga ketika persamaan teori bukan persamaan linear, perlu dilakukan pe-linearan terlebih dahulu dalam penggambaran grafik analisa.

Kenapa garis linear lebih baik dibanding model grafik lainnya, hal ini karena garis linear lebih mudah dilihat secara visual (tepat/menyimpang); juga garis linear mempunyai besaran-besaran grafik paling komplit dan mudah dihitung. Besaran-besaran garfik yang ada pada garis linear berupa titik potong dan gradient grafik; besaran-besaran inilah yang digunakan sebagai dasar analisa untuk menghitung besaran fisis yang dikehendaki dalam pengamatan

Ralat Grafik

Ralat grafik adalah ralat yang menyangkut nilai dari besaran-besaran grafik yaitu gradient dan titik potongnya. Jadi ralat grafik sama dengan ralat dari gradient grafik dan ralat titik potong grafik. Kenapa timbul ralat grafik? Jawabnya ya mesti ada ralat grafik, bukankah garis grafik terbentuk dari pasangan data pengamatan, sedangkan kita telah bahas panjang lebar tentang ralat data pengamatan, sehingga logika mengakatan bahwa kalau titik-titik data grafik mempunyai ralat maka garis grafik yang terbentuk dari titiktitik tersebut pasti ber-ralat. Perhatikan beberapa ilustrasi berikut, bahwa titik data yang ber-ralat akan memberikan dampak terhadap garis grafik yang terbentuk dari titik-titik tersebut

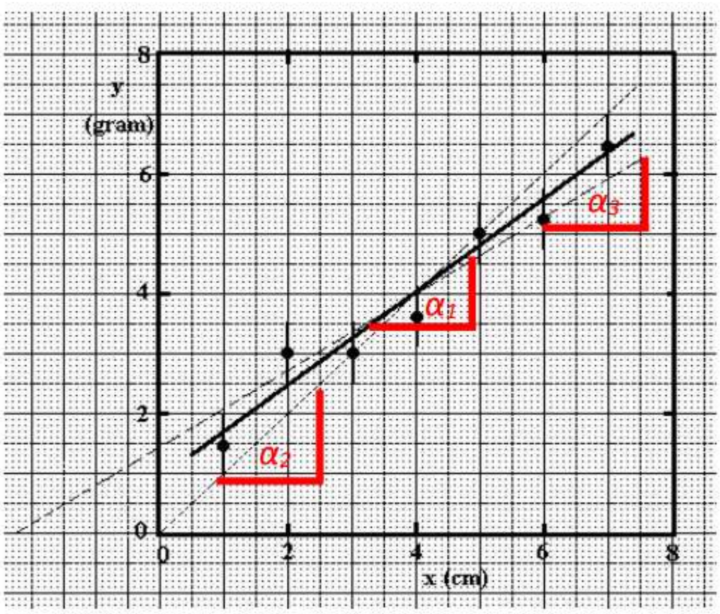


Gambar 3.4 Ralat Grafik

Pada gambar-A: ralat titik-titik data pada grafik cukup jelas tergambar dikarenakan nilai ralatnya cukup besar sehingga secara keseluruhan fluktuasi titik tidak kelihatan pada garis grafik, namun lain dengan gambar-B: karena ralat titik-titik data kecil sehingga fluktuasi data secara signifikan jelas terlihat pada garis grafik yang diambil. Karena garis grafik terbentuk dari alur titik-titik data, sedangkan titik-titik data mempunyai ralat maka logika kita akan mengatakan bahwa garis grafik yang terbentuk juga akan menyimpang (ber-ralat). Titik data yang ber-ralat digambarkan dengan suatu titik yang mempunyai batang (lihat gambar), sehingga titik tersebut dapat dipandang sebagai sebuah titik yang nilainya terbentang antara

nilai (max-min)

Akibat dari titik data yang secara visual pada grafik digambarkan sebagai titik yang bernilai max-min, maka garis grafik yang dihasilkan juga garis-max dan garis-min.



Gambar 3.5 Garis Max-min pada Grafik

Nilai kemiringan rat-rata adalah

$$\alpha_{rata-rata} = \frac{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3}{3} \qquad 3.14$$

Nilai ralatnya

$$\Delta\alpha_1 = |\alpha_1 - \alpha_2| \quad dan \quad \Delta\alpha_2 = |\alpha_1 - \alpha_3| \qquad 3.15$$

Sehingga diperoleh

$$\Delta\alpha = \frac{|\Delta\alpha_1+\Delta\alpha_2|}{2} \qquad 3.16$$

Jika yang ingin dicari adalah titik potong dengan sumbu y, atau konstanta c dari persamaan :

$$y = mx + c$$

Maka plot confidence bands dan linear fit hingga memotong sumbu y, sehingga diperoleh persamaan:

$$c_{rata-rata} = \frac{c_1+c+c_3}{3} \qquad 3.17$$

Nilai ralatnya adalah

$$\Delta c_1 = |c_1 - c_2| \quad dan \quad \Delta c_2 = |c_1 - c_3| \qquad 3.18$$

Sehingga diperoleh

$$\Delta c = \frac{|\Delta c_1+\Delta c_2|}{2} \qquad 3.19$$

Sehingga persamaan y-mx+c menjadi

$$y = (m \pm \Delta m)x + (c \pm \Delta c) \qquad 3.20$$

Dalam grafik berbentuk garis lurus, hampir dalam semua keadaan, anda berkepentingan memperoleh kemiringan (gradient) dan perpotongan dengan sumbu-sumbu koordinat. Juga ada baiknya anda memberikan perkiraan ralat dari dua atau tiga besaran tersebut. Suatu cara yang sederhana dan cepat ialah menarik garis ekstrim (garis batas) melalui "pusat berat" (*center of gravity*) dari titik-titik data. Jika semua ralat pada titik data sama besar, maka "pusat berat" ini terletak di sekitar tengah-tengah, jika ralat tidak sama besar, maka pusat berat ini tergeser ke arah titik-titik dengan ralat terkecil. Kemiringan dan perpotongan dapat ditentukan secara grafis dari dua ekstrim ini. “Garis terbaik“ terletak kira-kira di tengahtengah dua ekstrim ini.

Metode Regresi Linear

Metode regresi linear sering digunakan dalam analisa data hasil eksperimen dalam segala kasus, bahkan apabila fenomena yang muncul tidak linear maka dalam analisa data dilinearkan dahulu kemudian dianalisa dengan metode linear. (Dilakukan proses pelinearan terlebih dahulu sebelum di aplikasikan pada metode regresi linear).

Contoh sederhana misalnya pada kasus osilasi bandul matematis, sebagai dasar teori diberikan persamaan pendekatan:

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right) l$$

Secara teori hubungan T^2 fungsi l merupakan hubungan yang linear, artinya berapa pun nilai l akan memberikan fenomena linear pada nilai T^2. Padahal bila diamati betul pada eksperimen tidak semua variasi l akan memberikan nilai T^2 yang memberikan hubungan linear, hal ini bisa terjadi karena sifat fisis ayunan yang akan dipenuhi untuk panjang tali tertentu (terlalu panjang ayunan menjadi sangat lambat, sedang terlalu pendek ayunan menjadi cepat dan segera berhenti) atau adanya kesalahan pengamatan.

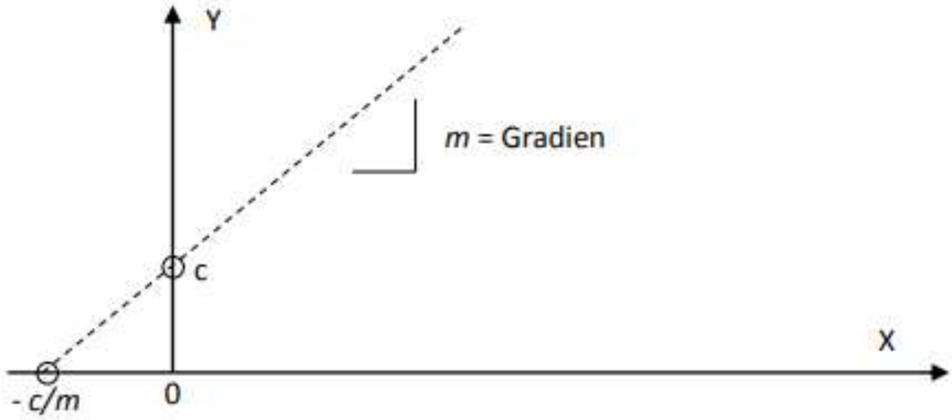
Perlu difahami bahwa teori regresi akan memberikan penyesesaian pasangan data (X_i;Y_i) untuk dianalisa pada regresi yang diharapkan; untuk itu bila di-inginkan akan dianalisa dengan linear maka data pasangan (X_i;Y_i) harus diyakinkan berfungsi linear (secara visual dapat di tampilkan pada grafik pengamatan). Bila pada persamaan teori belum secara langsung menggambarkan hubungan yang linear, maka dilakukan proses pelinearan terlebih dahulu.

Rumus Regresi Linear

Persamaan regresi linear diturunkan untuk menghitung pasangan data Xi dan Yi yang memenuhi hubungan linear, yaitu:

$$y = mx + c \qquad 3.21$$

Dalam penampilan grafik y=f(x) sebagai berikut:



Gambar 3.6 Grafik fungsi $y = mx + c$

Gradien grafik

$$m = \frac{N\sum(X_iY_i) - \sum X_i \sum Y_i}{N\sum {X_i}^2 - (\sum X_i)^2} \qquad 3.22$$

N = cacah data yang dianalis
Titik potong grafik terhadap sumbu y:

$$c = \frac{N\sum {X_i}^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum(X_iY_i)}{N\sum {X_i}^2 - (\sum X_i)^2} \qquad 3.23$$

Titik potong grafik terhadap sumbu x:

$$\frac{c}{m} = \frac{N\sum {X_i}^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum(X_iY_i)}{N\sum(X_iY_i) - \sum X_i \sum Y_i} \qquad 3.24$$

Teori regresi linear dapat dipergunakan untuk menentukan garis lurus terbaik dari sebaran data pasangan (x_i:y_i) yang secara eksplisit tidak membatasi, apakah pasangan data tersebut betul – betul nmembentuk garis lurus. Hal ini akan berakibat bahwa pasangan data (x_i:y_i) sembarang dapat dipilih garis lurusnya (artinya teori regresi tetap akan dapat menginformasikan hasil linear). Inilah yang sering menimbulkan kesalahan dalam penggunaan analisa data eksperimen

Ralat Regresi Linear

Persamaan regresi yang secara umum ditulis sebagai:

$$y = mx + c$$

Memberikan pengertian bahwa apabila dilakukan penggambaran grafik antara besaran (y) dan besaran variable (x) akan memberikan hubungan linear, dengan gradient grafiknya (m) dan titik potong grafik terhadap sumbu-Y adalah (c). Nilai besaran gradient (m) dan titik potong (c) sudah dijabarkan pada sub bab diatas; namun bagaimana dengan nilai toleransi (ralat) dari besaran-besaran tsb. Nilai ralat regresi linear dari persamaan tersebut sebagai berikut

$S_y = \sqrt{\frac{\Sigma(\delta_{yi})^2}{N-2}}$; ini merupakan tetapan (S_y)

$$S_y{}^2 = \frac{1}{N-2}\sum_{i=1}^{N}(y_i - mx_i - c)^2$$

$$S_A{}^2 = \frac{NS_y{}^2}{\Delta}$$

$$S_B{}^2 = S_y{}^2\sum_{i=1}^{N}\frac{x_i{}^2}{\Delta}$$

$$\Delta = N\left(\sum_{i=1}^{N} x_i{}^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2$$

Keterangan:

A = gradient ;
B = titik potong
S_A = ralat gradient;
S_B = ralat titik potong
N = banyaknya data regresi

Contoh Penerapan Metode Regresi Linear

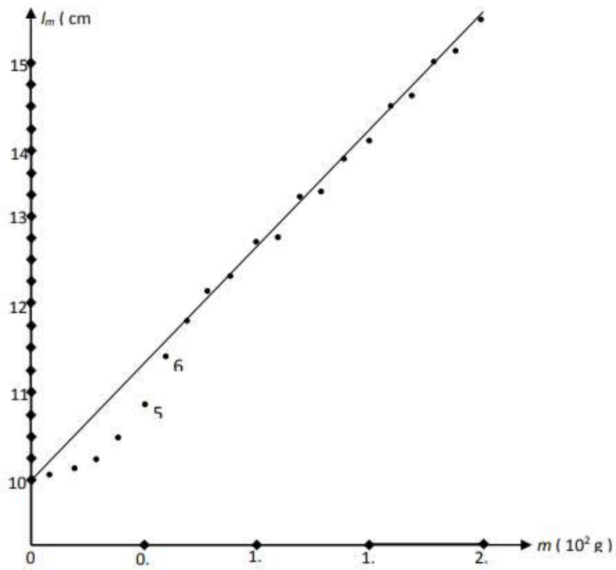
Sebagai salah satu contoh kasus sederhana pada fenomena pegas terbebani massa. Data pengamatan berupa variasi massa beban m dan dicatat panjang pegas berbeban tersebut sebagai lm dengan dasar teori:, ditunjukkan dalam Tabel

$$l_m = l_0 + \left(\frac{g}{k}\right)m$$

Data Pengamatan Eksperimen Pegas

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M(g)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Δl	0,05	0,1	0,2	0,4	0,75	1,13	1,5	1,8	2,0	2,25

No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
M(g)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Δl	22,40	2,70	22,85	3,1	3,25	3,6	3,75	4,10	4,25	4,5



Gambar 3.7 Grafik Data Eksperimen

Bila hanya berpedoman teori dan langsung menganalisa pasangan data m; l_m maka tidak dapat diketahui alur data linear. Kalau hal ini terus dilakukan dengan data rumus regresi untuk mendapatkan gradient (g/k) dan titik potong (l_0) maka diperoleh:

(g/k) = 0,03 ± 12 % cm/g
l_0 = 9,5 cm

Hasil ini menyimpang dari yang diharapkan. Mestinya l_0 = 10 cm (sesuai data). **"INILAH ANALISA YANG SALAH".** Dari penampilan grafik terlihat jelas alur linearnya baru dimulai dari data ke-6, sehingga data ke-1 sampai dengan data ke-5 tidak perlu dianalisa dengan regresi linear. Hasil analisa dengan rumus regresi didapat nilai

(g/k) = 0,02 ± 1 % cm/g
l_0 = 10 cm

hasil ini akan sesuai dengan keadaan riil pegas ketika tidak ada beban yaitu l_0 = 10 cm (lihat data). **"INILAH ANALISA YANG BENAR"**

Rangkuman

4. Pengukuran dapat dilakukan secara langsung, misalnya seperti mengukur panjang menggunakan penggaris atau meteran. Tetapi pengukuran juga dapat dilakukan secara tak langsung, yaitu mengukur sesuatu dengan mengukur besaran yang lain, lalu dihitung hal yang ingin kita ketahui melalui besaran lain yang diukur tersebut.
5. Pengukuran tidak langsung yaitu pengukuran terhadap objek yang dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis alat ukur / pembanding. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran alat ukur standar. Digunakan dua alat ukur karena alat ukur pembanding biasanya memiliki kecermatan yang lebih tinggi sedangkan alat ukur standar memiliki kualitas yang dapat diandalkan.
6. Penerapan konsep ketidakpastian juga dapat digunakan untuk menyeleksi apakah suatu metode pengukuran baik digunakan atau harus menggunakan metode lain yang lebih baik. Ukuran baik di sini, tentu saja yang utama adalah menghasilkan ketidakpastian yang kecil..

Latihan

1. Bila diketahui pengukuran massa jenis suatu bahan $m = (m_0 \pm \Delta m_0)$ kg, $V = (V_0 \pm \Delta V_0)$ m^3, maka dengan tahanan $\rho = m/V$ carilah $\Delta\rho$?

Evaluasi Pembelajaran

2. Bila diketahui perhitungan energi kinetik $Ek = ½ mv^2$ carilah ΔEk?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

6. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
7. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
8. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
9. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
10. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Modul 4:

PENGUKURAN

A. Pendahuluan

1. Deskripsi singkat modul

Pengukuran adalah proses untuk memperoleh informasi suatu besaran fisis tertentu, misalnya seperti tekanan (p), suhu (T), tegangan (V), arus listrik (I), dan lain sebagainya. Informasi yang diperoleh dapat berupa nilai dalam bentuk angka (kuantitatif) maupun berupa pernyataan yang merupakan sebuah kesimpulan (kualitatif). Untuk memperoleh informasi tersebut, maka kita memerlukan alat ukur, misalnya untuk mengetahui tegangan V, arus I, hambatan R kita dapat menggunakan alat multimeter.

Ilmu Fisika selalu berhubungan dengan besaran-besaran fisis yang digunakan untuk menyatakan hukum-hukum fisika, misalnya: panjang,waktu, massa, gaya, kecepatan, percepatan, massa jenis, dan besaran fisislainnya. Besaran fisis terdiri dari dua kelompok yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah suatu besaran fisis yang bersifat tunggal dan dapat berdiri sendiri, misalnya panjang, massa, dan waktu. Sedangkan besaran turunan adalah besaran fisis yang diturunkan dari beberapa besaran pokok, misalnya kecepatan adalah hasil bagi antara jarak dan waktu, dan lain sebagainya. Dalam modul ini yang menjadi pembahasan khusus adalah besaran pokok tentang panjang, waktu, dan massa.

2. Capaian Pembelajaran (CP) Lulusan

Paramater Khusus :

KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika

Parameter Pengetahuan :

P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika

P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika

3. Kemampuan Akhir (KA)

1. Mahasiswa mampu melakukan pengkuran panjang
2. Mahasiswa mampu melakukan pengkuran massa dan waktu
3. Mahasiswa mampu melakukan pengkuran listrik.

4. **Prasyarat Kompetensi**
   -
5. **Kegunaan Modul**
   Modul ini digunakan untuk dapat melakukan percobaan pengukuran seperti mengukur panjang benda, mengukur massa dan waktu. Selain itu juga sebagai penduan dalam mengukur beberapa variabel terkait kelistrikan.
6. **Materi Pokok dan Sub Materi Pokok**
   - Pengukuran panjang
   - Pengukuran massa dan waktu
   - Pengukuran listrik

Kegiatan Pembelajaran 1: Pengukuran Panjang

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu melakukan pengukuran panjang dengan berbagai alat ukur.
b. Mahasiswa mampu menghitung ralat dari hasil pengukuran.
c. Mahasiswa mampu menganalisis hasil pengukuran
d. Mahasiswa mampu menyimpulkan hasil pengukuran

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

1. PENGUKURAN PANJANG

Standar panjang internasional yang pertama adalah sebuah batang yang terbuat dari suasa platina-iridium yang disebut sebagai meter standar, dan disimpan di *the International Bureau of Weight and Measures.* Panjang satu meter didefinisikan sebagai jarak antara dua garis halus yang diguratkan pada keping emas dekat ujung-ujung batang pada suhu 0^{o}C dan ditopang secara mekanik dengan cara tertentu. Jadi yang dimaksud dengan satu meter adalah sepersepuluh juta kali jarak dari kutub utara ke khatulistiwa sepanjang garis bujur yang melalui Paris.

Karena meter standar tidak mudah untuk dibuat kembali, maka dibuatlah turunan turunannya dengan sangat teliti dan disebarkan ke berbagai laboratorium di seluruh dunia. Standar sekunder ini digunakan untuk mengkalibrasi batang-batang pengukur yang lain. Jadi sampai sekarang, batang-batang pengukur bersumber pada meter standar dengan melalui serangkaian peneraan yang rumit, dengan menggunakan mikroskop dan mesin-mesin pembagi. Namun, ketelitian pengukuran dengan memperbandingkan letak garis halus di bawah mikroskop tidak lagi memadai untuk ilmu pengetahuan dan teknologi modern. karena itu pada tahun 1960 ditetapkanlah suatu standar atomic untuk panjang, pilihannya jatuh kepada panjang gelombang radiasi oranye merah dalam vakum yang dipancarkan oleh isotop kripton-86 dalam lucutan listrik, yaitu: satu meter didefinisikan sebagai 1650763,73 kali panjang gelombang cahaya atom kripton tersebut. Pilihan standar atomik memberikan keuntungan lain selain daripada peningkatan ketelitian pengukuran panjang. Atom kripton-86 tersedia di mana-mana, semua identik dan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang sama. Panjang gelombang yang dipilih untuk standar merupakan karakteristik unik dari kripton-86 dan dapat ditentukan secara tegas, serta isotopnyapun dapat diperoleh dalam bentuk yang murni.

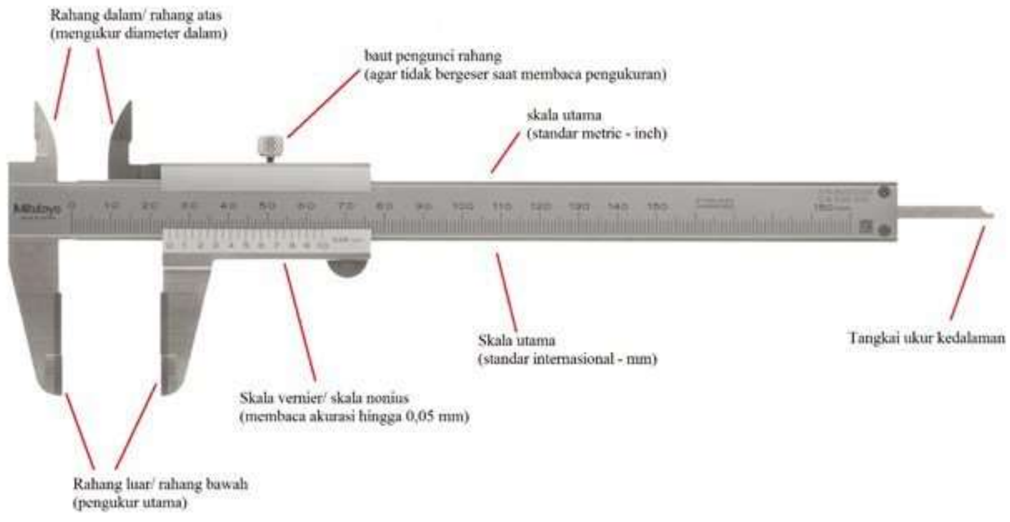
Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat ukur yang mampu mengukur jarak, kedalaman, maupun ‘diameter dalam’ suatu objek dengan tingkat akurasi dan presisi yang sangat baik (±0,05 mm). Hasil pengukuran dari ketiga fungsi alat tersebut dibaca dengan cara yang sama.

Alat ini dipakai secara luas pada berbagai bidang industri enjiniring (teknik), mulai dari proses desain/perancangan, manufaktur/pembuatan, hingga pengecekan akhir produk. Alat ini dipakai luas karena memiliki tingkat akurasi dan presisi yang cukup tinggi, mudah digunakan, mudah dibawa-bawa, dan tidak membutuhkan perawatan khusus. Karena alasan inilah jangka sorong lebih disukai insinyur (enjinir) dibandingkan alat ukur konvensional seperti penggaris.

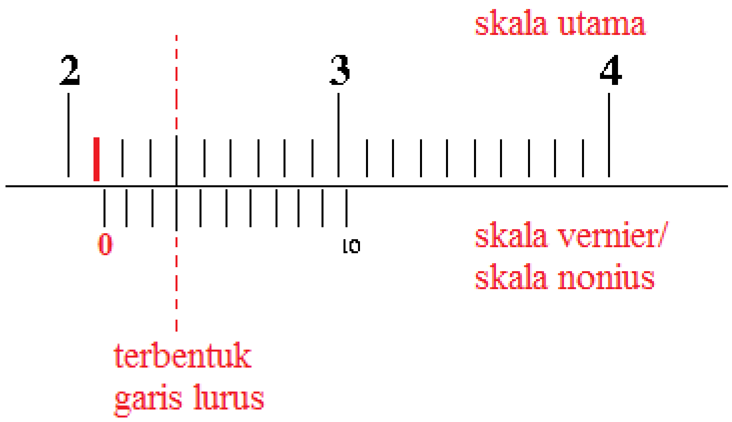
Bagian-bagian Jangka Sorong

Bagian-bagian jangka sorong terdiri dari skala baca yang tercetak pada badan alat ini (sama seperti skala baca/angka-angka di penggaris) yang dapat diatur berdasarkan letak “rahang” jangka sorong; terdapat dua pasang rahang, yakni sepasang rahang luar (atau rahang bawah) untuk mengukur jarak (pengukur utama) dan sepasang rahang dalam (atau rahang atas) untuk mengukur ‘diameter dalam’ (contohnya mengukur diameter dalam pada cincin). Kedua pasang rahang tersebut dapat digerakkan untuk pengukuran, jarak antar rahang untuk kedua pasang rahang tersebut dapat dibaca dengan cara yang sama. Selain itu pula, terdapat tangkai ukur kedalaman yang pergerakannya diatur dengan cara menggerakkan rahang. Karena ketiga bagian-bagian jangka sorong tersebut saling bergerak bersamaan, maka ketiga fungsi tersebut pengukurannya dibaca/dihitung dengan cara yang sama.



Gambar 4.1 Jangka Sorong

Cara Membaca Jangka Sorong



Gambar 4.2 Membaca Jangka Sorong

Perhatikan hasil pengukuran diatas. Cara membaca jangka sorong untuk melihat hasil pengukurannya hanya dibutuhkan dua langkah pembacaan:

Membaca skala utama: Lihat gambar diatas, 21 mm atau 2,1 cm (garis merah) merupakan angka yang paling dekat dengan garis nol pada skala vernier persis di sebelah kanannya. Jadi, skala utama yang terukur adalah 21mm atau 2,1 cm.

Membaca skal vernier: Lihat gambar diatas dengan seksama, terdapat satu garis skala utama yang yang tepat bertemu dengan satu garis pada skala vernier. Pada gambar diatas, garis lurus tersebut merupakan angka 3 pada skala vernier. Jadi, skala vernier yang terukur adalah 0,3 mm atau 0,03 cm.

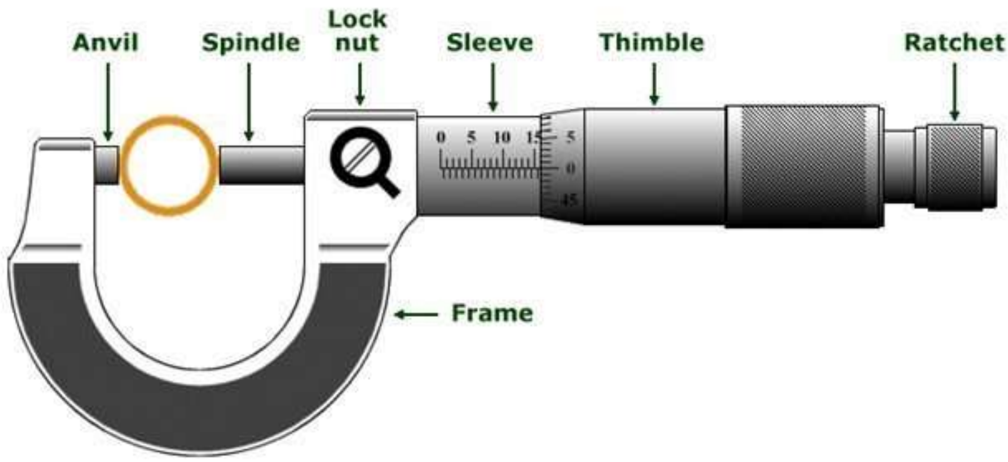
Untuk mendapatkan hasil pengukuran akhir, tambahkan kedua nilai pengukuran diatas. Sehingga hasil pengukuran diatas sebesar 21 mm + 0,3 mm = **21,3 mm atau 2,13 cm**.

Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup adalah alat pengukuran yang terdiri dari sekrup terkalibrasi dan memiliki tingkat kepresisian 0.01 mm (10^{-5} m). Alat ini ditemukan pertama kali oleh Willaim Gascoigne pada abad ke-17 karena dibutuhkan alat yang lebih presisi dari jangka sorong. Penggunaan pertamanya adalah untuk mengukur jarak sudut antar bintang-bintang dan ukuran benda-benda luar angkasa dari teleskop.

Meskipun mengandung kata “mikro”, alat ini tidak tepat digunakan untuk menghitung benda dengan skala mikrometer. Kata “mikro” pada alat ini diambil dari Bahasa Yunani micros yang berarti “kecil”, bukan skala mikro yang berarti 10^{-6}.

Bagian-bagian Mikrometer Sekrup



Gambar 4.3 Mikrometer Sekrup

- Poros Tetap (Anvil) : Bagian poros yang tidak bergerak. Objek yang ingin diukur ditempelkan di bagian ini dan bagian poros geser didekatkan untuk menjepit objek tersebut.
- Poros Geser (Spindle) : Poros bergerak berbentuk komponen silindris yang digerakkan oleh thimble.
- Pengunci (Lock Nut) : Bagian yang dapat digunakan untuk mengunci pergerakan poros geser.
- Sleeve :Bagian statis berbentuk lingkaran yang merupakan tempat ditulisnya skala pengukuran. Terdapat dua skala, yaitu skala utama dan skala nonius.
- Thimble : Bagian yang dapat digerakkan oleh tangan penggunanya.
- Ratchet : Bagian yang dapat membantu menggerakkan poros geser dengan pergerakan lebih perlahan dibanding menggerakkan thimble.
- Rangka (Frame) : Komponen berbentuk C yang menyatukan poros tetap dan komponen-komponen lain mikrometer sekrup. Rangka mikrometer sekrup dibuat tebal agar kokoh dan mampu menjaga objek pengukuran tidak bergerak, bergesar, atau berubah bentuk.

Cara Menggunakan Mikrometer Sekrup

Prinsip kerja mikrometer sekrup adalah menggunakan suatu sekrup untuk memperbesar jarak yang terlalu kecil untuk diukur secara langsung menjadi putaran suatu sekrup lain yang lebih besar dan dapat dilihat skalanya.

1. Objek yang ingin diukur diletakkan menempel dengan bagian poros tetap.
2. Setelah itu, bagian thimble diputar hingga objek terjepit oleh poros tetap dan poros geser.
3. Bagian ratchet dapat diputar untuk menghasilkan perhitungan yang lebih presisi dengan menggerakkan poros geser secara perlahan.
4. Setelah yakin bahwa objek benar-benar terjepit diantara kedua poros, hasil pengukuran dapat dibaca di skala utama dan skala nonius.

Cara Membaca Mikrometer Sekrup

Pembacaan mikrometer sekrup dilakukan pada dua bagian, yaitu di skala utama dan di skala nonius atau Vernier. Skala utama dapat dibaca di bagian sleeve dan skala nonius dapat dibaca di bagian thimble.

Gambar 4.4 Membaca Mikrometer Sekrup

Pada contoh pengukuran di atas, cara membaca mikrometer sekrup tersebut adalah: Untuk skala utama, dapat dilihat bahwa posisi thimble telah melewati angka “5” di bagian atas, dan pada bagian bawah garis horizontal telah melewati 1 strip. 0.5mm. Artinya, pada bagian ini didapat hasil pengukuran 5 + 0.5 mm = 5.5 mm. Pengukuran juga dapat dilakukan dengan prinsip bahwa setiap 1 strip menandakan jarak 0.5mm. Dikarenakan terlewati 5 strip di atas garis horizontal dan 6 strip di bawah garis horizontal, maka total jarak adalah (5+6) x 0.5mm = 5.5mm

Pada bagian kedua, terlihat garis horizontal di skala utama berhimpit dengan angka 28 di skala nonius. Artinya, pada skala nonius didapatkan tambahan panjang 0.28mm Maka, hasil akhir pengukuran mikrometer sekrup pada contoh ini adalah 5.5 + 0.28 = **5.78mm**. Hasil ini memiliki ketelitian sebesar 0.01 mm.

Rangkuman

- Panjang adalah dimensi suatu benda yang menyatakan jarak antar ujung. Panjang dapat dibagi menjadi tinggi, yaitu jarak vertical, serta lebar yaitu jarak dari satu sisi ke sisi yang lain diukur pada sudut tegak lurus terhadap panjang benda. Penggaris dapat digunakan untuk mengukur panjang benda seperti pensil, buku tulis, dan penghapus. Alat ini biasanya digunakan dalam proses pembelajaran. Untuk mengukur panjang suatu benda, dalam kehidupan sehari-hari kita lumrah menggunakan mistar atau penggaris. Terdapat beberapa jenis mistar sesuai dengan skalanya. Ada mistar yang skala terkecilnya mm (mistar milimeter) dan ada mistar yang skala terkecilnya cm (mistar centimeter). Mistar yang sering kita gunakan biasanya adalah mistar milimeter. Dengan kata lain, mistar itu mempunyai skala terkecil 1 milimeter dan mempunyai ketelitian 1 milimeter atau 0,1 cm.
- Jangka sorong adalah alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter.Terdiri dari dua bagian, bagian diam dan bagian bergerak.Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan ketelitian pengguna maupun alat.Sebagian keluaran terbaru sudah dilengkapi dengan display digital. Pada versi analog, umumnya tingkat ketelitian adalah 0.05 mm untuk jangka sorong di bawah 30 cm dan 0.01 untuk yang di atas 30 cm.Waktu juga merupakan salah satu dari tujuh besaran pokok. Standar waktu yang telah dikenal adalah sekon, menit, dan jam. Dalam satuan SI (standar internasional), standar waktu adalah sekon disingkat s. Hubungan antara ketiga besaran tersebut adalah 1 jam = 60 menit = 3.600 sekon.

Latihan

KEGIATAN PERCOBAAN

PENGUKURAN PANJANG

a. Tujuan percobaan

Mengukur panjang suatu benda

b. Alat dan bahan yang digunakan

1. Tiga buah buku dengan ketebalan berbeda
2. Jangka sorong

3. Mikrometer Sekrup
4. Mistar

c. Tata laksana percobaan

1. Ukurlah panjang, lebar, ketebalan sebuah buku dengan menggunakan mistar.
2. Lakukan hal yang sama sebanyak 10 kali percobaan dalam kondisi dan keadaan yang sama.
3. Dari 10 kali pengukuran tersebut, hitunglah panjang rata-rata buku, berikut ketidakpastiannya.
4. Lakukan hal yang sama seperti 1 sampai dengan 3 untuk dua buah buku lainnya yang berbeda ukuran.
5. Lakukan langkah 1-4 untuk jangka sorong dan micrometer sekrup

ANALISIS DATA

Tabel 4.1 Tabel hasil Nst dengan pengukuran langsung dengan Nst

No	Alat	nst	x	Δx	I	K	AP	x ± Δx

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran langsung dengan standar deviasi

No	Alat	X	$\bar{x}$	I	K	AP	x ± Δx	Δx

Tabel 4.3 Pengukuran tidak langsung dengan nst

No	Balok	$\bar{x}$	Δx	I	K	AP	x ± Δx

Tabel 4.4 Pengukuran tidak langsung dengan nst

No	Gerak	t(waktu)	$\bar{t}$	Δt	I	K	AP	t ± Δt

Tabel 4.5 Tabel hasil tidak langsung dengan standart deviasi, pengulangan 3 kali

No	Bahan	x	$\bar{x}$	v	Δv	I	K	AP	v ± Δv

Tabel 4.6 Tabel hasil tidak langsung dengan standart deviasi, pengulangan 3 kali

No	Gerak	t	$\bar{t}$	v	Δv	I	K	AP	v ± Δv

Tabel 4.7 Tabel hasil pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

No	Bahan	p	l	t	v	massa	ρ	Δρ	I	K	AP	ρ ± Δρ

Tabel 4.8 Tabel hasil pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

No	Jarak	t(waktu)	V	Δv	I	K	AP	v ± Δv

RALAT

a. Cara penulisan hasil pengukuran yang benar
   x = $\bar{x} \pm \Delta x$ satuan
   dimana $\bar{x}$ = hasil ukur
   Δx = ralat
   Atau x = $\bar{x}$ satuan ± Δx %
   Dengan Δx % = $\left[\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right] x\ 100\%$

b. Nilai skala terkecil
   Jika pengukuran langsung hanya sekali.

$\Delta x = \frac{1}{2}\, nst$

Pengukuran sebanyak n kali, maka Δx dicari dengan menggunakan standar deviasi

- Jika n ≤ 10

  $\Delta x = \sqrt{\frac{\epsilon(x1 - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$

- Jika n ≥ 10

  $\Delta x = \sqrt{\frac{\epsilon(x1 - \bar{x})^2}{n}}$

c. Ralat nisbi/ralat relatif

$I = \left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right) x\ 100\%$

d. Keseksamaan

K = 100% - I

e. Jumlah angka penting

$AP = 1 - \log\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)$

f. Ralat yang digunakan pada pengukuran langsung dengan sandart deviasi

$\bar{x} = \frac{x1 + x2 + x3 + \cdots + xn}{n}$

$\Delta x \sqrt{\frac{\epsilon(x1 - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$

g. Ralat yang digunakan pada pengukuran tidak langsung dengan standart deviasi

V = p x l x t

$\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)^2 |\Delta p|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial l}\right)^2 |\Delta l|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

$V = \frac{s}{t}$

$\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)^2 |\Delta s|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

h. Ralat yang digunakan pada pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

$\rho = \frac{m}{v}$

$\Delta \rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 |\Delta m|^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial v}\right)^2 |\Delta v|^2}$

$\Delta m = \Delta v = \frac{1}{2} nst$

$V = \frac{s}{t}$

$$\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)^2 |\Delta s|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$$

Evaluasi Pembelajaran

1. Jika kita ingin mengukur ketebalan sebuah rambut, alat ukur apakah yang cocok digunakan? Mengapa demikian?
2. Mengapa setiap kali melakukan pengukuran terhadap suatu objek, belum tentu mendapatkan harga yang sama, padahal kita mengukur objek yang sama?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa melakukan praktikum/percobaan sesuai pada **Latihan** secara kelompok.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 2: Pengukuran Waktu dan Massa

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu melakukan pengukuran waktu dengan berbagai alat ukur.
b. Mahasiswa mampu melakukan pengukuran massa dengan berbagai alat ukur.
c. Mahasiswa mampu menghitung ralat dari hasil pengukuran.
d. Mahasiswa mampu menganalisis hasil pengukuran
e. Mahasiswa mampu menyimpulkan hasil pengukuran

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

PENGUKURAN WAKTU

Pada umumnya pekerjaan ilmiah, yang dibutuhkan adalah lamanya selang waktu suatu peristiwa berlangsung. Oleh karena itu standar waktu harus mampu menjawab pertanyaan "Kapan hal itu berlangsung?" dan "Berapa lama kejadiannya?". Kita dapat menggunakan sembarang peristiwa yang berulang untuk mengukur lamanya waktu. Pengukuran berlangsung
dengan menghitung pengulangannya, misalnya dengan menggunakan bandul osilasi, sistem pegas massa, dan lain sebagainya. Dari sekian banyak peristiwa yang terjadi secara periodik di alam ini, perputaran bumi pada sumbunya telah digunakan secara berabad-abad sebagai standar waktu untuk menetapkan panjangnya hari. Sebagai standar waktu sipil sampai sekarang masih digunakan definisi satu detik adalah 1/86.400 hari.

Salah satu penggunaan waktu standar adalah untuk mengukur frekuensi. Dalam daerah frekuensi radio, perbandingan dengan jam kuarsa dapat dibuat secara elektronik dengan ketelitian sekurang-kurangnya satu bagian dalam sepuluh pangkat sepuluh dan ketelitian sebaik itu memang sering kali dibutuhkan. Ketelitian ini kira-kira seratus kali lebih baik daripada ketelitian yang dapat dicapai pada peneraan jam kwarsa oleh pengamatan astronomis. Untuk memenuhi kebutuhan standar waktu yang lebih baik, di beberapa negara telah dikembangkan jam atomik yang menggunakan getaran atomic berkala sebagai standar.

Jam atomik jenis tertentu yang didasarkan atas frekuensi karakteristik dari isotop atom cesium-133, telah digunakan di Laboratorium Fisis Nasional, Inggris sejak tahun 1955. Pada tahun 1967, detik yang didasarkan pada jam cesium telah diterima sebagai standar internasional oleh konferensi umum mengenai berat dan ukuran ketiga belas. Jadi satu detik didefinisikan sebagai 9.192.631.770 kali periode transisi atom cesium-133 tertentu. Hal ini serta merta akan meningkatkan ketelitian pengukuran waktu menjadi satu bagian dalam sepuluh pangkat dua belas, lebih baik sekitar seribu kali daripada ketelitian dengan metode astronomis.

Stopwatch

Stopwatch adalah alat ukur waktu yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam sebuah kegiatan, misalnya kita akan mengukur berapa lama waktu yang ditempuh seseorang saat berlari menuju jarak 100 m, maka kita akan sangat membutuhkan stopwatch sebagai alat pengukur waktunya. Stopwatch ini terdiri dari dua macam yaitu stopwatch analog dan stopwatch digital. Stopwatch analog memiliki batas ketelitian 0,1 sekon sedangkan stopwatch digital memiliki batas ketelitian hingga 0,01

Cara penggunaannya adalah dengan memulai menekan tombol di atas dan berhenti sehingga suatu waktu detik ditampilkan sebagai waktu yang berlalu. Kemudian dengan menekan tombol yang kedua pengguna dapat menyetel ulang stopwatch kembali ke nol. Tombol yang kedua juga digunakan sebagai perekam waktu.

PENGUKURAN MASSA

Standar untuk ukuran massa adalah sebuah silinder platinum-iridium yang disimpan di Lembaga Berat Internasional, dan berdasarkan perjanjian internasional disebut sebagai massa sebesar satu kilogram. Standar sekunder ke laboratorium standar diberbagai negara dan massa dari bendabend lain dapat ditentukan dengan menggunakan teknik neraca berlengan sama (*equal* arm balance) dengan ketelitian dua bagian dalam sepuluh pangkat delapan.

Dalam skala atomik, kita memiliki standar massa kedua, bukan satuan SI, yaitu massa dari atom carbon-12 yang berdasarkan perjanjian internasional diberikan harga yang tepat dan perdefinisi sebesar 12 satuan massa atom terpadu (unified atomic mass units).

Timbangan Digital

Neraca ini adalah alat ukur massa yang sangat praktis dan ketelitiannya mencapai 1 mg. Bahkan pada laboratorium neraca jenis ini yang disebut neraca analitik memiliki ketelitian sampai 0,1 mg. Oleh karena nilai ketelitiannya tersebut, neraca digital biasanya digunakan pada berbagai bidang yang membutuhkan ketelitian tinggi, seperti bidang farmasi dan penelitian ilmiah pada laboratorium

Neraca Ohauss

Neraca ohauss juga sering digunakan di dalam laboratorium untuk menimbang benda yang tidak dapat ditimbang dengan neraca pegas karena memiliki massa yang lebih besar. Neraca Ohauss tersebut terdiri dari tiga skala. Skala pertama menggunakan ratusan gram, skala kedua menggunakan puluhan gram, dan skala ketiga menggunakan satuan gram. Alat ukur yang satu ini memiliki ketelitian hingga 0,1 g.

Cara menggunakan neraca ohauss adalah dengan cara meletakkan benda pada piringannya lalu beban pada skala dapat di geser hingga dapat menemukan posisi setimbang. Setelah posisi setimbang barulah kita dapat menghitung massa dari benda yang telah kita ukur tersebut.

Rangkuman

1. Stopwatch adalah alat ukur waktu yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam sebuah kegiatan, misalnya kita akan mengukur berapa lama waktu yang ditempuh seseorang saat berlari menuju jarak 100 m, maka kita akan sangat membutuhkan stopwatch sebagai alat pengukur waktunya.
2. Neraca ini adalah alat ukur massa yang sangat praktis dan ketelitiannya mencapai 1 mg. Bahkan pada laboratorium neraca jenis ini yang disebut neraca analitik memiliki ketelitian sampai 0,1 mg. Oleh karena nilai ketelitiannya tersebut, neraca digital biasanya digunakan pada berbagai bidang yang membutuhkan ketelitian tinggi, seperti bidang farmasi dan penelitian ilmiah pada laboratorium.
3. Neraca ohauss adalah alat ukur massa yang memiliki ketelitian 0,1 gram. Neraca Ohauss tersebut terdiri dari tiga skala. Skala pertama menggunakan ratusan gram, skala kedua menggunakan puluhan gram, dan skala ketiga menggunakan satuan gram. Prinsip kerja neraca ini adalah membanding massa benda yang akan dikur dengan anak timbangan. Anak timbangan neraca Ohaus berada pada neraca itu sendiri.
4. Neraca digital atau neraca elektronik adalah alat ukur massa otomatis yang lebih praktis dan presisi hasilnya. Cara penggunaannya sangatlah mudah, hanya dengan meletakkan benda diatasnya, maka akan muncul pada layar hasil dari massa benda tersebut. Ketelitian neraca digital ini sampai dengan 0,001 gram. Dengan tingkat ketelitian yang tinggi, neraca digital ini banyak digunakan di berbagai laboratorium untuk mengukur massa benda yang sangat kecilpada saat penelitian. Bahkan pada laboratorium, neraca jenis ini yang disebut neraca analitik memiliki ketelitian sampai 0,1 mg.

Latihan

KEGIATAN PERCOBAAN

PENGUKURAN WAKTU

a. Tujuan percobaan

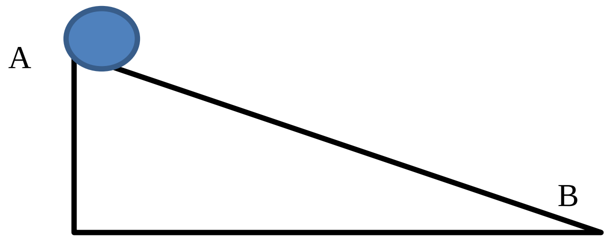
Mengukur waktu suatu benda yang bergerak.

b. Alat dan bahan yang digunakan

1. Sebuah papan bidang miring.
2. Sebuah kelereng
3. Satu buah stopwatch

c. Tata laksana percobaan

1. Susunlah papan bidang miring seperti gambar.



2. Letakkan sebuah kelereng di atas bidang miring (titik A).
3. Lepaskan kelereng dari titik A tanpa memberi kecepatan awal.
4. Hidupkan stopwatch bersamaan dengan terlepasnya kelereng dari titik A, dan matikan stopwatch tersebut ketika kelerang tepat mencapai lantai (titik B), catat waktunya.
5. Lakukanlah sebanyak 10 kali percobaan (4), dan hitunglah waktu rata-rata, berikut ketidakpastiannya yang diperlukan kelereng ketika bergerak dari titik A ke titik B.

PENGUKURAN MASSA

a. Tujuan percobaan

Mengukur massa suatu benda dari berbagai ukuran.

b. Alat dan bahan yang digunakan

1. 10 buah kubus kayu dengan ukuran yang sama
2. Timbangan digital
3. Neraca Ohauss

c. Tata laksana percobaan

1. Timbanglah sebuah kubus kayu dengan menggunakan timbangan digital.
2. Lakukanlah hal yang sama terhadap sembilan buah kubus kayu yan lainnya, dan catat hasilnya.
3. Hitunglah massa rata-rata kubus kayu tersebut, berikut ketidakpastiannya.

4. Lakukan langkah 1-3 untuk mengukur benda dengan menggunakan neraca Ohauss.

ANALISIS DATA

Tabel 4.1 Tabel hasil Nst dengan pengukuran langsung dengan Nst

No	Alat	nst	x	Δx	I	K	AP	x ± Δx

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran langsung dengan standar deviasi

No	Alat	x	$\bar{x}$	I	K	AP	x ± Δx	Δx

Tabel 4.3 Pengukuran tidak langsung dengan nst

No	Balok	$\bar{x}$	Δx	I	K	AP	x ± Δx

Tabel 4.4 Pengukuran tidak langsung dengan nst

No	Gerak	t(waktu)	$\bar{t}$	Δt	I	K	AP	t ± Δt

Tabel 4.5 Tabel hasil tidak langsung dengan standart deviasi, pengulangan 3 kali

No	Bahan	x	$\bar{x}$	v	Δv	I	K	AP	v ± Δv

Tabel 4.6 Tabel hasil tidak langsung dengan standart deviasi, pengulangan 3 kali

No	Gerak	t	$\bar{t}$	v	Δv	I	K	AP	v ± Δv

Tabel 4.7 Tabel hasil pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

No	Bahan	p	l	t	v	massa	ρ	Δρ	I	K	AP	ρ ± Δρ

Tabel 4.8 Tabel hasil pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

No	Jarak	t(waktu)	V	Δv	I	K	AP	v ± Δv

RALAT

i. Cara penulisan hasil pengukuran yang benar
   x = $\bar{x} \pm \Delta x$ satuan
   dimana $\bar{x}$ = hasil ukur
   Δx = ralat
   Atau x = $\bar{x}$ satuan ± Δx %
   Dengan Δx % = $\left[\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right] x\ 100\%$

j. Nilai skala terkecil
   Jika pengukuran langsung hanya sekali.
   Δx = $\frac{1}{2}\ nst$

Pengukuran sebanyak n kali, maka Δx dicari dengan menggunakan standar deviasi

- Jika n ≤ 10
  Δx = $\sqrt{\frac{\epsilon(x1 - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$
- Jika n ≥ 10
  Δx = $\sqrt{\frac{\epsilon(x1 - \bar{x})^2}{n}}$

k. Ralat nisbi/ralat relatif

I = $\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right) x\ 100\%$

l. Keseksamaan

K = 100% - I

m. Jumlah angka penting

AP = $1 - \log\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)$

n. Ralat yang digunakan pada pengukuran langsung dengan sandart deviasi

$\bar{x} = \frac{x1+x2+x3+\cdots+xn}{n}$

Δx $\sqrt{\frac{\epsilon(x1-\bar{x})^2}{n(n-1)}}$

o. Ralat yang digunakan pada pengukuran tidak langsung dengan standart deviasi

V = p x l x t

Δv = $\sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)^2 |\Delta p|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial l}\right)^2 |\Delta l|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

V = $\frac{s}{t}$

Δv = $\sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)^2 |\Delta s|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

p. Ralat yang digunakan pada pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

ρ = $\frac{m}{v}$

Δρ = $\sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 |\Delta m|^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial v}\right)^2 |\Delta v|^2}$

Δm = Δv = $\frac{1}{2} nst$

V = $\frac{s}{t}$

Δv = $\sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)^2 |\Delta s|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

Evaluasi Pembelajaran

1. Mengapa setiap kali melakukan pengukuran terhadap suatu objek, belum tentu mendapatkan harga yang sama, padahal kita mengukur objek yang sama?
2. Jelaskan beberapa peristiwa alam yang terjadi secara periodis yang dapat digunakan sebagai standar waktu!

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa melakukan praktikum/percobaan sesuai pada **Latihan** secara kelompok.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 3: Pengukuran Listrik

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu melakukan pengukuran listrik dengan berbagai alat ukur.
b. Mahasiswa mampu menghitung ralat dari hasil pengukuran.
c. Mahasiswa mampu menganalisis hasil pengukuran
d. Mahasiswa mampu menyimpulkan hasil pengukuran

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

PENGUKURAN LISTRIK

Alat ukur listrik merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran listrik seperti hambatan listrik (R), kuat arus listrik (I), beda potensial listrik (V), daya listrik (P), dan lainnya. Terdapat dua jenis alat ukur yaitu alat ukur analog dan alat ukur digital.

Voltmeter

Voltmeter adalah sebuah alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur besar tegangan listrik yang ada dalam sebuah rangkaian listrik. Susunannya paralel sesuai dengan lokasi komponen yang diukur. Ada tiga lempengan tembaga yang ada di dalamnya. Semua lempengan itu terpasang pada Bakelit yang sudah terangkai dalam sebuah tabung plastik maupun kaca. Lempengan luarnya dinamakan anode, sedangkan lempengan tengahnya dinamakan katode. Ukuran tabung yang dimaksud biasanya sekitar 15 x 10 cm (tinggi x diameter).

Tidak jauh berbeda dengan Amperemeter, desain voltmeter juga dibagi menjadi hambatan seri atau multiplier dan juga galvanometer. Kinerja alat ukur ini akan lebih baik dan bisa meningkat jika ditambah dengan multiplier. Dengan penambahan ini, diharapkan kemampuannya bisa bertambah berkali lipat besar daripada sebelumnya. Jika kuat arus dan medan magnet Saling berinteraksi maka akan timbul gaya magnet. Gaya itulah nanti yang akan menggerakkan jarum. Besar kecil penyimpangan jarum akan dipengaruhi oleh arus listrik yang mengalir.

Fungsi Voltmeter.

Apa itu fungsi dari voltmeter? Voltmeter merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengukur besar tegangan listrik yang ada di suatu rangkaian listrik. Biasanya, ketika Anda akan menggunakan alat ini, Anda akan menemukan tulisan milivolt (mV), voltmeter (V), mikrovolt, dan juga kilovolt (kV). Tahukah Anda? Alat ini memiliki batasan ukuran yaitu nilai maksimum tegangan yang bisa diukur oleh alat itu. Jika pengukuran melebihi batas yang ditentukan, otomatis alat itu akan rusak.

Voltmeter sering kali dihubungkan dengan amperemeter. Padahal, keduanya berbeda. Amperemeter berfungsi untuk mengukur ampere atau kuat arus listrik, dan voltmeter berfungsi untuk mengukur besar tegangan listrik atau volt.

Bagian-Bagian Voltmeter:

Ada beberapa bagian-bagian voltmeter dari alat ukur ini yang perlu Anda ketahui, berikut adalah bagiannya:

- Terminal positif dan negatif.
- Batas ukur.
- Setup pengatur fungsi.
- Jarum penunjuk.
- Skala tinggi dan rendah.

Menggunakan Voltmeter:

Jika Anda belum mengetahui cara menggunakan voltmeter ini, berikut dapat Anda simak:

- Rangkai komponen yang memiliki potensial berbeda secara paralel.
- Sesuaikan rangkaian arus yang mana harus searah dengan pemasangan kutub-kutub voltmeter.
- Pastikan bahwa kutub positif dan negatif memiliki potensial yang berbeda. Dari keduanya, kutub positif memiliki potensial yang tinggi.
- Periksa kabel hitam, biru, dan merah, jika ada penyimpangan mengarah ke kiri berarti pemasangannya terbalik. Namun, hal itu tidak akan menjadi masalah untuk rangkaian arus bolak balik.

Amperemeter

Amperemeter adalah salah satu alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur seberapa besar kuat arus listrik yang terdapat pada sebuah rangkaian. Jika anda menggunakan alat ini, anda akan menjumpai tulisan A dan mA. A adalah Amperemeter, mA adalah miliamperemeter atau mikroamperemeter. Alat ukur ini digunakan oleh para teknisi dalam eksekusi alat multitester atau avometer yang mana merupakan gabungan dari kegunaan amperemeter, ohmmeter, dan juga voltmeter.

Pembuatan Amperemeter biasanya membutuhkan susunan yang disebut dengan shunt dan mikroamperemeter. Susunan itu nanti yang berguna dalam mendeteksi arus yang ada pada rangkaian dengan arus yang kecil, sedangkan untuk hambatan shunt untuk arus besar. Perlu anda ketahui, alat ini selalu beroperasi berdasarkan pada gaya Lorentz gaya magnetis. Gaya lorentz ini ditimbulkan oleh kumparan berlapis medan magnet yang di dalamnya mengalir arus. Simpangan akan semakin besar seiring meningkatnya arus yang mengalir.

Kegunaan dari Ampere meter itu sendiri? Alat ukur ini biasa digunakan sebagai alat ukur kuat arus listrik dalam rangkaian tertutup. Berbeda dengan voltmeter yang berfungsi untuk mengukur beda potensial yang ada di dua titik yang terdapat pada rangkaian listrik. Namun, voltmeter ini hanya digunakan untuk rangkaian yang dipasang paralel.

Sedangkan, jika Ampere meter rangkaiannya juga secara paralel tetapi bersamaan dengan resistansi yang dinamakan resistensi shunt (Rsh). Rangkaian tersebut dapat memperbesar batas ukur alat ini. Seperti yang diketahui, alat ukur ini memiliki batas maksimal pengukuran yang harus dipahami.

Cara Menggunakan Amperemeter

Dalam menggunakan ampere meter kita harus benar, jika tidak maka hasilnya akan kurang tepat dan bisa juga akan minus jika salah. Perlu anda ketahui, ada dua cara menggunakan amperemeter untuk pengukuran. Berikut ini adalah caranya:

1. Cara Menggunakan Ampere Yang tanpa Clamp Ampere

Apa itu clamp Ampere? Definisi kata clamp adalah menggenggam. Alat ini biasa digunakan untuk membentuk kalang tertutup. Bentuknya melingkar yang mana dapat disatukan maupun dipisahkan dengan alat ukur. Amperemeter yang tidak memakai clamp ampere yaitu jenis analog. Untuk jenis ini, cara pengukurannya yaitu:

- Pasang alat ukur ini menjadi seri dengan beban yang ada.
- Knob pemilih cakupan harus diatur mendekati cakupan yang sesuai atau sudah diprediksi menurut perhitungan arus yang dilakukan secara teori.
- Tentukan range batasan ampere dengan cara memutarkan knob pada alat ukur.
- Jika anda sudah memastikan rangkaian telah benar, nyalakan sumber tegangan, cermati jarum penunjuk yang ada pada skala V dan juga A. Pembacaan yang tepat dapat ditunjukkan dari posisi jarum yang lebih besar dari 60% skala penuh meter.
- Periksa cakupan yang ada jika mendapati simpangan yang terlalu kecil. Anda juga diharapkan mengecek pembacaan cakupan. Bila “Ya” berarti pembacaan masih berada di bawah cakupan pengukuran. Oleh karenanya, anda bisa mematikan power supply. Ubah knob ke cakupan yang lebih kecil.
- Setelah itu, hidupkan sumber tegangan dari baca jarum penunjuk lagi agar lebih mudah untuk dibaca.
- Step terakhir adalah menghindari kesalahan pemasangan polaritas sumber tegangan. Mengapa? Ha ini akan menyebabkan arah simpangan jarum

menjadi berlawanan dengan semestinya. Jangan sampai arus terlalu besar karena akan merusak jarum penunjuk yang ada pada alat ini.

*Catatan: Dalam pengukuran, perhatikan polaritas ketika anda mengukur Ampere jenis DC.

2. Jenis yang mempunyai Clamp Ampere.

Jenis yang biasanya mempunyai Clamp Ampere adalah model Amperemeter Digital, dalam konteks menyatu maupun terpisah dengan alat ukur. Cara mengukur menggunakan amperemeter ini yaitu:

- tidak perlu memutus rangkaian saat mengukur.
- Letakkan saja Clamp Ampere di kabel yang ingin diukur.
- Sebelum itu, pilihlah range yang sesuai.

Rangkuman

1. Voltmeter merupakan alat untuk mengukur besarnya tegangan dalam suatu benda yang dilewati oleh listrik. Berdasarkan jenis dari arus listrik voltmeter dibagi menjadi 2 yaitu voltmeter AC dan voltmeter DC

2. Amperemeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kuat arus yang mengalir dalam satu rangkaian listrik. Berdasarkan jenisnya, sumber arus amperemeter dibagi menjadi 2 yaitu amperemeter DC dan amperemeter AC.

Latihan

KEGIATAN PERCOBAAN

PENGUKURAN LISTRIK

a. Tujuan percobaan

Mengukur Hambatan, tegangan dan arus listrik

b. Alat dan bahan yang digunakan

1. Tiga buah buku dengan ketebalan berbeda
2. Voltmeter
3. Amperemeter
4. Blok logam, Bola Besi dan sebagainya

c. Tata laksana percobaan

1. Amperemeter, digunakan untuk mengukur kuat arus yang mengalir dalam sebuah rangkaian tertutup yang menghubungkan sebuah sumber tegangan dengan beban.
2. Voltmeter, digunakan untuk mengukur besar tegangan dalam sebuah beban yang dialiri oleh arus listrik

ANALISIS DATA

Tabel 4.1 Tabel hasil Nst dengan pengukuran langsung dengan Nst

No	Alat	nst	x	Δx	I	K	AP	x ± Δx

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran langsung dengan standar deviasi

No	Alat	x	$\bar{x}$	I	K	AP	x ± Δx	Δx

Tabel 4.3 Pengukuran tidak langsung dengan nst

No	Balok	$\bar{x}$	Δx	I	K	AP	x ± Δx

Tabel 4.4 Pengukuran tidak langsung dengan nst

No	Gerak	t(waktu)	$\bar{t}$	Δt	I	K	AP	t ± Δt

Tabel 4.5 Tabel hasil tidak langsung dengan standart deviasi, pengulangan 3 kali

No	Bahan	x	$\bar{x}$	v	Δv	I	K	AP	v ± Δv

Tabel 4.6 Tabel hasil tidak langsung dengan standart deviasi, pengulangan 3 kali

No	Gerak	t	$\bar{t}$	v	Δv	I	K	AP	v ± Δv

Tabel 4.7 Tabel hasil pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

No	Bahan	p	l	t	v	massa	ρ	Δρ	I	K	AP	ρ ± Δρ

Tabel 4.8 Tabel hasil pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

No	Jarak	t(waktu)	V	Δv	I	K	AP	v ± Δv

RALAT

q. Cara penulisan hasil pengukuran yang benar
   x = $\bar{x} \pm \Delta x$ satuan
   dimana $\bar{x}$ = hasil ukur
   Δx = ralat
   Atau x = $\bar{x}$ satuan ± Δx %
   Dengan Δx % = $\left[\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right] x\ 100\%$

r. Nilai skala terkecil
   Jika pengukuran langsung hanya sekali.
   Δx = $\frac{1}{2}\ nst$

Pengukuran sebanyak n kali, maka Δx dicari dengan menggunakan standar deviasi

- Jika n ≤ 10
  Δx = $\sqrt{\frac{\epsilon(x1-\bar{x})^2}{n(n-1)}}$

- Jika n ≥ 10

  $\Delta x = \sqrt{\frac{\epsilon(x1 - \bar{x})^2}{n}}$

s. Ralat nisbi/ralat relatif

   $I = \left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right) x\ 100\%$

t. Keseksamaan

   K = 100% - I

u. Jumlah angka penting

   $AP = 1 - \log\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)$

v. Ralat yang digunakan pada pengukuran langsung dengan sandart deviasi

   $\bar{x} = \frac{x1 + x2 + x3 + \cdots + xn}{n}$

   $\Delta x \sqrt{\frac{\epsilon(x1 - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$

w. Ralat yang digunakan pada pengukuran tidak langsung dengan standart deviasi

   V = p x l x t

   $\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)^2 |\Delta p|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial l}\right)^2 |\Delta l|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

   $V = \frac{s}{t}$

   $\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)^2 |\Delta s|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

x. Ralat yang digunakan pada pengukuran tidak langsung dengan nst dan standart deviasi

   $\rho = \frac{m}{v}$

   $\Delta \rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 |\Delta m|^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial v}\right)^2 |\Delta v|^2}$

   $\Delta m = \Delta v = \frac{1}{2} nst$

   $V = \frac{s}{t}$

   $\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)^2 |\Delta s|^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 |\Delta t|^2}$

Evaluasi Pembelajaran

1. Mengapa setiap kali melakukan pengukuran terhadap suatu objek, belum tentu mendapatkan harga yang sama, padahal kita mengukur objek yang sama?

2. Selain voltmeter dan amperemeter, alat ukur yang adahubungannya dengan kelistrikan adalah?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa melakukan praktikum/percobaan sesuai pada **Latihan** secara kelompok.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Modul 5:

DISTRIBUSI NORMAL

A. Pendahuluan

1. Deskripsi singkat modul

Salah satu metode yang mudah adalah dengan menggunakan distribusi atau histogram, seperti yang dijelaskan dalam Bagian pertama. Bagian kedua memperkenalkan gagasan tentang pembatasan distribusi, distribusi hasil yang akan diperoleh jika jumlah pengukuran menjadi sangat besar. Dalam Bagian ketiga, saya mendefinisikan distribusi normal, atau distribusi Gauss, yang merupakan distribusi terbatas hasil untuk setiap subjek pengukuran untuk banyak kesalahan acak kecil. Setelah properti matematika dari distribusi normal dipahami, kami dapat melanjutkan untuk membuktikan beberapa hasil penting dengan cukup mudah. Bagian keempat memberikan bukti bahwa, sekitar 68% dari semua pengukuran semua dari satu kuantitas dan semua menggunakan teknik yang sama) harus berada dalam satu standar deviasi dari nilai sebenarnya. Bagian kelima membuktikan hasilnya, bahwa jika kita membuat pengukuran N au x dari beberapa kuantitas x, maka estimasi terbaik x_{best} berdasarkan nilai-nilai ini adalah mean $\bar{x} = \sum x_i/N$. Bagian keenam membenarkan penggunaan penambahan dalam kuadrat saat menyebarkan kesalahan yang independen dan acak dalam Bagian ketujuh. Kemudian akan dibuktikan bahwa ketidakpastian mean $\bar{x}$ ketika digunakan sebagai nilai yang terbaik dalam estimasi x, diberikan oleh standar deviasi dari mean $\sigma_{\bar{x}} = \sigma_x/\sqrt{N}$, sebagaimana dinyatakan dalam bab awal. Dan dibagian akhir (delapan), membahas bagaimana cara menetapkan kepercayaan numerik untuk hasil percobaan.

Persamaan matematika yang digunakan dalam bab ini lebih rumit daripada yang digunakan sejauh ini di bab-bab sebelumnya. Khususnya, perlu memahami ide dasar integrasi sebagai area di bawah grafik, perubahan variabel, dan integrasi dari bagian-bagian. Namun, setelah Anda mengerjakan Bagian ketiga pada distribusi normal, dapat mengikuti sisa bab ini tanpa banyak kesulitan.

2. Capaian Pembelajaran (CP) Lulusan

Paramater Khusus :

KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika

Parameter Pengetahuan :

P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika

P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika

3. Kemampuan Akhir (KA)

1. Mahasiswa mampu Histogram dan konsep distribusi
2. Mahasiswa mampu mengetahui distribusi Binomial dan Poisson
3. Mahasiswa mampu mengetahui Estimasi terbaik hasil pengukuran

4. Prasyarat Kompetensi

-

5. Kegunaan Modul

Modul ini digunakan untuk dapat menjelaskan tentang hasil pengukuran yang disajikan dalam bentuk histogram. Pada modul ini juga akan di lakukan karakteristik data hasl pengukuran yang dilihat dari distribusi data.

6. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok

- Histogram dan Distribusi
- Distribusi Binomial dan Poisson
- Estimasi terbaik

Kegiatan Pembelajaran 1: Histogram dan Distribusi

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui dan memahami tentang histogram

b. Mahasiswa mampu membuat histogram

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Histogram

Histogram adalah modifikasidari diagram batang, jika pada diagram batang, gambar batang-batang terpisah maka pada histogram gambar batang-batangnya berhimpit. Tampilan grafis dari tabulasi frekuensi yang digambarkan dengan grafis batangan sebagai manifestasi data binning. Tiap tampilan batang menunjukkan proporsi frekuensi pada masing-masing data kategori yang berdampingan dengan interval yang tidak tumpang tindih.

Histogram dapat disajikan dari distribusi frekuensi tunggal maupun kelompok. Histogram adalah grafik balok yang memperhatikan satu macam pengukuran dari suatu proses atau kejadian. Grafis ini sangat cocok untuk data yang dikelompokkan.

Seharusnya jelas bahwa analisis statistik yang serius dari suatu eksperimen mengharuskan kita melakukan banyak pengukuran. Jadi, pertama-tama kita perlu merancang metode untuk merekam dan menampilkan sejumlah besar nilai yang diukur. Misalkan, misalnya, kita membuat 10 pengukuran dengan panjang x. Misalnya, x mungkin jarak dari lensa ke gambar yang dibentuk oleh lensa. Kami mungkin mendapatkan nilai (semua dalam cm)

26, 24, 26, 28, 23, 24, 25, 24, 26, 25.

Ditulis dengan cara ini, 10 angka ini menyampaikan informasi yang cukup sedikit, dan jika kita mencatat lebih banyak pengukuran dengan cara ini, hasilnya akan menjadi hutan angka yang membingungkan. Jelas, dibutuhkan sistem yang lebih baik. Sebagai langkah pertama, kita dapat mengatur ulang angka dalam urutan menaik.

23, 24, 24,24, 25, 25, 26, 26, 26, 28

Nilai berbeda, x_k	23	24	25	26	27	28
Frekuensi, F_k	1	3	2	3	0	1

Dimana k =1,2,3….

Berdasarkan data tersebut dimana x_1= 23, x_2=24, x_3=25 dan seterusnya. Dan nk dilihat dari banyaknya angka pada tiap nilai. Maka n_1=1, n_2=3 dan seterusnya. Jika pada data pengukuran diperoleh rata-rata menjadi

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{N} = \frac{23 + 24 + 24 + 24 + \cdots + 28}{10}$$

Persamaan diatas sama dengan

$$\bar{x} == \frac{23 + (24\ x\ 3) + \cdots + 28}{10}$$

Atau secara umum dapat dituliskan dengan

$$\bar{x} = \frac{\sum_k x_k n_k}{N} \qquad 5.1$$

Dalam bentuk perhitungan rata rata pertama, kami menjumlahkan semua pengukuran yang dilakukan; pada persamaan 5.1 menjumlahkan semua nilai yang berbeda yang diperoleh, mengalikan setiap nilai dengan berapa kali hal itu terjadi. Kedua jumlah ini jelas sama, tetapi bentuk (5.1) terbukti lebih bermanfaat ketika kita melakukan banyak pengukuran. Jumlah seperti itu dalam (5.1) kadang-kadang disebut jumlah tertimbang; setiap nilai x ditimbang dengan berapa kali hal itu terjadi, n Untuk referensi nanti, perhatikan bahwa jika kita menjumlahkan semua angka n kita mendapatkan jumlah total pengukuran yang dilakukan, N. Artinya,

$$\sum_k n_k = N \qquad 5.2$$

Ide-ide dari dua paragraf terakhir dapat diulang dengan cara yang sering lebih nyaman. Alih-alih mengatakan bahwa hasil 24 diperoleh tiga kali, kita dapat mengatakan bahwa x = 24 diperoleh dalam 3/10 dari semua pengukuran kami. Dengan kata lain, alih-alih menggunakan n berapa kali hasil x, terjadi, kami memperkenalkan fraksi

$$F_k = \frac{n_k}{N} \qquad 5.3$$

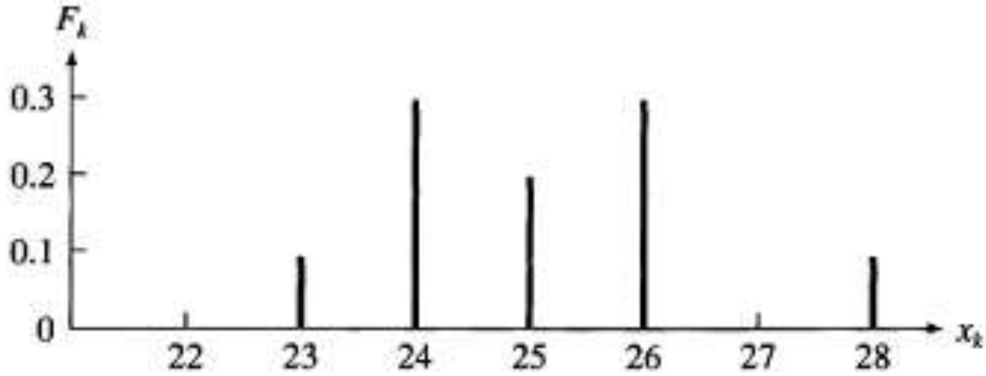
yang merupakan fraksi dari pengukuran N kami yang memberikan hasil x. Fraksi F. dikatakan untuk menentukan distribusi hasil kami karena mereka menggambarkan bagaimana pengukuran kami didistribusikan di antara berbagai nilai yang mungkin. Dalam hal fraksi F. kita dapat menulis ulang rumus 5.4 untuk rata-rata F dalam bentuk padat

$$\bar{x} = \sum_k x_k F_k \qquad 5.4$$

Artinya, rata-rata $\bar{x}$ hanyalah jumlah bilangan yang ditemukan pada masing-masing deret. x_k observasi pada deret. k adalah total number of binning. F_k adalah binning dan rumus padanan untuk histogram kumulatif :

$$\sum_k F_k = 1 \qquad 5.5$$

Yaitu, jika kita menjumlahkan fraksi F_k, untuk semua hasil yang mungkin x_k, kita harus mendapatkan 1. Seperangkat angka yang jumlahnya 1 dikatakan dinormalisasi, dan hubungan 5.5 karenanya dinamakan kondisi normalisasi. Distribusi pengukuran kami dapat ditampilkan secara grafis dalam histogram seperti gambar 5.1 .



Gambar 5.1 Histogram untuk 10 pengukuran dari panjang x

nilai ukuran x_k yang berbeda, diplot sepanjang sumbu horizontal dan fraksi kali setiap x_k, diperoleh ditunjukkan oleh ketinggian batang vertikal yang digambarkan di atas x_k (Kita juga dapat memplot n_k, terhadap x_k, tetapi untuk keperluan kita plot F_k, terhadap x_k lebih nyaman.) Data yang ditampilkan dalam histogram seperti ini dapat disusun dengan cepat dan mudah, karena banyak penulis untuk surat kabar dan majalah sadar.

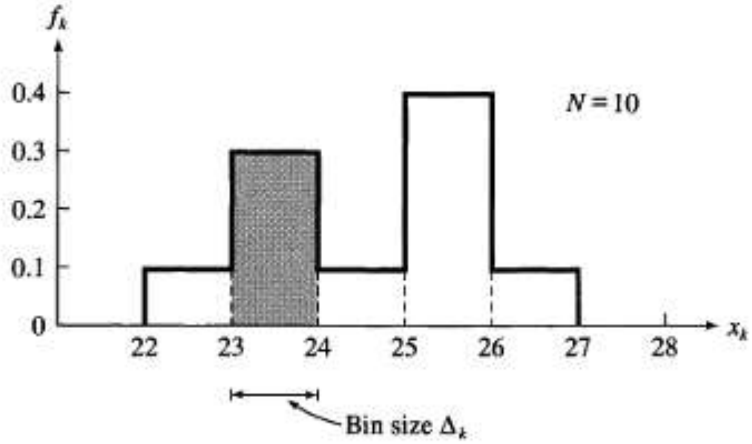
Histogram seperti itu pada Gambar 5.1 dapat disebut sebagai histogram batang karena distribusi hasil ditunjukkan oleh ketinggian batang vertikal di atas x_k Jenis histogram ini sesuai setiap kali nilai x_k, rapi ditempatkan, dengan nilai integer. (Sebagai contoh, skor siswa pada ujian biasanya bilangan bulat dan ditampilkan dengan nyaman menggunakan histogram batang.) Sebagian besar pengukuran, bagaimanapun, tidak memberikan hasil bilangan bulat rapi karena sebagian besar kuantitas fisik memiliki kisaran terus menerus dari nilai yang mungkin. Misalnya, daripada 10 panjang porting dalam data pengukuran sebelumnya, Anda lebih mungkin mendapatkan 10 nilai seperti

26,4, 23,9 25,1 24,6, 22,7 , 23,8 25,1 , 23,9 , 25,3 , 25,4.

Bilah histogram dari 10 nilai ini akan terdiri dari 10 bilah terpisah, semua tingginya sama, dan akan memberikan informasi yang relatif sedikit. Jalan terbaik adalah membagi rentang nilai ke dalam sejumlah interval untuk menghitung berapa nilai yang masuk ke dalam setiap bagian Misalnya, kita bisa menghitung angka dari pengukuran di atas antara x =22 dan 23, antara x = 23 dan 24, dan seterusnya. Hasil penghitungan dengan cara ini dapat dilihat pada tabel dibawah.

Interval	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	27-28
Banyak data	1	3	1	4	1	0

Dari hasil tabel diatas yang sudah di buat kedalam beberapa bagian/kelas, maka grafik histogram seperti pada gambar 5.2



Gambar 5.2 Histogram tiap kelas untuk 10 data pengukuran

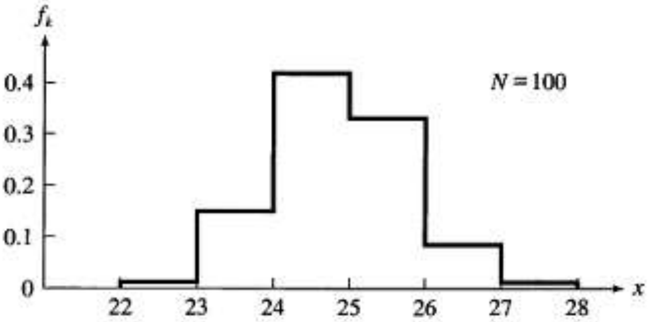
Pada bagian di atas interval dari x=23 ke x=24 memiliki luas 0,3 x 1=0,3, menyatakan bahwa 3/10 dari semua pengukuran termasuk dalam interval ini. Secara umum, kita menyatakan lebar bagian adalah Δk. (Lebar ini biasanya semua sama, meskipun mereka tentu tidak harus). Ketinggian f_k persegi panjang dipilih sehingga area $f_k\,\Delta k$ adalah

$$f_k\,\Delta k = \text{fraksi pengukuran } \Delta k$$

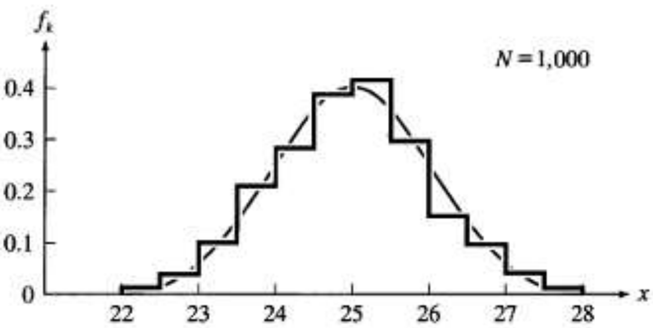
Batas Distribusi

Dalam sebagian besar percobaan, dengan meningkatnya jumlah pengukuran, histogram dimulai dengan mengambil bentuk sederhana yang pasti. Bentuk yang berkembang ini terlihat jelas pada Gambar 5.3 dan 5.4, yang menunjukkan 100 dan 1.000 pengukuran dengan jumlah yang sama seperti pada

Gambar 5.2 (gambar sebelumnya). Setelah 100 pengukuran, histogram menjadi puncak tunggal, yang kira-kira simetris. Setelah 1.000 pengukuran, kami dapat membagi dua ukuran bagian, dan histogram menjadi cukup halus dan teratur. Ketiga grafik ini menggambarkan sifat penting dari sebagian besar pengukuran. Ketika jumlah pengukuran mendekati tak terhingga, distribusinya mendekati beberapa kurva yang pasti dan berkelanjutan. Ketika ini terjadi, kurva kontinu disebut distribusi pembatas. Jadi, untuk pengukuran Gambar 5.2 hingga 5.4. batas distribusi tampaknya dekat dengan kurva berbentuk lonceng simetris yang terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.3 Histogram untuk N=100



Gambar 5.4 Histogram untuk N=1000

Perhatikan bahwa distribusi pembatas adalah konstruksi teoretis yang tidak pernah dapat diukur dengan tepat. Semakin banyak pengukuran yang dilakukan, semakin dekat histogram dengan distribusi terbatas. Tetapi hanya jika kita membuat jumlah pengukuran yang tak terbatas dan menggunakan bagian yang sangat kecil, kita akan benar-benar mendapatkan distribusi pembatas itu sendiri. Namun demikian, ada alasan kuat untuk meyakini bahwa setiap pengukuran memang memiliki distribusi terbatas yang mendekati histogram yang sesuai saat dilakukan lebih banyak pengukuran.

Distribusi pembatas, seperti kurva mulus pada Gambar 5.4, mendefinisikan fungsi, yang kita sebut f(x). Signifikansi fungsi ini ditunjukkan oleh Gambar 5.5. Ketika kita membuat semakin banyak pengukuran kuantitas *x*, histogram tersebut pada akhirnya tidak akan dapat dibedakan dari kurva pembatas *f(x)*. Oleh karena itu, fraksi pengukuran yang termasuk dalam interval kecil *x* menjadi *x + dx* sama dengan luas *f(x) dx* yang diarsir pada Gambar 5.5 (a):

$$f(x)\,dx = \text{fraksi dari pengukuran antara } x \text{ dan } x + dx \qquad 5.6$$

Lebih umum, fraksi dari pengukuran berada pada dua nilai yaitu *a* dan *b* yang merupakan total area didalam graik antara *x=a* dan *x=b* (gambar 5.5.b)

Gambar 5.5 Batas distribusi *f(x)* . (a) setelah banyak pengukuran, fraksi berada pada *x* dan *x+dx* . (b) fraksi berada pada *x=a* dan *x=b*

Pada area tersebut dapat didefinisikan ke dalam integral dari f(x). maka diperoleh hasil

$$\int_a^b f(x)dx = \text{Fraksi dari pengukuran antara } x=a \text{ dan } x=b \qquad 5.7$$

Memahami arti dari dua pernyataan (5.6) dan (5.7) adalah penting. Keduanya memberi tahu tentang fraksi pengukuran yang diharapkan terletak pada beberapa interval setelah dilakukan sejumlah besar pengukuran. Cara lain, sangat berguna, untuk menyatakan bahwa *f(x) dx* adalah probabilitas bahwa pengukuran tunggal *x* antara *x* dan *x+dx*,

$$f(x)\,dx = \text{Probabilitas dari saru pengukuran}$$

$$\text{dengan nilaiyang terletak antara } x \text{ dan } x + dx \qquad 5.8$$

Sama halnya dengan bentik untegral $\int_a^b f(x)dx$ menjelaskan tentang probalilitas untuk satu pengukuran dengan nilai yang berada antara *x=a* dan *x=b*. maka kita sampai pada sebuah kesimpulan bahwa: **Jika kita mengetahui batas dari distribusi *f(x)* untuk pengkuran dari sebuah nilai kuantitas *x* dengan sebuah ketentuan, maka kita dapat mengetahui probabilitas yang memberikan jawaban pada interval $a \le x \le b$.**

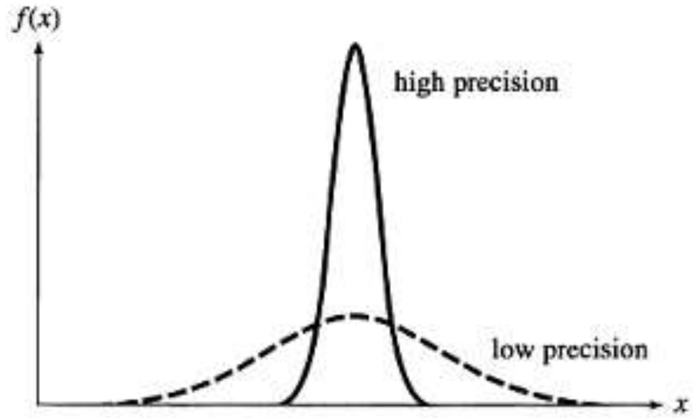
Karena total probabilitas yang menghasilkan nilai/ jawaban berada diantara $-\infty$ dan $+\infty$ pasti bernilai satu. Batas distribusi *f(x)* harus memenuhi:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1 \qquad 5.9$$

Identitas ini adalah analog dari jumlah normalisasi (5.5), $\sum_k F_k = 1$, dan fungsi f (x) (5.9) dikatakan **dinormalisasi**.

Batas-batas $\pm\infty$ dalam integral (5.9) mungkin tampak membingungkan. Mereka tidak berarti bahwa nilai berada pada -*ꝏ* hingga +*ꝏ*. Justru sebaliknya. Dalam percobaan nyata, semua pengukuran jatuh dalam beberapa interval terbatas yang cukup kecil. Sebagai contoh, pengukuran Gambar 5.4 semuanya terletak di antara *x=21* dan x=29. Bahkan setelah banyak pengukuran tak terhingga, fraksi yang berada di luar *x=21* hingga *x=29* akan sepenuhnya diabaikan. Dengan kata lain, *f(x)* pada dasarnya nol di luar kisaran ini, dan tidak ada bedanya apakah integral (5,.9) berjalan dari-*ꝏ* hingga +*ꝏ* atau 21 hingga 29. Karena secara umum kita masih tidak tahu apa batas-batas yang seharusnya.

Jika pengukuran yang dipertimbangkan sangat presisi, semua nilai yang diperoleh akan mendekati nilai aktual *x*, sehingga histogram hasil, dan karenanya distribusi pembatas, akan memuncak tipis seperti kurva padat pada Gambar 5.6. Jika pengukurannya presisi rendah, maka nilai yang ditemukan akan tersebar luas dan distribusinya akan luas dan rendah seperti kurva putus-putus pada Gambar 5.6. Distribusi pembatas *f(x)* untuk pengukuran kuantitas tertentu x menggunakan peralatan yang diberikan menjelaskan bagaimana hasil akan didistribusikan setelah banyak, banyak pengukuran. Jadi, jika kita tahu *f(x),* kita bisa menghitung nilai rata-rata yang akan ditemukan setelah banyak pengukuran. Kami melihat (5.4) rata-rata dari angka apa pun dari pengukuran merupakan jumlah dari semua nilai x_k yang berbeda.



Gambar 5.6 Batas distribusi, pengukuran dengan presisi yang tinggi dan rendah

Tiap bobot fraksi diekspresikan :

$$\bar{x} = \sum_k x_k F_k \qquad 5.10$$

Dalam kasus ini, kami memiliki sejumlah besar pengukuran dengan distribusi *f(x)*. Jika kita membagi seluruh rentang nilai ke dalam interval kecil x menuju $x + dx$, fraksi nilai dalam setiap interval adalah $F_k = f(x_k)\, dx_k$ dan dalam batas semua interval menjadi nol, (5.10) menjadi

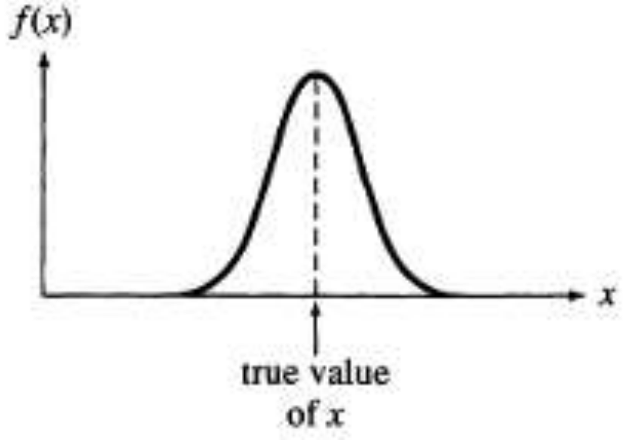
$$\bar{x} = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \qquad 5.11$$

Ingatlah bahwa formula ini memberikan rata-rata yang diharapkan setelah banyak percobaan yang tak terbatas. Demikian pula, kita dapat menghitung standar deviasi σ_x, yang diperoleh setelah banyak pengukuran, Karena kita memperhatikan batas $N \rightarrow \infty$. tidak ada bedanya definisi mana yang kita gunakan, dengan N diganti menjadi N – 1 . dalam beberapa kasus ketika $N \rightarrow \infty$, σ_x^2, adalah rata-rata kuadrat deviasi $(x - \bar{x})^2$ Jadi, tepat argumen yang mengarah ke (5.11) setelah banyak percobaan

$$\sigma_x{}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^2 f(x) dx \qquad 5.12$$

Distribusi normal

Pada jenis pengukuran yang berbeda, memiliki batas distribusi yang berbeda pula. Tidak semua batas distribusi mempunyai bentuk grafik (berbentuk bel) yang simetris.



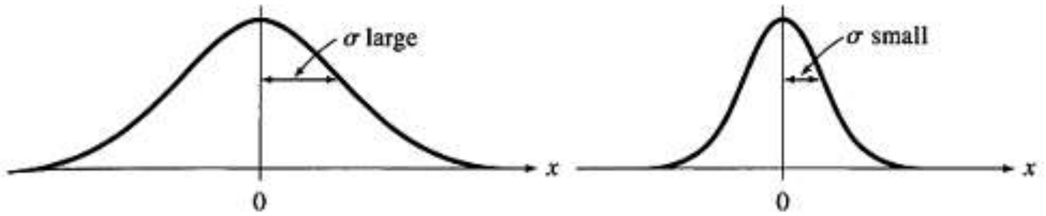
Gambar 5.7 Distribusi bentu bel tengah pada nilai sebenarnya dari pengukuran

Namun demikian, banyak pengukuran ditemukan memiliki kurva berbentuk lonceng simetris untuk distribusi terbatasnya. Bahwa jika suatu pengukuran tunduk pada banyak sumber kesalahan acak dan kesalahan sistematis yang dapat diabaikan, nilai-nilai yang diukur akan didistribusikan sesuai dengan kurva berbentuk lonceng dan kurva ini akan dipusatkan pada nilai sebenarnya.

Jika pengukuran memiliki kesalahan sistematis yang cukup besar, maka tidak akan mengharapkan distribusi terbatas berpusat pada nilai sebenarnya. Kesalahan acak sama-sama cenderung mendorong pembacaan/pengukuran di atas atau di bawah nilai sebenarnya. Jika semua kesalahan adalah acak, setelah banyak pengukuran jumlah pengamatan di atas nilai sebenarnya akan sama dengan yang di bawahnya, dan karena itu distribusi hasil kami akan berpusat pada nilai sebenarnya. Tetapi kesalahan sistematis (seperti yang disebabkan oleh pita pengukur yang diregangkan atau jam yang berjalan lambat) mendorong semua nilai dalam satu arah dan mendorong distribusi nilai-nilai yang diamati di luar pusat dari nilai sebenarnya, Dalam bab ini, saya akan asumsikan bahwa distribusi dipusatkan pada nilai sebenarnya. Ini sama dengan mengasumsikan bahwa semua kesalahan sistematis telah dikurangi ke tingkat yang dapat diabaikan.

Sekarang beralih secara singkat ke pertanyaan yang telah kita hindari dari diskusi sejauh ini: Apa nilai sebenarnya dari kuantitas fisik? Pertanyaan ini adalah pertanyaan sulit yang tidak memiliki jawaban sederhana dan memuaskan. Karena tidak ada pengukuran yang dapat secara tepat menentukan nilai sebenarnya dari setiap variabel kontinu (panjang, waktu, dll.), Apakah nilai sebenarnya dari kuantitas semacam itu ada, bahkan tidak jelas. Namun demikian, saya akan membuat asumsi nyaman setiap kuantitas fisik memang memiliki nilai sebenarnya.

Kita dapat memikirkan nilai sebenarnya dari kuantitas sebagai nilai yang didekati dengan semakin dekat seiring bertambahnya jumlah pengukuran yang dilakukan dengan meningkatkan perhatian. Dengan demikian, nilai sebenarnya adalah idealisasi yang mirip dengan titik matematis tanpa ukuran atau garis tanpa lebar (nilai antara); seperti titik atau garis, itu adalah idealisasi yang berguna. Selanjutnya akan ditunjukkan nilai sebenarnya dari jumlah yang diukur x, y,…… menggunakan huruf kapital yang sesuai X, Y, ……. Jika pengukuran x tunduk pada banyak kesalahan acak kecil tetapi kesalahan sistematis yang dapat diabaikan, distribusinya akan berbentuk kurva simetris berbentuk lonceng berpusat pada nilai X yang sebenarnya.



Gambar 5.8 Fungsi Gaussian adalah bntuk bel ditengah dengan *x=0*. Kurva bentuk bel lebar jika σ besar dan kecil apabila *σ* kecil. Meskipun untuk sekarang akan dilihat *σ* hanya sebatas parameter karakteristik lebar dari kurva bel.

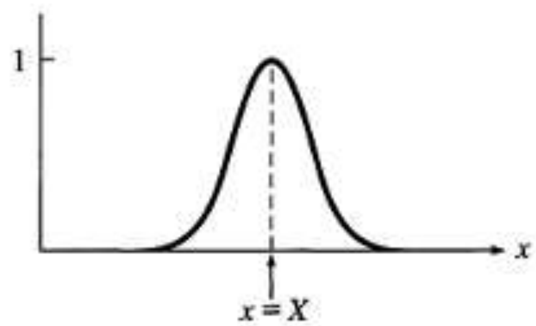
Fungsi matematika yang menggambarkan kurba bentuk bel di sebut distribusi normal atau fungsi Gaussian. Dengan fungsinya adalah

$$e^{-x^2/2\sigma^2} \qquad 5.12$$

di mana σ adalah parameter lebar yang menentukan dari kurva. Penting untuk mengenal sifat-sifat fungsi ini. Ketika x = 0, fungsi Gauss (5.12) sama dengan satu. Fungsi ini simetris x = 0, karena memiliki nilai yang sama untuk x dan -x. Ketika x bergerak menjauh dari nol di kedua arah, $-x^2/2\sigma^2$ meningkat dengan cepat jika σ kecil, lebih lambat jika σ besar. Oleh karena itu, saat x menjauh dari titik asal, fungsi (5.17) berkurang ke nol. Dengan demikian, tampilan umum fungsi Gauss (5.12) adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.8. Grafik menggambarkan parameter lebar untuk σ karena bentuk lonceng lebar jika σ besar dan sempit jika σ kecil.

Fungsi Gauss (5.12) adalah kurva berbentuk lonceng yang berpusat pada $x=0$. Untuk mendapatkan kurva berbentuk bel ditengah pada beberapa nilai $x=X$, kita hanya mengganti x pada (5.12) menjadi x - X. Dengan demikian, fungsinya menjadi maksimum pada $x=X$ dan secara simetris pada sisi lain dari $x=X$ seperti pada gambar 5.9

$$e^{-(x-X)^2/2\sigma^2} \qquad 5.13$$



Gambar 5.9 Fungsi Gaussian (5.13) adalah gfrafik bentuk bel ditenah pada x=X

Persamaan 5.13 bukan merupakan penggambaran final dari batas distribusi karena banyak distribusi yang haris di normalisasikan. Maka dari itu seharusnya

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1 \qquad 5.14$$

Untuk mengatur normalisasi ini, kita gunakan

$$f(x) = Ne^{-(x-X)^2/2\sigma^2} \qquad 5.15$$

(Penggandaan oleh faktor N tidak mengubah bentuk, juga tidak menggeser maksimum pada *x= X.)* Kemudian kita harus memilih "faktor normalisasi" N sehingga *f(x)* dinormalisasi seperti pada (5.14). Ini melibatkan beberapa manipulasi dasar integral, yang diberikan dalam beberapa detail:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = \int_{-\infty}^{\infty} Ne^{-(x-X)^2/2\sigma^2}dx \qquad 5.16$$

Dengan intergral ini, variabel diubah ke integral sederhana, maka dapat di atur x-$X = y$ (pada kasus ini $dx=dy$) maka diperoleh

$$= N\int_{-\infty}^{\infty} e^{-y^2/2\sigma^2}dy \qquad 5.17$$

Selanjutnya, kita gunakan $y/\sigma = z$ (dimana pada kasus ini $dy = \sigma dz$) dan diperoleh

$$= N\sigma\int_{-\infty}^{\infty} e^{-z^2/2}dz \qquad 5.18$$

Integral yang tersisa adalah salah satu integral standar dari fisika matematika. Ini dapat dievaluasi dengan metode dasar, tetapi detailnya tidak terlalu jelas, jadi hanya akan mengutip hasilnya;

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-z^2/2}dz = \sqrt{2\pi} \qquad 5.19$$

Mengulang dari 5.16 dan 5.18, dapat diperoleh

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = N\sigma\sqrt{2\pi} \qquad 5.20$$

Karena initegral ini harus bernilai satu, maka kita haris memilih faktor normalisasi N menjadi

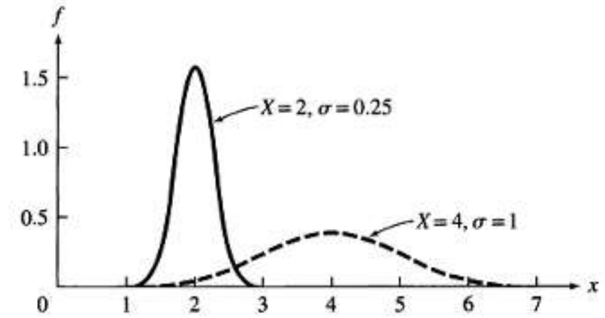
$$N = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \qquad 5.21$$

Dengan pemilihan faktor normalisasi, kita dapatkan bentk akhir untuk fungsi gauss/normalisasi/fungsi distribusi, yang di ditunjukkan oleh $G_{X,\sigma}(x)$:

$$G_{X,\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{(x-X)^2/2\sigma^2} \qquad 5.22$$

Perhatikan bahwa penambahan subskrip X dan σ untuk menunjukkan pusat dan lebar distribusi. Fungsi $G_{X,\sigma}(x)$ menjelaskan distribusi hasil yang terbatas dalam suatu pengukuran kuantitas x yang nilainya sebenarnya X, jika pengukurannya tunduk hanya untuk kesalahan acak. Pengukuran yang distribusi pembatasnya diberikan oleh fungsi Gauss (5.22) dikatakan terdistribusi normal.

Pentingnya parameter lebar σ dieksplorasi. Kita telah melihat bahwa nilai kecil σ memberikan distribusi puncak tajam, yang sesuai dengan pengukuran yang tepat, sedangkan nilai besar σ memberikan distribusi luas, yang sesuai dengan pengukuran presisi rendah. Gambar 5.10 menunjukkan dua contoh distribusi Gauss dengan pusat yang berbeda X dan lebar σ. Dari sini diketahui bahwa faktor σ penyebut dari (5.22) dipastikan distribusi kecil (σ lebih kecil) secara otomatis tetinggi dibagian pusatnya sehingga total area di bawah kurva sama dengan 1.



Gambar 5.10 Dua Grafik normalisasi

Contoh :

Diberikan suatu data yang distribusi normal dengan rata-rata 60, simpangan baku 10. Hitung dan gambarkan luas daerah yang dibatasi antara X = 40 dan X = 70.

Penyelesaian:

Diketahui μ=60 σ=110. Luas kurva normal 40< X <70

$$P(40 < X < 70) = P(X < 70) - P(X < 40)$$

$$P(40 < X < 70) = P\left(Z < \frac{70-\mu}{\sigma}\right) - P\left(Z < \frac{40-\mu}{\sigma}\right)$$

$$P(40 < X < 70) = P\left(Z < \frac{70-60}{10}\right) - P\left(Z < \frac{40-60}{10}\right)$$

$$(40 < X < 70) = P(Z < 1) - P(Z < -2)$$

$$(40 < X < 70) = 0{,}841 - 0{,}023 = 0{,}818$$

Untuk penyelesaiannya gunakan tabel Z distribusi normal.

Rangkuman

- Histogram adalah modifikasidari diagram batang, jika pada diagram batang, gambar batang-batang terpisah maka pada histogram gambar batang-batangnya berhimpit. Tampilan grafis dari tabulasi frekuensi yang digambarkan dengan grafis batangan sebagai manifestasi data binning. Tiap tampilan batang menunjukkan proporsi frekuensi pada masing-masing data kategori yang berdampingan dengan interval yang tidak tumpang tindih. Histogram dapat disajikan dari distribusi frekuensi tunggal maupun kelompok. Histogram adalah grafik balok yang memperhatikan satu macam pengukuran dari suatu proses atau kejadian. Grafis ini sangat cocok untuk data yang dikelompokkan.

- Dengan pemilihan faktor normalisasi, kita dapatkan bentuk akhir untuk fungsi gauss/normalisasi/fungsi distribusi, yang di ditunjukkan oleh $G_{X,\sigma}(x)$:

$$G_{X,\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{(x-X)^2/2\sigma^2}$$

Latihan

1. Sebuah supplier minyak tanah yang menguasai suatu daerah dari bulan Desember sampai Februari dapat memasarkan minyak rata rata 8.000 liter perhari dengan simpangan baku 1.000 liter perhari. Jika suatu hari supplier dapat menawarkan 9.250 liter per hari, berapa probabilitas bahwa permintaan suatu hari dapat melampaui jumlah yang dapat ditawarkan?
2. Dari data disebuah game online diketahui bahwa lamanya waktu yang dihabiskan pengunjung untuk bermain ditempat itu berdistribusi normal dengan simpangan baku 37 menit. Diketahui juga bahwa terdapat 14% member yang menghabiskan waktu diklub lebih dari 230 menit. Tentukan mean!

Evaluasi Pembelajaran

1. Berdasarkan data kependudukan usia harapan hidup penduduk di suatu wilayah berdistribusi normal dengan rata-rata 44,8 dengan simpangan baku 11,3 jika jumlah penduduk mencapai 110 orang tentukan jumlah penduduk yang mempunyai harapan hidup.
   A. Usia diatas 60
   B. Usia diatas 40
   C. Antara 45 dan 65
   D. Antara 55 dan 60

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.

3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 2: Distribusi Binomial dan Pisson

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui distribusi binomial dan Poisson.
b. Mahasiswa mampu menentukan probabilitas distrbusi binomial dan Poisson
c. Mahasiswa mampu membedakan antarSa distribusi binomial dan poisson

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Distribusi Binomial

Sering dalam berbagai macam permasalahan peluang hanya memiliki dua kemungkinan hasil atau dapat disederhanakan menjadi dua kemungkinan. Sebagai contoh, ketika suatu koin dilempar, maka kita akan mendapat angka atau gambar. Ketika seorang bayi lahir, maka seorang bayi tersebut merupakan bayi laki-laki atau perempuan. Dalam permainan bola basket, tim yang bermain bisa menang atau kalah. Keadaan benar/salah tersebut dapat dijawab dengan dua cara, yaitu benar atau salah. Kondisi-kondisi lainnya dapat disederhanakan untuk menghasilkan dua kemungkinan. Sebagai contoh, suatu pengobatan medis dapat diklasifikasikan sebagai efektif atau tidak efektif, tergantung hasilnya. Seseorang dapat dikategorikan memiliki tekanan darah normal atau tidak normal, tergantung dari pengukuran tekanan darahnya. Pertanyaan-pertanyaan pilihan ganda, walaupun memiliki empat atau lima pilihan jawaban, dapat diklasifikasikan menjadi benar atau salah. Kondisi-kondisi yang telah dicontohkan tersebut dinamakan percobaan binomial.

Percobaan binomial merupakan suatu percobaan yang memenuhi empat syarat berikut:

1. Terdapat n kali percobaan.
2. Masing-masing percobaan hanya dapat menghasilkan dua kemungkinan, atau hasil yang diperoleh dapat disederhanakan menjadi dua kemungkinan. Hasil yang diperoleh tersebut dapat dianggap sebagai hasil yang sukses atau gagal.
3. Hasil dari masing-masing percobaan haruslah saling bebas.
4. Peluang untuk sukses harus sama untuk setiap percobaan

Suatu percobaan binomial dan hasilnya memberikan distribusi peluang khusus yang disebut sebagai distribusi binomial.

"Hasil-hasil percobaan binomial dan peluang yang bersesuaian dari hasil tersebut dinamakan distribusi binomial."

Dalam percobaan binomial, hasil-hasilnya seringkali diklasifikasikan sebagai hasil yang sukses atau gagal. Sebagai contoh, jawaban benar suatu pertanyaan pilihan ganda dapat diklasifikasikan sebagai hasil yang sukses, sehingga pilihan jawaban lainnya merupakan jawaban yang salah dan diklasifikasikan sebagai hasil yang gagal. Notasi-notasi yang umumnya digunakan dalam percobaan binomial dan distribusi binomial adalah sebagai berikut.

Notasi	**Keterangan**
P(S)	Simbol untuk peluang sukses.
P(F)	Simbol untuk peluang gagal.
p	Peluang sukes.
q	Peluang gagal.
	P(S) = p dan P(F) = 1 – p = q
n	Banyaknya percobaan
X	Banyaknya sukses dalam n kali percobaan

Perhatikan bahwa $0 \leq X \leq n$ dan X = 0, 1, 2, 3, …, n. Peluang sukses dalam percobaan binomial dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

Rumus Peluang Binomial

Dalam suatu percobaan binomial, peluang untuk mendapatkan tepat X sukses dalam n percobaan adalah

$$P(X) = \frac{n!}{(n-X)!X!}.p^x.q^{n-X} \qquad 5.23$$

Contoh 1: Melempar Koin

Suatu koin dilempar sebanyak tiga kali. Tentukan peluang mendapatkan tepat dua angka.

Pembahasan :

Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan melihat ruang sampelnya. Ruang sampel dari pelemparan satu koin sebanyak tiga kali adalah

S = {AAA, AAG, AGA, GAA, GGA, GAG, AGG, GGG}

Dari ruang sampel, kita dapat melihat bahwa ada tiga cara untuk mendapatkan tepat dua angka, yaitu AAG, AGA, dan GAA. Sehingga peluang kita mendapatkan tepat dua angka adalah 3/8 atau 0,375. Dengan melihat kembali Contoh 1 dari sudut pandang percobaan binomial, maka contoh tersebut memenuhi keempat kriteria percobaan binomial.

1. Terdapat tiga kali percobaan.
2. Setiap percobaan hanya memiliki dua kemungkinan, yaitu angka (A) atau gambar (G).
3. Hasil dari masing-masing percobaan saling bebas (hasil dari suatu pelemparan tidak mempengaruhi hasil pelemparan lainnya).
4. eluang percobaan sukses (angka) adalah ½ di setiap percobaannya.

Dalam kasus ini, n = 3, X = 2, p = ½, dan q = ½. Sehingga dengan mensubstitusi nilai-nilai tersebut ke dalam rumus, kita mendapatkan

$$P(2\ angka) = \frac{3!}{(3-2)!\,2!}.(\frac{1}{2})^2.(\frac{1}{2})^1 = \frac{3}{8} = 0{,}375$$

Contoh 2: Survei Kunjungan Dokter

Suatu survei menemukan bahwa satu dari lima orang berkata bahwa dia telah mengunjungi dokter dalam sembarang bulan yang ditanyakan. Jika 10 orang dipilih secara acak, berapakah peluang tiga diantaranya sudah mengunjungi dokter bulan lalu?

Pembahasan

Pada kasus ini, n = 10, X = 3, p = 1/5, dan q = 4/5. Sehingga,

$$P(3) = \frac{10!}{(10-3)!\,3!}.(\frac{1}{5})^3.(\frac{4}{5})^7 = 0{,}201$$

Jadi peluang tiga orang yang dipilih sudah mengunjungi dokter bulan lalu adalah 0,201.

Menghitung peluang dengan menggunakan rumus binomial bisa menjadi membosankan, sehingga tabel distribusi binomial telah dikembangkan untuk beberapa nilai n dan p.

Contoh 3: Survei Ketakutan untuk Berada di Rumah pada Malam Hari

Suatu lembaga survei melaporkan bahwa 5% orang merasa takut untuk sendirian berada di rumah pada malam hari. Jika 20 orang diambil secara acak, tentukan peluang dengan menggunakan tabel binomial.

1. Terdapat 5 orang dalam sampel yang takut sendirian dalam rumah pada malam hari.
2. Terdapat paling banyak 3 orang dalam sampel yang takut sendirian dalam rumah pada malam hari.
3. Terdapat paling sedikit 3 orang dalam sampel yang takut sendirian dalam rumah pada malam hari.

Pembahasan

1. Pada permasalahan ini, kita mempunyai n = 20, X = 5, dan p = 0,05. Sehingga, dengan melihat tabel binomial kita mendapatkan peluangnya adalah 0,002.

Table B	*(concluded)*									
						p				
n	***x***	**0.05**	**0.1**	**0.2**	**0.3**	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**0.**
20	0	0.358	0.122	0.012	0.001					
	1	0.377	0.270	0.058	0.007					
	2	0.189	0.285	0.137	0.028	0.003				
	3	0.060	0.190	0.205	0.072	0.012	0.001			
	4	0.013	0.090	0.218	0.130	0.035	0.005			
	5	0.002	0.032	0.175	0.179	0.075	0.015	0.001		
	6		0.009	0.109	0.192	0.124	0.037	0.005		
	7		0.002	0.055	0.164	0.166	0.074	0.015	0.001	
	8			0.022	0.114	0.180	0.120	0.035	0.004	
	9			0.007	0.065	0.160	0.160	0.071	0.012	
	10			0.002	0.031	0.117	0.176	0.117	0.031	0.0
	11				0.012	0.071	0.160	0.160	0.065	0.0
	12				0.004	0.035	0.120	0.180	0.114	0.0
	13				0.001	0.015	0.074	0.166	0.164	0.0
	14					0.005	0.037	0.124	0.192	0.1
	15					0.001	0.015	0.075	0.179	0.1
	16						0.005	0.035	0.130	0.2
	17						0.001	0.012	0.072	0.2
	18							0.003	0.028	0.1
	19								0.007	0.0
	20								0.001	0.0

Gambar 5.11 Tabel Binomial

2. Pada soal yang kedua, kita mempunyai n = 20 dan p = 0,05. “Paling banyak 3 orang” berarti 0, atau 1, atau 2, atau 3. Sehingga solusinya adalah

$$P(0)+P(1)+ P(2)+P(3) = 0{,}358+0{,}377+0{,}189+0{,}060 = 0{,}984$$

3. Kita memiliki n = 20 dan p = 0,005. “Paling sedikit 3 orang” berarti 3, 4, 5, …, 20. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menyelesaikan P(0) + P(1) + P(2) kemudian mengurangkannya dari 1.

$$P(0)+P(1)+ P(2)= 0{,}358+0{,}377+0{,}189 = 0{,}924$$
$$1 - 0{,}924= 0{,}076$$

Jadi, kita peroleh peluangnya adalah 0**,076.**

Rumus-rumus tersebut secara aljabar ekuivalen dengan rumus-rumus untuk rata-rata, varians, dan simpangan baku variabel distribusi peluang, tetapi karena variabel-variabel tersebut memiliki distribusi binomial, maka variabel-variabel tersebut dapat disederhanakan dengan menggunakan aljabar.

Contoh 4: Pelemparan Koin

Suatu koin dilemparkan sebanyak 4 kali. Tentukan rata-rata, varians, dan simpangan baku dari banyaknya angka yang muncul.

Pembahasan

Dengan menggunakan rumus distibusi binomial dan n = 4, p = ½, serta q = 1/2 hasilnya adalah

$$\mu = n\,.\,p = 4\,.\frac{1}{2} = 2$$

$$\sigma^2 = n\,.\,p\,.\,q = 4\,.\frac{1}{2}\,.\frac{1}{2} = 1$$

$$\sigma = \sqrt{1} = 1$$

Dari Contoh 4, ketika empat koin dilemparkan beberapa kali, rata-rata banyaknya angka yang muncul adalah 2, dan simpangan bakunya adalah 1. Nilai-nilai tersebut merupakan nilai teoritis. Seperti yang telah dinyatakan sebelumnya, permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan rumus untuk nilai yang diharapkan. Distribusinya ditunjukkan oleh tabel berikut.

Banyak angka yang muncul X	0	1	2	3	4
Peluang P(X)	1/16	4/16	6/16	4/16	1/16

Rata-rata, varians, dan simpangan bakunya dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\mu = E(X) = \sum X\,.\;P = 0 \cdot \frac{1}{16} + 1 \cdot \frac{4}{16} + 2 \cdot \frac{6}{16} + 3 \cdot \frac{4}{16} + 4 \cdot \frac{1}{16} = \frac{32}{16} = 2$$

$$\sigma^2 = \sum X^2\,.\;P(X) - \mu^2$$

$$= \left(0^2 \cdot \frac{1}{16} + 1^2 \cdot \frac{4}{16} + 2^2 \cdot \frac{6}{16} + 3^2 \cdot \frac{4}{16} + 4^2 \cdot \frac{1}{16}\right) - 2^2$$

$$= \tfrac{80}{16} - 4 = 1$$

$$\sigma = \sqrt{1} = 1$$

Jadi, rumus binomial yang sudah disederhanakan memberikan hasil yang sama

Distribusi Poisson

Distribusi Poisson adalah percobaan yang menghasilkan nilai numerik pada suatu variabel acak x, jumlah keluaran yang terjadi selama suatu selang waktu yang diketahui atau di dalam suatu daerah (ruang) yang ditentukan disebut sebagai percobaan Poisson, sehingga sebuah percobaan Poisson dapat memunculkan pengamatan untuk peubah acak x.

Ciri-ciri distribusi Poisson yaitu:

1. Hasil percobaan pada suatu selang waktu dan tempat tidak tergantung dari hasil percobaan diselang waktu dan tempat yang lain yang tterpisah.
2. Peluang terjadinya suatu hasil percobaan sebanding dengan panjang selang waktu dan luas tempat percobaan terjadi. Hal ini berlaku hanya untuk selang waktu yang singkat dan luas daerah yang sempit.
3. Peluang lebih dari satu hasil percobaan akan terjadi pada satu selang waktu yang singkat dan luasan tempat yang sama diabaikan.

Contoh :

Peristiwa datangnya kendaraan yang lewat dalam suatu interval waktu di suatu ruas jalan. Dari peristiwa tersebut, dapat diamati hal-hal berikut.

- Tingkat kedatangan rata-rata kendaraan dapat dihitung berdasarkan data masa lalu.
- Tingkat kedatangan rata-rata kendaraan per satuan waktu adalah konstan.
- Banyaknya kedatangan kendaraan dalam suatu interval waktu tertentu merupakan peristiwa independen (bebas).
- Probabilitas kedatangan kendaraan-kendaraan itu dalam suatu interval waktu adalah sangat kecil, dan dapat dikatakan mendekati nol.

Kegunaan Distribusi Poisson

1. Menghitung probabilitas terjadinya peristiwa menurut satuan waktu, ruang atau isi, luas, panjang tertentu, seperti menghitung probabilitas dari:
   - banyaknya penggunaan telepon per menit atau banyaknya mobil yang lewat selama 5 menit di suatu ruas jalan;
   - banyaknya bakteri dalam 1 tetes atau 1 liter air;
   - banyaknya kesalahan ketik per halaman sebuah buku;
   - banyaknya kecelakaan mobil di jalan tol selama minggu pertama bulan Oktober.
2. Menghitung distribusi binomial apabila nilai n besar ($n \geq 30$) dan p kecil ($p < 0{,}1$)

Distribusi Poisson menggambarkan probabilitas pada peristiwa acak (random) yang akan terjadi pada jeda (interval) waktu atau ruang dengan kondisi probabilitas sangat kecil, meskipun jumlah percobaan yang dilakukan besar tetapi hasilnya tidak berarti. Adapun proses dari distribusi Poisson yaitu:

1. Percobaan Bernoulli menghasilkan variabel random x yang bernilai numerik, yaitu jumlah sukses yang terjadi.
2. Jika pengamatan dilakukan pada suatu rentang interval waktu, maka dapat diamati bahwa variabel random x adalah terjadinya sukses selama waktu tertentu.
3. Jika perhatian ditujukan pada kejadian sukses yang muncul pada suatu rentang yang kecil, maka terjadi sebuah proses Poisson.

Pendekatan peluang Poisson untuk peluang Binomial dilakukan untuk mendekatkan probabilitas dari kelas sukses (x) dari n percobaan Binomial dalam situasi di mana sampel sangat besar (n > 20) dan probabilitas kelas sukses sangat kecil (p < 0,05). Rumus pendekatan peluang Poisson untuk Binomial adalah

$$f(x) = P(X = x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \qquad 5.24$$

dengan: e = 2,71828
λ = rata-rata keberhasilan = n p
x = banyaknya unsur berhasil dalam sampel
n = jumlah/ukuran populasi
p = probabilitas kelas sukses

Probabilitas suatu peristiwa yang berdistribusi Poisson bisa juga dirumuskan:

$$f(x) = P(X = x) = \frac{\lambda t^x e^{-\lambda t}}{x!} \qquad 5.25$$

contoh 1 :

Sebuah toko alat-alat listrik mencatat rata-rata penjualan lampu TL 40 W setiap hari 5 buah. Jika permintaan akan lampu tersebut mengikuti distribusi Poisson, berapa probabilitas untuk penjualan berikut?

a. 0 lampu TL
b. 3 lampu TL

Pembahasan :

λ=5 ; $e^{-5} = 2{,}71828^{-5} = 0{,}00674$

0 lampu TL

$$P(X = 0) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} = \frac{5^0(0{,}00674)}{0!} = 0{,}00674$$

3 lampu TL

$$P(X=3)=\frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}=\frac{5^3(0{,}00674)}{3!}=0{,}14$$

Contoh 2:

Ruang gawat darurat sebuah rumah sakit memiliki tingkat kedatangan rata-rata pasien sebanyak 4 orang per hari. Kedatangan pasien mengikuti proses Poisson.

a. Berapa probabilitas kedatangan 2 pasien per hari?
b. Berapa probabilitas kedatangan 2 pasien sampai pada siang hari saja?

Pembahasan :

T=1 ; λ= 4 ; x=2

a. 2 pasien perhari

$$P(X=x)=\frac{\lambda t^x e^{-\lambda t}}{x!}=\frac{(4x1)^2 2{,}71828^{-4x1}}{2!}=0{,}1465$$

b. 2 pasien sampai pada siang hari (x = 2) berarti t=$\frac{12}{24}=\frac{1}{2}$

$$P(X=x)=\frac{\lambda t^x e^{-\lambda t}}{x!}=\frac{(4x\frac{1}{2})^2 2{,}71828^{-4x\frac{1}{2}}}{2!}=0{,}271$$

Probabilitas distribusi Poisson kumulatif

Probabilitas Poisson kumulatif adalah probabilitas dari peristiwa Poisson lebih dari satu. Probabilitas Poisson kumulatif (PPK) dapat dihitung dengan rumus:

$$PPK=\sum_{x=0}^{n}\frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

$$PPK=\sum_{x=0}^{n}P(X=x)$$

$$PPK=P(X=0)+P(X=1)+P(X=2)+\cdots.+P(X=n)$$

Contoh 3:

Sebuah toko alat-alat listrik mencatat rata-rata penjualan lampu TL 40 W setiap hari 5 buah. Permintaan akan lampu tersebut mengikuti distribusi Poisson.

a. Tentukan probabilitas penjualan paling banyak 2 lampu!
b. Andaikan persediaan (stock) lampu sisa 3, berapa probabilitas permintaan lebih dari 3 lampu?

Pembahasan :
λ=5 ; $e^{-5} = 2{,}71828^{-5} = 0{,}00674$

a. paling banyak 2 lampu (x=0,1,2)

$$P(X = 0,1,2) = P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) = 0{,}125$$

b. permintaan lebih dari 3 lampu (x≥3)

$$P(X \geq 3) = 1 - \sum_{x=0}^{2} P(X = x)$$
$$P(X \geq 3) = 1 - P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) = 0{,}735$$

$$P(X \geq 3) = 0{,}735$$

Distribusi Poisson sebagai pendekatan distribusi binomial dirumuskan:

$$P(X = x) = \frac{(n\ x\ p)^{x}\ x\ e^{-n\ x\ p}}{x!}$$

Keterangan :
$n\ x\ p =$ rata-rata distribusi binomial

Rata-rata, Varians, dan Simpangan Baku Distribusi Poisson
Distribusi Poisson memiliki rata-rata (mean), varians, dan simpangan baku sebagai berikut:
Rata-rata Distribusi Poisson

$$E(X) = \mu = \lambda = n\ x\ p$$

Varians Distribusi Poisson

$$E(X - \lambda)^2 = \sigma^2 = n\ x\ p$$

Simpangan baku Distribusi Poisson

$$\sigma = \sqrt{\lambda} = \sqrt{n\ x\ p}$$

Perbandingan Dua Distribusi

Dalam teori probabilitas dan statistika, distribusi Binomial adalah distribusi probabilitas diskrit yang jumlah keberhasilan dalam n percobaan (berhasil/gagal) saling bebas dengan setiap hasil percobaan memiliki probabilitas p. Eksperimen berhasil/gagal disebut juga percobaan Binomial. Bila bilangan n kecil dan p besar, maka perhitungan probabilitas nilai variabel acak x tidak mengalami masalah, karena nilai probabilitas p dapat dihitung secara langsung atau diperoleh dengan memakai tabel untuk bilangan n, nilai p dan nilai x tertentu. Namun jika n besar dan p sangat kecil, maka probabilitas nilai x sulit dihitung baik secara langsung maupun dengan memakai Tabel Distribusi Binomial karena tabel hanya menyediakan nilai probabilitas untuk maksimum n = 30 dan nilai minimum p = 0,01.

Dalam perhitungan probabilitas distribusi Binomial dilakukan dengan memakai pendekatan distribusi Poisson. Jika n besar dan p sangat kecil maka distribusi Binomial dapat didekati dengan memakai distribusi Poisson. Distibusi Poisson merupakan distribusi probabilitas untuk variabel diskrit acak yang mempunyai nilai 0, 1, 2, 3, ..., n. Distribusi Poisson adalah distribusi nilai-nilai bagi suatu variabel random x (x diskrit), yaitu banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu interval waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu. Fungsi distribusi probabilitas diskrit sangat penting dalam beberapa aplikasi praktis. Poisson memperhatikan bahwa distribusi Binomial sangat bermanfaat dan dapat menjelaskan dengan sangat memuaskan terhadap probabilitas Binomial b(x | n p) untuk x = 1,2, 3, ..., n. Namun untuk suatu kejadian dengan n besar (n > 50) sedangkan probabilitas sukses (p) kecil (p < 0,1) maka nilai Binomialnya sangat sulit ditentukan. Suatu bentuk dari distribusi ini adalah rumus pendekatan peluang Poisson untuk peluang Binomial yang dapat digunakan untuk pendekatan probabilitas Binomial dalam situasi tertentu. Maka kajian ini akan membandingkan distribusi Binomial yang mempunyai parameter n dan p dengan distribusi Poisson yang mempunyai parameter λ.

Untuk membandingkan distribusi Binomial dan distribusi Poisson adalah dengan n dan q = 1 − p yang berbeda.

Tabel 5.1: Membangkitkan Data Acak pada Percobaan Binomial dengan Parameter n, p dan Poisson dengan Parameter λ

Probabilitas Sukses (p)	0,1		0,4		0,5		0,9		0,02		0,04		0,05	
Probabilitas Gagal (q)	0,9		0,6		0,5		0,1		0,98		0,96		0,95	
Sampel	I		II		III		IV		V		VI		VII	
n	λ	σ	λ	σ	λ	σ	λ	σ	λ	σ	λ	σ	λ	σ
5	0,5	0,67	2	1,090	2,50	1,11	4,50	0,67	0,1	0,31	0,2	0,43	0	0,5
10	1,0	0,94	4	1,540	5,00	1,58	9,00	0,94	0,2	0,44	0,4	0,61	1	0,7
15	1,5	1,16	6	1,890	7,50	1,93	14,0	1,16	0,3	0,54	0,6	0,75	1	0,8
20	2,0	1,34	8	2,190	10,0	2,23	18,0	1,34	0,4	0,62	0,8	0,87	1	1,0
30	3,0	1,64	12	2,680	15,0	2,73	27,0	1,64	0,6	0,76	1,2	1,07	2	1,2
40	4,0	1,89	16	3,090	20,0	3,16	36,0	1,89	0,8	0,88	1,6	1,23	2	1,4
45	4,5	2,01	18	3,280	22,5	3,35	41,0	2,01	0,9	0,93	1,8	1,31	2	1,5
80	8,0	2,68	32	4,380	40,0	4,47	72,0	2,68	1,6	1,25	3,2	1,75	4	1,9
100	10	3,00	40	4,890	50,0	5,00	90,0	3,00	2,0	1,40	4,0	1,95	5	2,2
200	20	4,24	80	6,920	100	7,07	180	4,24	4,0	1,97	8,0	2,77	10	3,1
500	50	6,70	200	10,95	250	11,2	450	6,70	10	3,13	20	4,38	25	4,9
800	80	8,48	320	13,80	400	14,1	720	8,48	16	3,95	32	5,54	40	6,2

Lanjutan Tabel 5.1

Probabilitas Sukses (p)	0,002		0,004		0,005		0,008		0,009	
Probabilitas Gagal (q)	0,998		0,996		0,995		0,992		0,991	
Sampel	VIII		IX		X		XI		XII	
n	λ	σ	λ	σ	λ	σ	λ	σ		λ
5	0	0,09	0	0,1	0	0,2	0	0,19	0	0,21
10	0	0,14	0	0,2	0	0,2	0,1	0,28	0,1	0,29
15	0	0,17	0,1	0,2	0	0,3	0,1	0,34	0,1	0,36
20	0	0,19	0,1	0,3	0	0,3	0,2	0,39	0,2	0,42
30	0,1	0,24	0,1	0,3	0	0,4	0,2	0,48	0,3	0,51
40	0,1	0,28	0,2	0,4	0	0,4	0,3	0,56	0,4	0,59
45	0,1	0,29	0,2	0,4	0	0,5	0,4	0,59	0,4	0,63
80	0,2	0,39	0,3	0,6	0	0,6	0,6	0,79	0,7	0,84
100	0,2	0,44	0,4	0,6	1	0,7	0,8	0,89	0,9	0,94
200	0,4	0,63	0,8	0,9	1	1,0	1,6	1,25	1,8	1,33
500	1,0	0,99	2,0	1,4	3	1,6	4,0	1,99	4,5	2,11
800	1,6	1,26	3,2	1,8	4	2,0	6,4	2,51	7,2	2,67

Menggunakan Tabel Distribusi Binomial

Tabel distribusi Binomial disusun untuk membantu mengetahui suatu probabilitas secara tepat. Dalam Tabel Ditribusi terdapat jumlah percobaan (n), probabilitas sukses (p) dan kejadian (x), sedangkan untuk menggunakan tabel distribusi Poisson menghendaki pengetahuan nilai tengah rata-rata hitung (λ = n p) dan jumlah sukses x.

Contoh kasus membangkitkan data acak pada distribusi Binomial dan Poisson yaitu: Sebuah perusahaan komputer menghasilkan chip-chip komputer. Chip-chip ini selalu diuji kualitasnya. Pengalaman menunjukkan bahwa ½ % dari chip-chip yang diuji rusak (defect). Setiap harinya perusahaan komputer itu menghasilkan 800 buah chip komputer. Berapakah probabilitas bahwa pada hari tertentu lima chip akan rusak?

Penyelesaian:

1. Dikerjakan dengan model Distribusi Binomial
   n= 800 ; p=0,005 ; x=5 ; q = 0,995

$$P(x = 5) = b\{x; n, p\} = \frac{n!}{x!\,(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x}$$

$$= b\{x; n, p\} = \frac{800!}{5!\,(795)!} 0{,}005^5 (0{,}995)^{795}$$

$$= b\{x; n, p\} = (2{,}69668)(0{,}005)^5 (0{,}995)^{795} = 0{,}157 = 15{,}70\ \%$$

2. Dikerjakan dengan model distribusi Poisson
   n= 800 ; p=0,005 ; x=5
   λ = n p = (800) (0,005) = 4

$$P(X = 5) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

$$= \frac{4^5(2,71828)^{-4}}{5!}$$

$$= \frac{(1024)(0,0183)}{120}$$

$$= 0,156 = 15,60\%$$

Analisis

Dengan jumlah 0,157 atau 15,70% dari sampel acak sebanyak 800 buah chip komputer dan rata-rata produk rusak setiap kali produksi adalah sebesar ½ % dapat dikatakan kecil. Namun pada kenyataanya meskipun dilihat secara persentase kecil (hanya 15,70%) yang namanya produk rusak harus tetap dikurangi atau bahkan dihilangkan untuk mengurangi kerugian dari perusahaan komputer tersebut.

Dari analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil kajian menunjukkan adanya pendekatan nilai probabilitas distribusi Binomial dengan Poisson untuk n > 45 dan 0, 02 ≤ p ≤ 1.

Maka pendekatan terhadap distribusi Poisson terhadap distribusi Binomial akan lebih baik.

2. Dalam grafik fungsi Binomial dan Poisson semakin besar nilai n (n > 45) dan semakin kecil nilai p (0, 02 ≤ p ≤ 1) akan membentuk histogram yang hampir mirip.

3. Distribusi Binomial dan Poisson sangat baik digunakan untuk menganalisis kesuksesan dan kegagalan untuk memperkecil persentase kerugian.

4. Proses atau tahapan dengan menggunakan bantuan software ”R” untuk menggambarkan histogram dan Microsoft Excel untuk menentukan nilai probabilitas Distribusi Binomial dan Poisson lebih cepat dan lebih mudah daipada menggunakan tabel.

Rangkuman

- Distribusi Binomial adalah distribusi probabilitas diskrit yang jumlah keberhasilan dalam n percobaan (berhasil/gagal) saling bebas dengan setiap hasil percobaan memiliki probabilitas p.
- Dalam perhitungan probabilitas distribusi Binomial dilakukan dengan memakai pendekatan distribusi Poisson. Jika n besar dan p sangat kecil maka distribusi Binomial dapat didekati dengan memakai distribusi Poisson.
- Distibusi Poisson merupakan distribusi probabilitas untuk variabel diskrit acak yang mempunyai nilai 0, 1, 2, 3, ..., n. Distribusi Poisson adalah distribusi nilai-nilai bagi suatu variabel random x (x diskrit), yaitu banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu interval waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu.
- Fungsi distribusi probabilitas diskrit sangat penting dalam beberapa aplikasi praktis. Poisson memperhatikan bahwa distribusi Binomial sangat bermanfaat dan dapat menjelaskan dengan sangat memuaskan terhadap probabilitas Binomial $b(x \mid n\ p)$ untuk $x = 1, 2, 3, ..., n$. Namun untuk suatu kejadian dengan n besar ($n > 50$) sedangkan probabilitas sukses (p) kecil ($p < 0{,}1$) maka nilai Binomialnya sangat sulit ditentukan.
- Suatu bentuk dari distribusi ini adalah rumus pendekatan peluang Poisson untuk peluang Binomial yang dapat digunakan untuk pendekatan probabilitas Binomial dalam situasi tertentu. Maka kajian ini akan membandingkan distribusi Binomial yang mempunyai parameter n dan p dengan distribusi Poisson yang mempunyai parameter λ.

Latihan

Sebuah konveksi pakaian menggunakan 20 mesin jahit. Probabilitas sebuah mesin jahit mengalami dan memerlukan perbaikan adalah 0,02. Tentukan probabilitas dari 3 mesin yang akan mengalami gangguan dan memerlukan perbaikan, gunakan pendekatan Poisson dan binomial!

Evaluasi Pembelajaran

Dalam sebuah majalah yang terdiri dari 120 halaman terdapat 80 kata yang salah cetak dan berdistribusi secara acak dalam halaman-halaman majalah tersebut. Hitung probabilitas, seandainya sebuah halaman majalah tersebut dibuka:

a. tidak terdapat salah cetak,
b. 4 kata yang salah cetak!

Umpan Balik dan Tindakana Koreksi

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 3: Estimasi Terbaik

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui nilai terbaik dari pengukuran
b. Mahasiswa mampu mengetahuiestimasi terbaik dengan menggunakan standar deviasi

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Standar Deviasi dengan taraf kepercayaan 68%

Batas diseibusi f(x) untuk pengukuran dari beberapa nilai x menunjukkan bahwa probabilitas dapat diperoleh dari nilai x. sengan bentuk intehral $\int_a^b xf(x)dx$

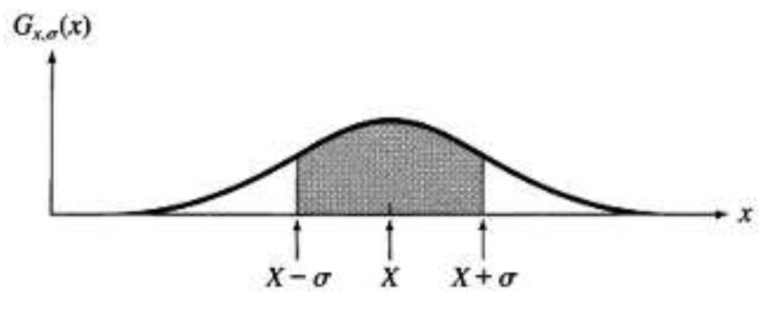
Adalah probabilitas dari satu pengukuran dengan nilai yang berada pada range a≤x≤b. juka batas distribusi adalah fungsi gauss $G_{X,\sigma}(x)$. persamaan intergral tersebut bisa di ubah/ koreksi. Secara parsial, kita dapat menghitung probabilitas sebuah pengukuran dengan nilai dalam standar deviasi σ dari nlai X yang sebenarnya.

Probabilitas ini adalah:

$$Prob(within\ \sigma) = \int_{X-\sigma}^{X+\sigma} G_{X,\sigma}(x)dx \qquad 5.26$$

$$Prob(within\ \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{X-\sigma}^{X+\sigma} e^{-(x-X)^2/2\sigma^2}dx \qquad 5.27$$

Integral tersebut diilustrasikan seperti pada gambar 5.11

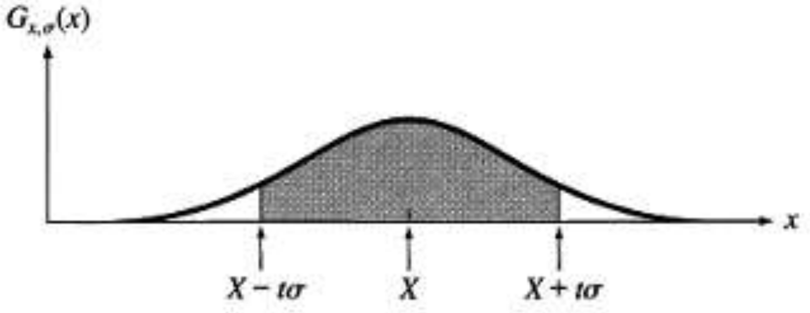


Gambar 5.12 area diantara $X \pm \sigma$ adalah probabilitas pengukuran dalam satu standar deviasi dari X

Dengan mensubstisuti (x-X)/σ=z dengan substitisu dx =σdz dan batas dari integral menjadi z=±1 , sehingga

$$Prob(within\ \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{1}^{1} e^{-z^2/2} dz \qquad 5.28$$

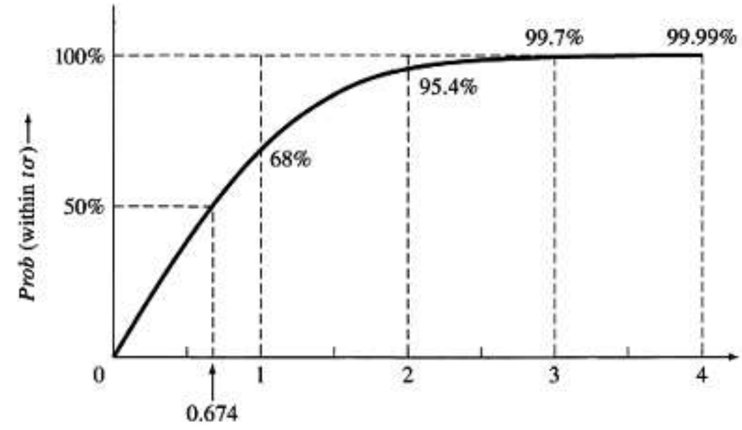
Sebelum membahas persamaan 5.25, kita dapat menemukan probabilitas untuk jawaban dalam 2σ dari X atau dalam 1,5σ dari X. Secara umum, kita bisa menghitung Prob (dalam tσ), yang berarti "probabilitas untuk sebuah jawaban dalam tσ dari X, "di mana t adalah angka positif. Probabilitas ini diberikan oleh area pada Gambar 5.13, dan perhitungan identik dengan yang mengarah ke (5.28)



Gambar 5.13 area diantara $X \pm t\sigma$ adalah probabilitas pengukuran dalam *t* standar deviasi dari X

$$Prob(within\ t\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^{t} e^{-z^2/2} dz \qquad 5.29$$

Integral (5,29) adalah integral standar fisika matematika, dan sering disebut fungsi kesalahan, dilambangkan erf(t), atau integral kesalahan normal. Ini tidak dapat dievaluasi secara analitis tetapi mudah dihitung pada komputer (atau bahkan dengan kalkulator/mesin hitung). Gambar 5.14 menunjukkan integral ini diplot sebagai fungsi t dan mentabulasikan beberapa nilai. Tabulasi yang lebih lengkap dapat ditemukan di Lampiran A. Pertama-tama kita perhatikan dari Gambar 5.14 bahwa probabilitas suatu pengukuran akan jatuh



t	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Prob (%)	0	20	38	55	68	79	87	92	95.4	98.8	99.7	99.95	99.99

Gambar 5.14 Probabilitas Prob(dalam tσ) pada pengukuran X akan ada dalam *t* standar deviasi dari nilai X yang sebenarnya.

dalam satu standar deviasi dari jawaban yang benar adalah 68%. Jika kita mengutip deviasi standar sebagai ketidakpastian kita dalam suatu pengukuran (ditulis $x = x_{best} \pm \delta x$, dan ambil $\delta x = \sigma$), maka kita dapat 68% yakin bahwa kita berada dalam jawaban yang benar.

Kita juga dapat melihat pada Gambar 5.14 bahwa probabilitas Prob (dalam tσ) dengan cepat mendekati 100% ketika t meningkat. Probabilitas bahwa suatu pengukuran akan jatuh ke dalam 2σ adalah 95,4%; bahwa untuk 3σ adalah 99,7%. Untuk menempatkan hasil ini dengan cara lain, probabilitas bahwa pengukuran akan jatuh di luar satu standar deviasi cukup besar (32%). bahwa ia akan berada di luar 2σ jauh lebih kecil (4,6%), dan itu akan berada di luar 3σ sangat kecil (0,3%).

Tentu saja, tidak ada yang memastikan benar tentang angka 68%; ini hanya terkait dengan deviasi standar σ. Salah satu alternatif dari standar deviasi disebut probable error, atau PE, dan didefinisikan sebagai jarak yang ada 50% kemungkinan pengukuran antara X± PE. Gambar 5.13 menunjukkan bahwa (untuk pengukuran yang terdistribusi normal) kemungkinan kesalahan adalah

$$PE \approx 0{,}67\sigma$$

Beberapa peneliti mengutip PE sebagai ketidakpastian dalam pengukuran. Meskipun demikian, standar deviasi adalah pilihan yang paling populer karena ikatannya yang tepat dan sangat sederhana.

Contoh :

Diberikan suatu data yang distribusi normal dengan rata-rata 60, simpangan baku 10. Hitung dan gambarkan luas daerah yang dibatasi antara X = 40 dan X = 70.

Penyelesaian :

Diketahui μ=60 σ=10. Luas Kurva normal antara 40<x<70

$$P(40 < X < 70) = P(X < 70) - P(X < 40)$$
$$= P\left(Z < \frac{70-\mu}{\sigma}\right) - P\left(Z < \frac{40-\mu}{\sigma}\right)$$
$$= P\left(Z < \frac{70-60}{10}\right) - P\left(Z < \frac{40-60}{10}\right)$$
$$= P(Z < 1) - P(Z < -2)$$
$$= 0{,}841 - 0{,}023 = 0{,}818$$

Estimasi X dan σ dari N pengukuran

Setelah N pengukuran dari distribusi normal untuk nilai x,

$$x_1, x_2, \ldots x_N,$$

estimasi terbaik untuk nilai X yang sebenanya adalah rata-rata dari pengukuran

$$(best\ estimate\ for\ X) = \bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Dan estimasi terbaik untuk lebar σ adalah standar deviasi dari pengukuran

$$(best\ estimate\ for\ \sigma) = \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(N-1)}}$$

Ketidakpastian pada estimasi ini mengikuti ketidak sesuaian pada $\bar{x}$ sebagai estimasi dari X adalah

$$(ketidakpastian\ pada\ \bar{x}) = SDOM = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$$

Dan ketidakpastian dalam σ_x merupakan estimasi dari lebar σ yang diberikan

$$(ketidakpastian\ pada\ \sigma_x) = \frac{1}{\sqrt{2(N-1)}}$$

Penerimaan dari nilai ukur

Seharusnya kita mmenguku nilai x dengan standar bentuk

$$(nilai\ dari\ x\ ) = x_{\ best} \pm \sigma$$

Dimana σ adalah standar deviasi. Berdasar dari beberapa teori, nilai hasil pengukuran x_{exp} dan nilai x_{best} berbeda. Dimana

$$t = \frac{|X_{best} - x_{exp}|}{\sigma}$$

Dengan asumsi biasanya terdistribusi x_{exp} sekitar dengan lebar σ, kita dapat menemukan dari Lampiran A probabilitas Prob {luar tσ) dengan jarak lebih lebar. Jika probabilitas ini kurang dari beberapa tingkat yang dipilih (1%, misalnya), kami menilai perjanjian tidak dapat diterima pada tingkat itu. Misalnya, jika Prob (di luar tσ) kurang dari 1%. perjanjian tidak dapat diterima pada level 1%

Rangkuman

Estimasi terbaik untuk nilai X yang sebenanya adalah rata-rata dari pengukuran

$$(best\ estimate\ for\ X) = \bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Dan estimasi terbaik untuk lebar σ adalah standar deviasi dari pengukuran

$$(best\ estimate\ for\ \sigma) = \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(N-1)}}$$

Latihan

1. Pengukuran jarak tertentu x didistribusika secara normal dengan X = 10 dan σ = 2. Berapa probabilitas bahwa pengukuran tunggal akan terletak di antara x = 7 dan x = 13? probabilitas bahwa ia akan berada di luar rentang dari x 7 hingga 13?!

Evaluasi Pembelajaran

1. Survei yang besar mengungkapkan bahwa ketinggian pria di negara tertentu terdistribusi secara normal, dengan rata-rata h =69’’dan standar deviasi σ=2’’ sampel acak 1.000 pria, Berapa banyak pria yang memiliki ketinggian :
   (a) antara 67 "dan 71"?
   (b) lebih dari 71 "?
   (c) lebih dari 75 ")
   (d) antara 65 "dan 67"?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Modul 6:

PENOLAKAN DATA

A. Pendahuluan

1. Deskripsi singkat modul

Pada makalah ini anda akan mempelajari tentang fungsi penolakan data, nilai rata-rata berbobot dan metode Least Square. Pada data pengukuran/ pengamatan perlu dicermati sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut, bila ada data yang menyimpang dapat dilakukan penolakan.

Pada proses pengukuran, tidak ada data yang tepat dalam metode pengukuran. Dalam setiap pengukuran memiliki ralat atau kesalahan pada data. Namun pada pada hasil pengukuran diperlukan adanya toleransi penyimpangan sehingga data tersebut masih ditoleransi (dapat diterima) pada proses penolakan data, ada dua kriteria yang dapat dipilih untuk menentukan data dapat diterima atau ditolak.

Selain diperlukan untuk mengetahui rata rata dari hasil pengukuran yang dilakukan, perlu diperhatikan juga terkait karakteristik tiap satuan data. Maka dari itu perlu untuk mengetahui rata-rata tertimbang/berbobot tiap data yang dihasilkan sehingga data mudah di analisis tiap satuan data.

Metode Least Square di digunakan sebagai pedoman kita dalam penentuan presisi dari hasil pengukuran. Dalam metode ini akan di analisis data tersebut dengan pendekatan garis lurus. Selain itu, metode ini dapat digunakan untuk memprediksi data selanjutnya dar hasil pengukuran. Dan dapat menyimpulkan seperti apa model dari data yang telah dihasilkan.

2. Capaian Pembelajaran (CP) Lulusan

Paramater Khusus :

KK-3 :Mampu menganalisis masalah, menemukan sumber masalah, dan menyelesaikan masalah instrumentasi fisika dalam proses pembelajaran isika dan masalah manajemen laboratorium fisika sesuai dengan kaidah keilmuan fisika

Parameter Pengetahuan :

P-5 :Metodologi penelitian pendidikan fisika

P-11 :Konsep umum dan metode penelitian kependidikan di bidang Fisika

3. Kemampuan Akhir (KA)

1. Mahasiswa mampu memahami kriteria penolakan data.
2. Mahasiswa mampu menngetahui nilai rata-rata berbobot.

3. Mahasiswa mampu mengetahui kovarian dan korelasi pada data

4. Prasyarat Kompetensi

-

5. Kegunaan Modul

Modul ini digunakan untuk dapat menjelaskan tentang syarat penolakan data dan nilai rata-rata berbobot. Pada modul ini juga membahas tentang kovarian dan korelasi antar data.

6. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok

- Penolakan data
- Nilai rata-rata berbobot
- Kovarian dan Korelasi

Kegiatan Pembelajaran 1: Penolakan Data

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui kriteria penolakan data
b. Mahasiswa mampu mengetahui tujuan penolakan data

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Masalah Penolakan Data

Terkadang, dalam satu pengukuran serangkaian pengukuran tampaknya tidak sesuai dengan yang lainnya. ketika ini terjadi, eksperimen harus memutuskan apakah pengukuran anomali dihasilkan dari beberapa kesalahan dan harus ditolak karena pengukuran yang sebenarnya (asli) harus digunakan dengan semua pengukuran yang dilakukan. misalnya, bayangkan kita membuat enam pengukuran periode pendulum dan mendapatkan hasilnya (semua dalam hitungan detik)

$$3.8, 3.5, 3.9, 3.9, 3.4, 1.8.$$

Dalam contoh ini, nilai 1.8 hasilnya berbeda dari yang lainnya, dan kita harus menyelidiki apa yang menyebabkan hasilnya berbeda dari yang lain, pengukuran yang sah dapat menyimpang secara signifikan dari pengukuran lain dari kuantitas yang sama. namun demikian, perbedaan yang sah sebesar pengukuran terakhir sangat tidak mungkin, jadi cenderung bahwa nilai 1.8 dihasilkan dari beberapa kesalahan yang tidak terdeteksi atau penyebab eksternal lainnya. Misalnya, salah membaca waktu terakhir atau waktu listrik berhenti sebentar selama pengukuran terakhir karena kegagalan daya sesaat.

Jika kita telah menyimpan catatan yang sangat hati-hati, kadang-kadang kita mungkin dapat menetapkan penyebab pasti untuk pengukuran anomaly (yang tidak tepat). sebagai contoh, catatan mungkin menunjukkan bahwa stopwatch yang berbeda digunakan untuk penghitungan waktu terakhir pada data tersebut di atas, dan pemeriksaan selanjutnya mungkin menunjukkan bahwa stopwatch ini berjalan lambat. dalam hal ini, pengukuran anomali harus ditolak.

Sayangnya, menetapkan penyebab eksternal untuk hasil yang tidak normal biasanya tidak mungkin. kita kemudian harus memutuskan apakah akan menolak anomali hanya dengan memeriksa hasilnya sendiri, dan di sini pengetahuan kita tentang distribusi gauss terbukti bermanfaat. penolakan terhadap data adalah pertanyaan kontroversial yang tidak disetujui para pakar. itu juga pertanyaan penting. dalam contoh, perkiraan terbaik untuk periode pendulum dipengaruhi secara signifikan jika menolak 1.8 detik. rata-rata dari keenam pengukuran adalah

3,4 detik, sedangkan lima pengukuran pertama adalah 3,7 detik, perbedaan yang cukup besar.

Para ilmuwan memutuskan untuk "memperbaiki" data tersebut. dengan kemungkinan bahwa hasil anomali dapat mencerminkan beberapa efek penting. memang, banyak penemuan ilmiah penting mula-mula muncul sebagai pengukuran anomali yang tampak seperti kesalahan. dalam membuang waktu 1,8 detik pada contoh , kita mungkin membuang bagian paling menarik dari data. pada kenyataannya, dihadapkan dengan data seperti di atas, satu-satunya jalan kita yang benar-benar jujur adalah mengulang pengukuran berkali-kali. jika anomali muncul kembali, kita mungkin akan dapat melacak penyebabnya, baik sebagai kesalahan atau efek fisik nyata. jika itu tidak berulang, maka pada saat kita telah membuat, katakanlah, 100 pengukuran, tidak akan ada perbedaan yang signifikan dalam jawaban akhir kita apakah kita memasukkan anomali atau tidak. namun demikian, mengulangi pengukuran 100 kali setiap kali suatu hasil tampaknya mencurigakan seringkali tidak masuk akal (terutama di laboratorium pengajaran). oleh karena itu kami memerlukan beberapa kriteria untuk menolak hasil yang diduga. ada berbagai kriteria seperti itu, beberapa cukup rumit. kriteria sopir memberikan aplikasi sederhana dan instruktif dari distribusi gauss.

Kriteria Chauvenet.

Jika kita membuat N pengukuran X_1 , . . , X_N dari kuantitas N tunggal, dan jika salah satu hasil pengukuran (misalnya X_{sus}) adalah berbeda dengan yang lain, maka perlu digunakan metode kriteria Chauvenet untuk memberikan tes sederhana, untuk memutuskan apakah akan menolak nilai tersebut atau tidak. Pertama yang harus dilakukan yaitu menghitung mean dan standar deviasi dari semua pengukuran N, kemudian menemukan jumlah standar deviasi dari
X_{sus} yang berbeda dari $\bar{x}$.

$$t_{sus} = \frac{|x_{sus} - \bar{x}|}{\sigma_x} \qquad 6.1$$

Selanjutnya, tentukanlah probabilitas (asumsi pengukuran terdistribusi normal sekitar 0,7 dengan lebar σ_x) untuk mendapatkan hasil sebagai data yang menyimpang sebagai x_{sus}, dan,
karenanya , jumlah pengukuran diharapkan menyimpang,

$$n = NxProb(selain\ \sigma_x) \qquad 6.2$$

Jika $n < \frac{1}{2}$, sesuai dengan kriteria Chauvenet, maka kita dapat menolak nilai x_{sus}. Oleh karena ada beberapa perkecualian terhadap kriteria Chauvenet (terutama jika

N tidak terlalu besar), dimana harus digunakan hanya sebagai upaya terakhir, ketika pengukuran x tidak dapat diperiksa . Keberatan dengan kriteria Chauvenet adalah lebih besar jika dua atau lebih pengukuran memiliki x_{sus}, tetapi pengujian dapat diperluas untuk situasi ini.

Contoh:
Seorang siswa membuat 10 pengukuran panjang suatu benda misalnya x, dan mendapatkan
hasilnya sebagai berikut.

46 , 48 , 44 , 38 , 45 , 47 , 58 , 44 , 45 , 43 (dalam satuan cm)

Dia sadari bahwa nilai 58 tampaknya memiliki anomali besar, kemudian dia memeriksa catatan, tetapi tidak dapat menemukan bukti bahwa hasil itu disebabkan oleh kesalahan. Karena itu ia menerapkan kriteria Chauvenet itu. Apa yang dia simpulkan?

Penyelesaian:
Dia memproses sementara semua hasil pengukuran, kemudian ia menghitung

$$\bar{x} = 45{,}8 \quad dan\ \sigma_x = 5{,}1$$

Selisih antara nilai x_{sus} tersangka = 58 dan mean $\bar{x}$= 45,8 adalah 12,2, atau standar deviasinya, yaitu,

$$t_{sus} = \frac{|x_{sus} - \bar{x}|}{\sigma_x} = \frac{58 - 45{,}8}{5{,}1} = 2{,}4$$

Mengacu pada tabel dalam **Lampiran**, ia melihat probabilitas dari pengukuran $\bar{x}$ akan
berbeda sebesar $2{,}4\sigma_x$ atau lebih

$$Prob(selain\ 2{,}4\sigma_x) = 1 - Prob(dalam 2{,}4\ \sigma_x)$$
$$Prob(selain\ 2{,}4\sigma_x) = 1 - 0{,}984$$
$$Prob(selain\ 2{,}4\sigma_x) = 0{,}016$$

Dalam 10 pengukuran, maka ia akan berharap untuk menemukan hanya 0,16 dari satu pengukuran sesat sebagai hasilnya tersangka nya. Karena 0,16 kurang dari angka 0,5 yang ditetapkan oleh kriteria Chauvenet, maka ia setidaknya harus mempertimbangkan untuk menolak hasilnya. Jika ia memutuskan untuk menolak data tersangka 58, maka ia harus menghitung ulang x dan σ_x yaitu

$$\bar{x} = 44{,}4 \quad dan\ \sigma_x = 2{,}9$$

Seperti yang Anda harapkan, berarti dia akan merubah sedikit data, dan standar deviasinya mengalami perubahan yang lumayan.

Anda harus menyadari bahwa beberapa ilmuwan percaya bahwa data tidak boleh ditolak tanpa bukti eksternal bahwa pengukuran yang dimaksud salah. Alasan-kompromi yang dapat dilakukan adalah menggunakan kriteria Chauvenet untuk mengidentifikasi data yang dapat dikesampingkan untuk ditolak; Setelah membuat identifikasi ini, Anda dapat melakukan semua yang berikutnya perhitungan dua kali, sekali termasuk data yang dicurigai dan sekali tidak termasuk mereka, untuk melihat berapa banyak nilai yang dipertanyakan mempengaruhi kesimpulan akhir Anda.

Satu alasan banyak ilmuwan merasa tidak nyaman dengan kriteria Chauvenet adalah bahwa pilihan satu-setengah sebagai batas penolakan (dalam kondisi n <½) adalah sewenang-wenang. Mungkin bahkan lebih penting, kecuali Anda telah membuat jumlah yang sangat besar pengukuran (N≈ 50, katakanlah), nilai σ_x sangat tidak pasti sebagai estimasi pasangan untuk standar deviasi pengukuran yang sebenarnya. Ini berarti pada gilirannya bahwa t_{sus} pada contoh sebelumnya sangat tidak pasti. Karena probabilitas pengukuran di luar standar deviasi t sangat sensitif terhadap t, kesalahan besar dalam t_{sus} Menyebabkan kesalahan yang sangat besar dalam probabilitas ini dan menimbulkan masalah serius meragukan seluruh prosedur. Untuk kedua alasan ini, kriteria Chauvenet harus digunakan hanya sebagai upaya terakhir, ketika Anda tidak dapat memeriksa pengukuran Anda dengan ulangi mereka.

Sejauh ini, kami mengasumsikan bahwa hanya satu pengukuran yang dicurigai. Apa seharusnya Anda lakukan jika Anda memiliki beberapa? Mengingat bahwa kriteria penggunaan Chauvenet untuk menolak satu pengukuran terbuka untuk diragukan, jelas penggunaannya untuk menolak beberapa pengukuran bahkan lebih bermasalah. Meskipun demikian, jika sama sekali tidak ada cara Anda dapat mengulangi pengukuran Anda (karena Anda dengan terburu-buru membongkar peralatan Anda sebelumnya menulis laporan Anda, misalnya), Anda mungkin harus menghadapi pertanyaan ini.

Misalkan Anda memiliki dua pengukuran yang menyimpang dari rata-rata dengan jumlah besar yang sama. Dalam hal ini, Anda dapat menghitung jumlah yang diharapkan dari mengukur penyimpangan ini, dan jika angka ini kurang dari satu (yaitu, dua kali satu-setengah), maka kedua pengukuran dapat dianggap kandidat untuk ditolak. Jika Anda memiliki dua pengukuran tersangka, x_1 dan x_2, dengan x_2 lebih menyimpang dari x_1. kamu pertama-tama harus menerapkan kriteria Chauvenet menggunakan nilai x_1. Jika angka yang diharapkan penyimpangan ini kurang dari satu, Anda bisa menolak kedua nilai. Jika ini angka yang diharapkan lebih dari satu, Anda tentu tidak boleh menolak keduanya tetapi sebaliknya mengajukan kembali kriteria Chauve menggunakan x_2 dan, jika angka yang diharapkan menyimpang ini kurang dari satu-setengahnya, Anda bisa menolak hanya x_2.

Setelah menolak pengukuran apa pun yang gagal dengan kriteria Chauvenet, Anda akan melakukannya secara alami menghitung ulang $\bar{x}$ dan σ_x, hanya menggunakan data yang tersisa. Nilai yang dihasilkan dari σ_x, akan lebih kecil dari yang asli, dan dengan σ_x baru, beberapa pengukuran atau lebih mungkin gagal kriteria Chauvenet. Namun, kesepakatan tampaknya tersebar luas itu Kriteria Chauvenet tidak boleh diterapkan untuk kedua kalinya menggunakan dihitung ulang nilai $\bar{x}$ dan σ_x.

Rangkuman

1. Data pengamatan perlu dicermati sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut, bila ada data yang mennyimpang dapat dilakukan penolakan..
2. Tidak ada data yang tepat dalam metode pengukuran, pasti ada ralat artinya pasti ada data yang menyimpang. Namun, perlu adanya toleransi penyimpangan data tersebut masih ditoleransi (diterima)..
3. Penentuan kriteria penolakan yang dikehendaki, sesuai dengan karakteristik data yang dimiliki, kriteria tersebut antara lain : kriteria tσ dan kriteria Chauvenet.

Latihan

1. Seorang siswa melakukan 14 kali pengukuran periode osilator teredam dan memperoleh hasilnya yaitu sebagai berikut (dalam persepuluh detik) :

   7 , 3 , 9 , 3 , 6 , 9 , 8 , 7 , 8 , 12 , 5 , 9 , 9 , 3 .

   Dia percaya bahwa angka 12 menjadi nilai yang dicurigai tinggi, dia memutuskan untuk menerapkan kriteria Chauvenet itu. Berapa hasil yang seharusnya dia harapkan untuk menemukan $tsus$ pada angka 12 dari mean hasil pengukuran? Haruskah ia menolak angka tersebut?

Evaluasi Pembelajaran

1. Seorang siswa membuat 20 pengukuran dari pengukuran tegangan V tertentu dan menghitung mean dan standar deviasi yaitu $\bar{V}$ = 51 dan σ_V = 2 (dalam microvolts). Malamnya, ia mulai menulis laporan dan menyadari bahwa salah satu dari nilai-nilainya yang diukur adalah V_{sus} = 56. Berapa probabilitas dia mendapatkan pengukuran yang menyimpang ini dari $\bar{V}$? Jika dia memutuskan untuk menggunakan kriteria Chauvenet, apakah dia menolak nilai tersangka tersebut (V_{sus}) ??

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 2: Nilai Rata-rata Berbobot

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa dapat mengetahui rata-rata tertimbang
b. Mahasiswa dapat menghitung rata-rata tertimbang dari data
c. Mahasiswa mampu kegunaan dari metode least square
d. Mahasiswa mampu menghitung metode least square dengan 2 cara

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Rata-Rata Tertimbang (Terbobot)

Rata-rata tertimbang/terbobot (*weighted average*) ialah rata-rata yang dihitung dengan memperhitungkan timbangan/bobot untuk setiap datanya. Setiap penimbang/bobot tersebut merupakan pasangan setiap data. Rumus rata-rata tertimbang/terbobot ialah sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{6.3}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = rata-rata tertimbang
x_i = nilai data ke-i
w_i = bobot data ke-i
n = jumlah data

Contoh:

Nilai mahasiswa untuk mata kuliah Statistik ditentukan oleh komponen hasil tes pada praktikum di laboratorium statistik, kuliah dan keaktifan mahasiswa di kelas. Jika Rudi seorang mahasiswa memperoleh nilai praktikum sama dengan 90, kuliah sama dengan 80, dan keaktifan di kelas sama dengan 85; Joni dengan komposisi Praktikum 80; Kuliah 90; dan keaktifan adalah 85. Komposisi nilai Diana adalah 85 untuk Praktikum; 90 untuk kuliah dan 80 untuk keaktifan di kelas. Bobot untuk ketiganya masing-masing adalah 5, 4 dan 3. Tentukanlah nilai akhir semester mahasiwa tersebut dengan memakai rata-rata hitung berbobot! Dan Siapa mahasiswa yang memiliki nilai terbaik?

Penyelesaian:

Diketahui x_1 = 90, x_2 = 80 dan x_3 = 85 . sedangkan penimbangnya adalah w_1 = 5 w_2= 4 dan w_3= 3.

$$\bar{x} = \frac{(90x5) + (80X4) + (85x3)}{5 + 4 + 3}$$

$$\bar{x} = \frac{450 + 320 + 255}{12}$$

$$\bar{x} = \frac{1025}{12} = 85{,}42$$

Dengan cara yang sama dapat diperoleh juga rata-rata terbobot untuk nilai akhir Joni dan Diana, yaitu 84,58 dan 86,67. Dengan demikian mahasiswa yang memiliki nilai terbaik adalah Diana.

Metode Least Square : Metode yang digunakan untuk analisis time series adalah Metode Garis Linier Secara Bebas (Free Hand Method), Metode Setengah Rata-Rata (Semi Average Method), Metode Rata-Rata Bergerak (Moving Average Method) dan Metode Kuadrat Terkecil (Least Square Method). Dalam hal ini akan lebih dikhususkan untuk membahas analisis time series dengan metode kuadrat terkecil yang dibagi dalam dua kasus, yaitu kasus data genap dan kasus data ganjil.

Rumus untuk metode peramalan dengan metode kuadrat terkecil adalah:

$$Y=a+bx \qquad 6.4$$

Keterangan :

Y = Besarnya nilai yang diramal
a = Trend pada periode dasar
b = tingkat perkembangan nilai yang diramal
X = Unit waktu yang dihitung dari periode dasar

Terdapat 2 cara untuk menghitung besarnya nilai a dan b, meliputi:

1. Metode titik tengah sebagai tahun dasar (ΣX = 0)

Dalam metode ini, jumlah dalam skala X harus sama dengan nol, sehingga nilai a dan b menggunakan rumus berikut:

$$a = \bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \qquad 6.5$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum {X_i}^2} \qquad 6.6$$

Dengan titik tengah sebagai tahun dasar, maka nilai X pada titik tengah tersebut akan bernilai nol. Hanya saja, ada sedikit perbedaan untuk menentukan titik tengah pada data yang berjumlah ganjil dan genap.

Contoh:
Data Ganjil

Tahun	Penjualan (Y)	X	X.Y	X^2
2012	1200	-2	-2400	4
2013	1000	-1	-1000	1
2014	1400	0	0	0
2015	1500	1	1500	1
2016	1300	2	2600	4
jumlah	6400	0	700	10

Karena data berjumlah ganjil, maka tahun 2014 memiliki nilai X sebesar nol, sehingga jumlah data X otomatis akan berjumlah nol. Nilai X akan bernilai negatif ke data yang lebih lama dan bernilai positif ke data yang lebih baru.
Sehingga peramalan penjualan untuk tahun 2017 adalah:

$$a = \bar{Y} = \frac{6400}{5} = 1280$$

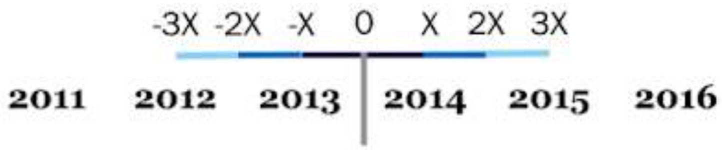
$$b = \frac{700}{10} = 70$$

Jadi, jika dimasukkan dalam rumus menjadi :
Y = a + bX
Y_{2017} = 1.280 + 70 (3)
Y_{2017} = 1.490
Nilai X diatas dimasukkan sebesar 3 karena yang ingin diramal adalah data tahun 2017, jadi jika dilihat pada tabel diatas, nilai x untuk tahun 2017 dapat diketahui adalah sebesar 3.

Data Genap

Tahun	Penjualan (Y)	X	X.Y	X^2
2011	1100	-5	-5500	25
2012	1200	-3	-3600	9
2013	1000	-1	-1000	1
2014	1400	1	1400	1
2015	1500	3	4500	9
2016	1300	5	6500	25
jumlah	7500	0	2300	70

Pada data genap, karena data tengah berada di tengah-tengah antara tahun 2013 dan 2014, maka otomatis nilai nol berada di tengah kedua data tersebut. Sehingga loncatan dari nilai X tersebut adalah kelipatan 2.
Analoginya sebagai berikut :



Sehingga, peramalan untuk tahun 2017 adalah sebagai berikut:

$$a = \bar{Y} = \frac{7500}{6} = 12580$$

$$b = \frac{2300}{70} = 32{,}86$$

Jadi, jika dimasukkan dalam rumus menjadi :

Y = a + bX

Y2017 = 1.250 + 32,86 (7)

Y2017 = 1.480,02

2. Metode Nol Bebas (ΣX ≠ 0)

Sesuai dengan namanya, pada metode nol bebas skala X (ΣX) adalah bebas, berbeda dengan metode titik tengah yang skala X nya harus nol. Biasanya metode nol bebas berlaku jika ditentukan suatu tahun dasar dalam suatu periode.

(Tahun dasar adalah tahun acuan yang dianggap paling relevan dengan kondisi saat ini)

Rumus untuk perhitungan a dan b untuk metode nol bebas adalah sebagai berikut:

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum {X_i}^2} \qquad 6.7$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \qquad 6.8$$

Contoh:

Tahun	Penjualan (Y)
2012	1200
2013	1000
2014	1400
2015	1500
2016	1300
jumlah	6400

Diminta untuk menentukan ramalan penjualan pada tahun 2017 dengan menggunakan data tahun 2015 sebagai tahun dasar. Maka, didapatkan:

Tahun	Penjualan (Y)	X	X.Y	X^2
2012	1200	-3	-3600	9
2013	1000	-2	-2000	4
2014	1400	-1	-1400	1
2015	1500	0	0	0
2016	1300	1	1300	1
jumlah	6400	-5	-5700	15

Letak nol pada kolom X bukan berada di tengah-tengah data lagi, melainkan pada data tahun 2015 karena ditetapkan sebagai tahun dasar.

Jika dilihat pada data diatas, karena $\Sigma X \neq 0$, maka rumus yang dipakai untuk menghitung a dan b adalah rumus metode nol bebas. Sehingga didapatkan :

$$b = \frac{(5\ x - 5700) - (-5\ x\ 6400)}{5\ x\ 15 - (-5)^2}$$

$$a = \frac{6400}{5} - 70\ x\ \frac{-5}{5} = 1350$$

Jadi, jika dimasukkan dalam rumus menjadi :

Y = a + bX

Y2017 = 1.350 + 70 (2)

Y2017 = 1.490

Rangkuman

- Rata-rata tertimbang/terbobot (*weighted average*) adalah rata-rata yang dihitung dengan memperhitungkan timbangan/bobot untuk setiap datanya. Setiap penimbang/bobot tersebut merupakan pasangan setiap data..
- Metode least square adalah metode peramalan yang menggunakan persamaan linear untuk menemukan garis paling sesuai untuk kumpulan data lampau guna meramalkan data di masa depan.
- Metode Least Square ini termasuk dalam golongan metode pendekatan berdasarkan distribusi error yang terukur melalui interval pendekatan secara keseluruhan.

Latihan

1. Jika 5 mahasiswa mendapat nilai 70 ; 6 mahasiswa mendapat 69 , 3 mahasiswa mendapat nilai 45 ; 1 seorang mahasiswa mendapat nilai 80 ; 1 dan seorang lagi mendapat nilai 56. Rata-rata tertimbang untuk ke 16 mahasiswa tersebut adalah?

Evaluasi Pembelajaran

1. Gunakan metode regresi linier untuk menemukan garis y = A + Bx ,yang paling memenuhi untuk titiktitik (X_i , Y_i) sebagai :

   (1, 12) ;(2, 13); (3, 18); (4, 19); dan (5, 24)!

2. Sebuah kereta, diasumsikan berjalan dengan kecepatan konstan dihitung waktunya pada 4 posisi, dengan hasil :

Jarak (feet)	0	3000	6000	9000	12000
Waktu (detik)	17,6	40,4	67,7	90,1	117,3

   Dengan menggunakan metode regresi yang memenuhi garis d = d_0 + vt, tentukan estimasi kecepatan kereta dan ketidakpastiannya?

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

Kegiatan Pembelajaran 3: Kovarian dan Korelasi

Kemampuan Akhir (KA)

a. Mahasiswa mampu mengetahui definisi kovarian pada data.
b. Mahasiswa mampu mengetahui definisi korelasi pada data
c. Mahasiswa dapat menghitung korelasi
d. Mahasiswa dapat mengetahui hubungan antara variabel.
e. Mahasiswa mampu mengetahui perbedaan korelasi sederhana dan berganda
f. Mahasiswa mampu menghitung korelasi berganda

Uraian Materi, Contoh dan Ilustrasi

Kovarian adalah istilah statistik, yang didefinisikan sebagai hubungan sistematis antara sepasang variabel acak di mana perubahan dalam satu variabel dibalas dengan perubahan setara dalam variabel lain. Kovarian dapat mengambil nilai apa pun antara -∞ hingga + ∞, di mana nilai negatif adalah indikator hubungan negatif sedangkan nilai positif mewakili hubungan positif. Lebih lanjut, ini memastikan hubungan linear antara variabel. Oleh karena itu, ketika nilainya nol, ini menunjukkan tidak ada hubungan. Selain itu, ketika semua pengamatan dari kedua variabel sama, kovarians akan menjadi nol.

Dalam Kovarian, ketika kita mengubah unit pengamatan pada salah satu atau kedua variabel, maka tidak ada perubahan dalam kekuatan hubungan antara dua variabel tetapi nilai kovarians berubah. Kovarian adalah bilangan yang menyatakan bervariasinya nilai suatu variabel dalam nisbah asosiatifnya dengan variabel lain.
Diberikan N pasang hasil pengukuran (x_1, y_1), … (x_N, y_N) dari dua buah kuantitas x dan y, dapat didefiniskan kovarian dari x dan y yaitu sebagai berikut

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N}\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \qquad 6.9$$

Jika sekarang kita menggunakan nilai terukur untuk menghitung fungsi $(x,\ y)$, standar deviasi q diberikan oleh

$$\sigma_q{}^2 = \left(\frac{\partial q}{\partial x}\right)^2 \sigma_x{}^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial y}\right)^2 \sigma_y{}^2 + 2\left(\frac{\partial q \partial q}{\partial x \partial y}\right)\sigma_{xy} \qquad 6.10$$

Persamaan ini memberikan deviasi standar σ_q apakah pengukuran x dan y independen atau terdistribusi normal.

Jika pengukuran x dan y adalah independen, kita dapat dengan mudah melihat bahwa, setelah banyak pengukuran, kovarian σ_{xy}, harus mendekati nol: Berapapun nilai y_i, kuantitas nilai $x_i - \bar{x}$ juga cenderung negatif seperti halnya menjadi positif. Dengan demikian, setelah banyak pengukuran, istilah positif dan negatif dalam 6.9 harus hampir menyeimbangkan dalam batas banyak pengukuran tanpa batas, faktor 1/N dalam (7.1)dipastikan σ_{xy} adalah nol. (Setelah sejumlah pengukuran terbatas, σ_{xy} tidak akan persis nol, tetapi harus kecil jika kesalahan dalam dan y benar-benar independen dan acak.) Dengan σ_{xy} bernilai nol, Persamaan 6.10 untuk mengurangi σ_q

$$\sigma_q{}^2 = \left(\frac{\partial q}{\partial x}\right)^2 \sigma_x{}^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial y}\right)^2 \sigma_y{}^2 \qquad 6.11$$

hasil yang biasa untuk ketidakpastian independen dan acak. Jika pengukuran x dan y tidak independen, kovarians σ_{xy} harus tidak nol. Sebagai contoh, mudah untuk membayangkan situasi di mana overestimate x akan selalu disertai dengan overestimate y, dan sebaliknya. Angka-angka $(x_i - \bar{x}) dan\ (y_i - \bar{y})$ akan selalu memiliki tanda yang sama (baik positif atau negatif), dan produk mereka akan selalu positif. Karena semua istilah dalam penjumlahan (6.9) adalah positif, akan menjadi positif (dan bukan nol), bahkan dalam batas yang tak terhitung banyaknya pengukuran. Sebaliknya, Anda dapat membayangkan situasi di mana overestimate dari x selalu disertai dengan underestimate dari y, dan sebaliknya: dalam hal ini $(x_i - \bar{x}) dan\ (y_i - \bar{y})$ dan akan selalu memiliki tanda-tanda yang berlawanan, dan σ_{xy} akan negatif. Kasus ini diilustrasikan dalam contoh di bawah.

Ketika kovarians σ_{xy} tidak nol (bahkan dalam batas banyak pengukuran), kita mengatakan bahwa kesalahan dalam x dan y berkorelasi. Dalam hal ini, ketidakpastian σ_q, dalam q(x, y) seperti yang diberikan oleh (6.10) juga tidak sama dengan yang akan kita dapatkan dari rumus (6.11) untuk independen, kesalahan acak.

Contoh :

Masing-masing dari lima siswa mengukur dua sudut yang sama α dan β dan memperoleh hasil yang ditunjukkan dalam tiga kolom pertama dari Tabel di bawah

Siswa	α	B	$(\boldsymbol{\alpha} - \bar{\boldsymbol{\alpha}})$	$(\boldsymbol{\beta} - \bar{\boldsymbol{\beta}})$	$(\boldsymbol{\alpha} - \bar{\boldsymbol{\alpha}})\ (\boldsymbol{\beta} - \bar{\boldsymbol{\beta}})$
A	35	50	2	-2	-4
B	31	55	-2	3	-6
C	33	51	0	-1	0
D	32	53	-1	1	-1

E	34	51	1	-1	-1

Temukan rata-rata dan standar deviasi untuk masing-masing dari dua sudut, dan kemudian temukan kovarians, sebagaimana didefinisikan oleh (6.9). Para siswa sekarang menghitung jumlah q =α+β. Temukan estimasi terbaik untuk q yang diberikan oleh $\bar{q}(\bar{\alpha}, \bar{\beta})$ dan standar deviasi σ_q, seperti yang diberikan oleh (6.10). Bandingkan deviasi standar dengan apa yang akan Anda dapatkan jika Anda berasumsi bahwa kesalahan dalam α dan β adalah independen dan itu diberikan oleh (6.11).

Rata-rata terlihat menjadi $\bar{\alpha}$= 33 dan $\bar{\beta}$= 52. Dengan nilai-nilai ini, kita dapat menemukan penyimpangan $(\alpha - \bar{\alpha})$ dan $(\beta - \bar{\beta})$, seperti yang ditunjukkan pada Tabel soal, dan dari penyimpangan ini kita dengan mudah menemukan

$$\sigma_\alpha{}^2 = 2.0 \; dan \;\; \sigma_\beta{}^2 = 3.2$$

Dapat melihat dari tabel soal bahwa nilai-nilai tinggi dari α tampaknya berkorelasi dengan nilai-nilai β yang rendah dan sebaliknya, karena $(\alpha - \bar{\alpha})$ dan $(\beta - \bar{\beta})$ selalu memiliki tanda-tanda yang berlawanan. Dengan demikian, kovarians sebagaimana didefinisikan oleh (6.9) negatif,

$$\sigma_{\alpha\beta} = \frac{1}{N}\sum(\alpha - \bar{\alpha})\left(\beta - \bar{\beta}\right) = \frac{1}{5}(-12) = -2{,}4$$

Estimasi terbaik untuk jumlah $\bar{q} = \left(\bar{\alpha} + \bar{\beta}\right)$ diberikan

$$\bar{q} = \bar{\alpha} + \bar{\beta} = 33 + 52 = 85$$

Untuk menemukan standar deviasi, menggunakan 7.2. kita butuh kedua pasrial derivative yang mana lebih mudah apabila ditulis menjadi $\frac{\partial q}{\partial \alpha} = \frac{\partial q}{\partial \beta} = 1$. Sehingga

$$\sigma_q = \sqrt{\sigma_\alpha{}^2 + \sigma_\beta{}^2 + 2\sigma_{\alpha\beta}}$$

$$\sigma_q = \sqrt{2{,}0 + 3{,}2 - 2x2{,}4} = 0{,}6$$

Jika kita kembali korelasi antara pengukuran dari α dan β dan diselesaikan secara independen, berdasarkan 6.11

$$\sigma_q = \sqrt{\sigma_\alpha{}^2 + \sigma_\beta{}^2}$$

$$\sigma_q = \sqrt{2{,}0 + 3{,}2} = 2{,}3$$

Kita melihat dari contoh ini bahwa korelasi dari tanda yang tepat dapat menyebabkan perbedaan dramatis dalam kesalahan yang diperbanyak. Dalam hal ini kita dapat melihat mengapa ada perbedaan ini: Kesalahan pada masing-masing sudut α dan β adalah derajat atau lebih, menunjukkan bahwa q =α+β akan tidak pasti oleh beberapa derajat. Tetapi, seperti yang telah kita catat, kesalahan positif dalam a disertai dengan kesalahan negatif dalam β. dan sebaliknya. Dengan demikian, ketika kita menambahkan α dan β kesalahan cenderung membatalkan, meninggalkan ketidakpastian hanya sebagian kecil.

Salah satu ukuran kekuatan hubungan linear antara dua variabel acak kontinu adalah dengan menentukan seberapa banyak kedua variabel tersebut co-vary, yaitu bervariasi bersama-sama. Jika salah satu variabel meningkat (atau menurun) sebagai akibat peningkatan (atau penurunan) variabel pasangannya, maka dua variabel tersebut dinamakan covary. Namun jika satu variabel tidak berubah dengan meningkatnya (atau penurunan) variabel lain, maka variabel tersebut tidak covary. Statistik untuk mengukur berapa banyak kedua variabel covary dalam sampel pengamatan adalah kovarian.

$$Covarian = S_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$$

Selain mengukur besarnya kekuatan hubungan di antara dua variabel, kovarian juga menentukan arah hubungan dari kedua variabel tersebut.

1. Apabila nilainya positif, berati bahwa apabila nilai x berada di atas nilai rata-ratanya, maka nilai y juga berada di atas nilai rata-rata y, dan sebaliknya (Searah).
2. Nilai kovarian negatif menunjukkan bahwa apabila nilai x berada di atas nilai rata-ratanya sedangkan nilai y berada di bawah nilai rata-ratanya (berlawanan arah).
3. Terakhir, apabila nilai kovarian mendekati nol, menandakan bahwa kedua variabel tersebut tidak saling berhubungan.

Korelasi

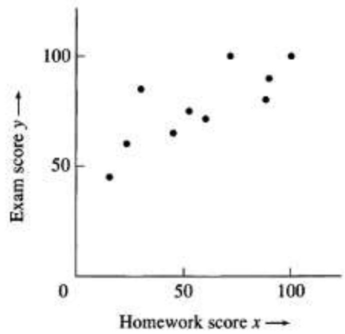
Korelasi digambarkan sebagai ukuran dalam statistik, yang menentukan sejauh mana dua atau lebih variabel acak bergerak bersama-sama. Selama studi dua variabel, jika telah diamati bahwa gerakan dalam satu variabel, dibalas oleh gerakan yang setara variabel lain, dalam beberapa cara atau yang lain, maka variabel tersebut dikatakan berkorelasi.

Korelasi ada dua jenis, yaitu korelasi positif atau korelasi negatif. Variabel dikatakan berkorelasi positif atau langsung ketika kedua variabel bergerak ke arah yang sama. Sebaliknya, ketika dua variabel bergerak berlawanan arah, korelasinya negatif atau terbalik. Nilai korelasi terletak antara -1 hingga +1, di mana nilai yang mendekati +1 menunjukkan korelasi positif yang kuat dan nilai yang mendekati -1 adalah indikator korelasi negatif yang kuat. Ada empat ukuran korelasi:

Koefisien dari korelasi linear

Gagasan kovarian yang diperkenalkan, memungkinkan kita untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang seberapa baik seperangkat pengukuran (x_i, y_i), … . (x_N,y_N) dari dua variabel mendukung hipotesis bahwa x dan y terkait secara linear. Mari kita anggap kita telah mengukur N pasangan nilai (x_i, y_i), … . (x_N,y_N) dari dua variabel yang kami duga harus memenuhi hubungan linier $y=A+Bx$.

Perhatikan bahwa x_1,… x_N bukan lagi pengukuran satu nomor tunggal, seperti pada dua bagian terakhir; alih-alih, mereka adalah pengukuran nilai-nilai N yang berbeda dari beberapa variabel (misalnya, N ketinggian). Hal yang sama berlaku untuk y_1,… y_N. Menggunakan metode kuadrat terkecil, kita dapat menemukan nilai-nilai A dan B untuk garis yang paling cocok dengan poin (x_i, y_i), … . (x_N,y_N). Jika kita sudah memiliki estimasi yang dapat diandalkan dari ketidakpastian dalam pengukuran, kita dapat melihat apakah titik yang diukur terletak cukup dekat dengan garis (dibandingkan dengan ketidakpastian yang diketahui). mereka lakukan, pengukuran mendukung kecurigaan kami bahwa x dan y terkait secara linear.



Gambar 6.1 Grafik Pola Scatter

Sayangnya, dalam banyak percobaan, sulit mendapatkan estimasi yang dapat diandalkan tentang ikatan tidak pasti sebelumnya, dan kita harus menggunakan data itu sendiri untuk memutuskan apakah kedua variabel tersebut tampaknya terkait secara linear. Secara khusus, ada jenis pengalaman yang mustahil mengetahui ukuran ketidakpastian sebelumnya. Jenis eksperimen ini, yang lebih umum di bidang sosial daripada ilmu fisika, paling baik dijelaskan dengan sebuah contoh.

Misalkan seorang profesor, yang ingin meyakinkan murid-muridnya bahwa mengerjakan pekerjaan rumah akan membantu mereka mengerjakan ujian dengan baik, menyimpan catatan nilai mereka untuk pekerjaan rumah dan ujian serta membuat plot skor pada "sebar plot" seperti pada Gambar 6.1. Dalam gambar ini, pekerjaan rumah diplot secara horizontal dan nilai ujian secara vertikal. Setiap poin (x_i, y_i) menunjukkan skor pekerjaan rumah satu siswa, x_i, dan skor ujian, y_i. Sang profesor berharap untuk menunjukkan bahwa skor ujian yang tinggi cenderung berkorelasi dengan skor pekerjaan rumah yang tinggi, dan sebaliknya. Eksperimen semacam ini tidak memiliki ketidakpastian dalam poin; dua nilai setiap siswa diketahui persis. Ketidakpastian terletak pada sejauh mana skor berkorelasi; dan ini harus diputuskan dari data.

Dua variabel x dan y (baik dalam percobaan fisika biasa atau yang seperti yang baru saja dijelaskan) mungkin, tentu saja, terkait dengan hubungan yang lebih rumit daripada linier sederhana, y = A + Bx. Sebagai contoh, banyak hukum fisika mengarah pada hubungan kuadratik dari bentuk $y=A + Bx+Cx^2$. Namun demikian, pembahasan ini dibatasi untuk masalah yang lebih sederhana dalam memutuskan apakah serangkaian poin yang diberikan mendukung hipotesis hubungan linear y = A + Bx.

Sejauh mana satu set poin (x_i, y_i), … . (x_N,y_N). mendukung hubungan linier antara x dan y diukur dengan koefisien korelasi linier

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \qquad 6.12$$

Dimana covarians σ_{xy} dan standar deviasi $\sigma_x$dan σ_y didefinisikan sebelumnya pada persamaan 6.9. subtitusi defines tersebut ke dalam persamaan 6.12. maka dapat dituliskan kembali koefisien korelasi sebagai

$$r = \frac{\sum(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i-\bar{x})^2(y_i-\bar{y})^2}} \qquad 6.13$$

Seperti yang akan ditunjukkan secara langsung, angka r adalah indikator seberapa baik poin (x_i, y_i) cocok dengan garis lurus. Ini adalah angka antara-1 dan 1. Jika r dekat dengan +1, poinnya terletak dekat dengan garis lurus; jika r mendekati 0, poin tidak berkorelasi dan memiliki sedikit atau tidak ada kecenderungan untuk berbaring pada garis lurus.

Bentuk ekuivalen dari persamaan 6.13 yaitu

$$r = \frac{N\sum x_i y_i - \sum x_I \sum y_I}{\sqrt{(N(\sum x_i{}^2) - (\sum x_I)^2)(N(\sum y_i{}^2) - (\sum y_I)^2)}} \qquad 6.14$$

Nilai korelasi berkisar antara 1 sampai -1, nilai semakin mendekati 1 atau -1 berarti hubungan antara dua variabel semakin kuat. Sebaliknya, jika nilai mendekati 0 berarti hubungan antara dua variabel semakin lemah. Nilai positif menunjukkan hubungan searah (X naik, maka Y naik) sementara nilai negatif menunjukkan hubungan terbalik (X naik, maka Y turun).

Data yang digunakan dalam korelasi parsial biasanya memiliki skala interval atau rasio. Berikut adalah pedoman untuk memberikan interpretasi serta analisis bagi koefisien korelasi menurut Sugiyono:

- - 0,199 = sangat rendah
- 0,20 - 0,3999 = rendah
- 0,40 - 0,5999 = sedang
- 0,60 - 0,799 = kuat
- 0,80 - 1,000 = sangat kuat

Korelasi Sederhana

Korelasi sederhana ialah suatu tekni statistic yang dipakai untuk mengukur sebuah kekuatan hubungan di antara dua variabel dan mengetahui bentuk dari hubungan keduanya menggunakan hasil yang sifatnya kuantitatif. Kekuatan dari dua variabel tersebut ialah apakah hubungannya erat, tidak erat maupun lemah. Sementara bentuk dari hubungannya ialah apakah bentuk korelasinya tersebut linear positif ataukah linier negatif. Diantara dari sekian banyaknya teknik pengukuran asosiasi, ada dua tekni korelasi yang paling popular hingga sekarang ini, yakni korelasi (pearson product moment dan juga korelasi rank spearman.

Korelasi pearson product moment ini merupakan korelasi yang dipakai guna data continue serta data diskrit. Jadi cocok jika dipakai untuk statistic parametik. Sementara korelasi rank dipakai guna data diskrit serta kontnu tetapi statistiknya non parametik. Korelasi jenis ini untuk menghitung ranking data dulu, jadi menurut order datanya

Korelasi Product moment sepeti yang jabarkan pada persamaan 6.14

$$r = \frac{N\sum x_i y_i - \sum x_I \sum y_I}{\sqrt{(N(\sum x_i{}^2) - (\sum x_I)^2)(N(\sum y_i{}^2) - (\sum y_I)^2)}}$$

Contoh:

Jumlah SKS (X)	IPK (Y)
10	3,00
10	2,50
15	2,00
10	1,50
5	1,00

Tentukan nilai koefisien korelasi dengan metode product moment dan jelaskan artinya!

Peenyelesaian :

No	**Jumlah SKS (X)**	**IPK (Y)**	**X.Y**	**X^2**	**Y^2**
1	10	3	30	100	9
2	10	2,5	25	100	6,25
3	15	2	30	225	4
4	10	1,5	15	100	2,25
5	5	1	5	25	1
n=5	$\sum X$ **=50**	$\sum Y$ **=10**	$\sum XY$ **=105**	$\sum X^2$ **=550**	$\sum Y^2$ **=22,5**

$$r = \frac{5(105) - (50)(10)}{\sqrt{(5(550) - (50)^2) - (5(22,5) - (10)^2}} = -\frac{25}{\sqrt{(250)(12,5)}} = 0,447$$

Kesimpulan : Dari hasil itu tenyata di peroleh korelasi positif antara Jumlah SKS (X) yang di peroleh (Y).

Korelasi Rank Spearman

Koefisen korelasi ini mengukur kedekatan hubungan antara dua variabel ordinal. Koefisien korelasi ini dinamakan koefisien korelasi pangkat atau koefisien korelasi Spearman, yang disimbolkan dengan r. Pasangan data hasil pengamatan (X_i , Y_i) kita susun menurut urutan besar nilainya dalam tiap variabel. Kemudian kita bentuk selisih atau beda peringkat X_i dan peringkat Y_i yang data aslinya berpasangan. Beda ini disimbolkan dengan b_i, maka koefisien korelasi peringkat r dihitung dengan rumus:

$$r = 1 - \frac{6 \sum {b_i}^2}{n(n^2-1)} \qquad 6.15$$

Contoh :

Data berikut adalah penilaian 2 orang juri terhadap 8 orang peserta perlombaan

Peserta	**Juri 1**	**Juri 2**
A	70	80
B	85	75
C	65	55
D	50	60
E	90	85
F	80	70
G	75	90
H	60	65

Tentukan koefisien korelasi rank-nya!

Penyelesaian:

Peserta	**Juri 1**	**Juri 2**	**Beda (b_i)**	**b_i^2**
A	70	80	2	4
B	85	75	-2	4
C	65	55	2	4
D	50	60	1	1
E	90	85	-1	1
F	80	70	-2	4
G	75	90	3	9
H	60	65	1	1
Jumlah	**-**	**-**	**-**	**28**

Koefisien Korelasi rank :

$$r = 1 - \frac{6\sum {b_i}^2}{n(n^2-1)} = 1 - \frac{6(28)}{8(64-1)} = 0{,}667$$

beberapa asumsi yang kerap kali salah ketika menggunakan analisis korelasi. Berikut saya tuliskan penegasan ulang agar kita memahami koefisien korelasi lebih baik.

1.Korelasi tidak bisa menjelaskan hubungan sebab akibat

Analisis korelasi hanya mampu menyatakan dan mengukur hubungan antar variabel, tapi tidak bisa meyatakan hubungan sebab akibat atau saling memengaruhi antar variabel. Korelasi tidak bisa menyatakan bila terdapat perubahan pada satu variabel, maka variabel lain akan terkena dampak perubahan juga.

2. Korelasi negatif bukan berarti tidak terdapat korelasi

Terkadang, kita berpikir bahwa korelasi negatif bermakna bahwa tidak terdapat hubungan sama sekali antar variabel. Korelasi negatif artinya terdapat hubungan berbalik arah antar variabel tersebut.

3. Kedua variabel yang dianalisis memiliki hubungan yang sama

Bila kita mendapatkan nilai korelasi antara variabel A dan B, maka hal ini juga berlaku sebaliknya. Nilai korelasi tersebut juga berlaku untuk hubungan antara variabel B dan A.

Sebelum melakukan analisis korelasi, pastikan jenis data yang digunakan terlebih dahulu.

"Bila anda menggunakan data bersifat ranking atau ordinal, maka spearman adalah analisis yang baik."

"Tapi, bila anda menggunakan data interval atau rasio, anda bisa menggunakan formula pearson."

Korelasi Ganda

Korelasi ganda yakni sebuah bentuk korelasi yang dipakai guna melihat hubungan di antara 3 maupun lebih dari variabel (2 atau lebih dari variabel-variabel independen dan sebagaimana korelasi mereka bersama variabel dependen). Korelasi ganda ini merupakan suatu nilau yang bisa memberikan kuatnya pengaruh maupun hubungan di natara 2 variabel maupun lebih dengan bersama sama variabel lainnya.

Korelasi ganda ini terdiri atas dua atau lebih dari variabel bebas yakni X_1,X_2,X_3….X_n dan satu variabel terikat Y. Jika perumusan masal;ahnya ini terdiri atas 3 masalah, maka hubungan di antara masing-masing pada variabel ini dilkasanakan menggunakan cara perhitungan korelasi sederhana.

KOEFISIEN DETERMINASI

Koefisien determinasi merupakan ukuran untuk mengetahui kesesuaian atau ketepatan antara nilai dugaan dengan data sampel. Koefisien determinasi didefinisikan sebagai berikut. ***Koefisien determinasi*** *adalah bagian dari keragaman total variabel tak bebas Y (variabel yang dipengaruhi atau dependent) yang dapat diterangkan atau diperhitungkan oleh keragaman variabel bebas X (variabel yang mempengaruhi, independent)*

Jadi koefisien determinasi adalah kemampuan variabel X mempengaruhi variabel Y. Semakin besar koefisien determinasi menunjukkan semakin baik kemampuan X mempengaruhi Y.

Koefisien Determinasi =

$$r^2 = \frac{[N\sum x_i y_i - \sum x_I \sum y_I]^2}{\sqrt{(N(\sum x_i{}^2) - (\sum x_I)^2)(N(\sum y_i{}^2) - (\sum y_I)^2)}} \qquad 6.16$$

Untuk 2 variabel bebas (x1 dan x2) maka r dihitung dengan rumus:

$$r_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{r^2{}_{yx_1} + r^2{}_{yx_2} - 2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1 - r^2{}_{x_1x_2}}} \qquad 6.17$$

Keterangan:

$r_{yx_1x_2}$ = Koefisien korelasi ganda antara variabel x_1 dan x_2 secara bersama-sama dengan variabel Y

r_{yx_1} = Koefisien korelasi x_1 dengan Y

r_{yx_2} = Koefisien korelasi x_2 dengan Y

$r_{x_1x_2}$ = Koefisien korelasi x_1 dengan x_2

Contoh :

Misalkan kita melakukan pengamatan kepada 10 keluarga mengenai pendapatan keluarga dalam ribuan rupiah (x_1) dan jumlah keluarga dalam satuan jiwa (x_2) terhadap pengeluaran untuk membeli barang A dalam ratusan rupiah!

X_1	10	2	4	6	8	7	4	6	7	6
X_2	7	3	2	4	6	5	3	3	4	3
Y	23	7	15	17	23	22	10	14	20	19

Akan dibuktikan ada hubungan linear positif dan signifikan antara variabel x_1 dan x_2 secara bersama-sama dengan variabel Y

Penyelesaian :

NO	X_1	X_2	Y	X_1Y	X_2Y	X_1X_2	X_1^2	$X_2$2	Y^2

1	10	7	23	230	161	70	100	49	529
2	2	3	7	14	21	6	4	9	49
3	4	2	15	60	30	8	16	4	225
4	6	4	17	102	68	24	36	16	289
5	8	6	23	184	138	48	64	36	529
6	7	5	22	154	110	35	49	25	484
7	4	3	10	40	30	12	16	9	100
8	6	3	14	84	42	18	36	9	196
9	7	4	20	140	80	28	49	16	400
10	6	3	19	114	57	18	36	9	361
Jumlah	**60**	**40**	**170**	**1122**	**737**	**267**	**406**	**182**	**3162**

Dar i tabel diperoleh :

$$n = 10\,;\ \sum X_1 = 60\,; \sum X_2 = 40\,;\ \sum Y = 170\,;\ \sum X_1 Y = 1122\,;\ \sum X_2 Y = 737\,;\ \sum X_1 X_2 = 267\,;$$

$$\sum {X_1}^2 = 406\,;\ \sum {X_2}^2 = 182\,;\ \sum Y^2 = 3162\,;$$

Sehingga

$$r = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_I \sum y_I}{\sqrt{(N(\sum {x_i}^2) - (\sum x_I)^2)(N(\sum {y_i}^2) - (\sum y_I)^2)}}$$

$$r_{yx_1} = \frac{N \sum x_1 y_i - \sum x_1 \sum y_I}{\sqrt{(N(\sum {x_1}^2) - (\sum x_1)^2)(N(\sum {y_i}^2) - (\sum y_I)^2)}}$$

$$r_{yx_1} = \frac{10\,(1122) - (60)(170)}{\sqrt{(10(406) - (60)^2)(10(3162) - (170)^2}} = \frac{1020}{\sqrt{460\ x\ 2720}} = 0{,}912$$

$$r_{yx_2} = \frac{N \sum x_2 y_i - \sum x_{12} \sum y_I}{\sqrt{(N(\sum {x_2}^2) - (\sum x_2)^2)(N(\sum {y_i}^2) - (\sum y_I)^2)}}$$

$$r_{yx_2} = \frac{10\,(737) - (40)(170)}{\sqrt{(10(182) - (40)^2)(10(3162) - (170)^2}} = \frac{570}{\sqrt{220\ x\ 2720}} = 0{,}74$$

$$r_{x_1x_2} = \frac{N\sum x_1x_2 - \sum x_1 \sum x_2}{\sqrt{(N(\sum x_1{}^2) - (\sum x_1)^2)(N(\sum x_2{}^2) - (\sum x_2)^2)}}$$

$$r_{x_1x_2} = \frac{10\,(267) - (60)(40)}{\sqrt{(10(406) - (60)^2)(10(182) - (400)^2}} = \frac{270}{\sqrt{460\;x\;220}} = 0{,}85$$

$$r_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{r^2{}_{yx_1} + r^2{}_{yx_2} - 2r_{yx_1}r_{yx_2}r_{x_1x_2}}{1 - r^2{}_{x_1x_2}}}$$

$$r_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{(0{,}192)^2 + (0{,}74)^2 - 2(0{,}912)(0{,}74)(0{,}85)}{1 - (0{,}85)^2}} = 0{,}914$$

Kesimpulan : terdapat hubungan yang signifikan antara X1 bersama sama dengan x2 dengan Y

Atau : terdapat hubungan yang signifikan antara pendapatan dan jumlah keluarga dengan pengeluaran untuk membeli barang A

Rangkuman

- Kovarian adalah istilah yang menunjukkan seberapa besar perubahan dari dua random variabel secara bersama-sama.
- Korelasi sebagai sebuah analisis memiliki berbagai jenis menurut tingkatannya. Beberapa tingkatan korelasi yang telah dikenal selama ini antara lain adalah korelasi sederhana, korelasi parsial, dan korelasi ganda. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing korelasi dan bagaimana cara menghitung hubungan dari masing-masing korelasi tersebut.
- semakin besar (≥+ (positif)) nilai kovariannya menunjukkan bahwa nilai X yang besar berkoresponden dengan nilai-nilai Y yang besar juga. Sebaliknya jika nilainya semakin keciiil kearah negatif (≤(negatif)) maka nilai X yang besar berkoresponden dengan nilai Y yang kecil.Korelasi sederhana ialah suatu tekni statistic yang dipakai untuk mengukur sebuah kekuatan hubungan di antara dua variabel dan mengetahui bentuk dari hubungan keduanya menggunakan hasil yang sifatnya kuantitatif.
- Sebelum melakukan analisis korelasi, pastikan jenis data yang digunakan terlebih dahulu. Bila anda menggunakan data bersifat ranking atau ordinal, maka spearman adalah analisis yang baik. Tapi, bila anda menggunakan data interval atau rasio, anda bisa menggunakan formula pearson.

- Korelasi ganda yakni sebuah bentuk korelasi yang dipakai guna melihat hubungan di antara 3 maupun lebih dari variabel (2 atau lebih dari variabel-variabel independen dan sebagaimana korelasi mereka bersama variabel dependen). Korelasi ganda ini merupakan suatu nilau yang bisa memberikan kuatnya pengaruh maupun hubungan di natara 2 variabel maupun lebih dengan bersama sama variabel lainnya.
- Koefisien determinasi merupakan ukuran untuk mengetahui kesesuaian atau ketepatan antara nilai dugaan dengan data sampel. Koefisien determinasi didefinisikan sebagai berikut. **Koefisien determinasi** adalah bagian dari keragaman total variabel tak bebas Y (variabel yang dipengaruhi atau dependent) yang dapat diterangkan atau diperhitungkan oleh keragaman variabel bebas X (variabel yang mempengaruhi, independent)

Latihan

1. Hitung kovarian untuk 4 pengukuran dari 2 besaran yaitu x dan y

   X: 20 23 23 22

   Y: 30 32 35 31
2. Data dibawah ini menunjukkan jumlah pemakaian pupuk (x) dan hasil panen padi yang dperoleh (y)!

PUPUK (X)	HASIL PANEN (KW)
20	8
40	9
50	11
70	11
100	12
110	14
120	15
150	16

Hitung koefisien korelasi dengan menggunakan product moment dan jelaskan artinya!

Evaluasi Pembelajaran

1. Masing-masing dari lima siswa mengukur dua kali (t dan T) untuk sebuah batu jatuh dari lantai tiga dan keenam dari sebuah gedung tinggi. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 9.5. Hitung dua rata-rata $\bar{t}\, dan\, \bar{T}$ dan T, dan temukan kovarians σ_{tT}

Siswa	t	T
A	14	20

B	12	18
C	13	18
D	15	22
E	16	22

2. Tabel dibawah ini menunjukkan berat badan, tinggi badan dan umur dari sampel random 12 anak laki-laki. Berat badan diukur dalam satuan pound, tinggi diukur dala inci dan umur diukur dalam tahun!

Berat Badan (x_1)	**Tinggi Badan (x_2)**	**Umur (Y)**
64	57	8
71	59	10
53	49	6
67	62	11
55	51	8
58	50	7
77	55	10
57	48	9
56	52	10
51	42	6
76	61	12
68	57	9

Hitung koefisien korelasi dengan menggunakan product moment dan jelaskan artinya!

Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Setelah penjelasan materi diberikan, mahasiswa mengerjakan **Latihan** secara individu.
2. Hasil kemudian didiskusikan di kelas.
3. Bila pengerjaan **latihan** masih keliru, mahasiswa melakukan perbaikan kemudian hasil diserahkan kepada dosen pengampu.
4. **Evaluasi pembelajaran** diberikan sebagai tugas yang dikerjakan di luar kelas. Dan dikumpul sebelum pertemuan berikutnya.
5. Hasil evaluasi kurang dari 75 poin (dari skala 100) akan dikembalikan dan dilakukan perbaikan dan selanjutnya diserahkan kembali ke dosen pengampu.

A. RANGKUMAN MODUL

- Pengukuran adalah penentuan besaran, dimensi, atau kapasitas, biasanya terhadap suatu standar atau satuan ukur. Pengukuran juga dapat diartikan sebagai pemberian angka terhadap suatu atribut atau karakteristik tertentu yang dimiliki oleh seseorang, hal, atau objek tertentu menurut aturan atau formulasi yang jelas dan disepakati..
- Ketika didefinisikan dengan benar, kesalahan (error) atau ketidakpastian hanya berkenaan dengan pengukuran-yaitu untuk memperkirakan suatu nilai ketika nilai eksak suatu pengukuran tidak mungkin diperoleh.
- Sebuah pengukuran bisa presisi tetapi tidak akurat, atau akurat tetapi tidak presisi. Sebagai contoh, jika sebuah pengukuran dilakukan dengan metode yang sangat teliti dengan alat ukur yang canggih dan dilakukan berulang-ulang akan menghasilkan pengukuran yang memiliki presisi tinggi.
- Proses pengukuran yang hasil pengukurannya dapat dibaca langsung dari alat ukur yang digunakan disebut dengan pengukuran langsung dan bila dalam proses pengukuran tidak bisa digunakan satu alat ukur saja dan tidak bisa dibaca langsung dari hasil pengukurannya, maka pengukuran yang deikian ini disebut pengukuran tak langsung. Kadang-kadang untuk mengukur satu benda ukur diperlukan dua atau tiga buah alat ukur standar, alat ukur pembanding dan alat ukur pembantu.
- Alat ukur sendiri banyak digunakan untuk menentukan nilai presisi pada suatu benda ataupun komponen yang diukur untuk mendapatkan nilai kuantitas dari benda tersebut. Fungsi dari alat ukur sendiri sangat beragam, tergantung dari macam-macam alat ukur tersebut.
- Adanya berbagai jenis kesalahan yang memungkinkan muncul di saat melakukan pengukuran memenyebabkan hasil pengukuran terkadang tidak sesua1 dengan hasil yang sebenarnya. Adanya hasil pengukuran yang tidak sesua dengan hasil yang sebenarnya mengakibatkan adanya ketidakastian hasil pengukuran
- Pengukuran dapat dilakukan secara langsung, misalnya seperti mengukur panjang menggunakan penggaris atau meteran. Tetapi pengukuran juga dapat dilakukan secara tak langsung, yaitu mengukur sesuatu dengan mengukur besaran yang lain, lalu dihitung hal yang ingin kita ketahui melalui besaran lain yang diukur tersebut. Pengukuran tidak langsung yaitu pengukuran terhadap objek yang dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis alat ukur / pembanding. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran alat ukur standar. Digunakan dua alat ukur karena alat ukur pembanding biasanya memiliki kecermatan yang lebih tinggi sedangkan alat ukur standar memiliki kualitas yang dapat diandalkan.

- Data pengamatan perlu dicermati sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut, bila ada data yang mennyimpang dapat dilakukan penolakan. Tidak ada data yang tepat dalam metode pengukuran, pasti ada ralat artinya pasti ada data yang menyimpang. Namun, perlu adanya toleransi penyimpangan data tersebut masih ditoleransi (diterima).
- Penentuan kriteria penolakan yang dikehendaki, sesuai dengan karakteristik data yang dimiliki, kriteria tersebut antara lain : kriteria tσ dan kriteria ChauvenetRata-rata tertimbang, yang dikenal juga sebagai mean tertimbang, sedikit lebih rumit dibandingkan mean aritmetik biasa. Sesuai namanya, rata-rata tertimbang adalah ketika angka-angka yang dikerjakan memiliki nilai, atau bobot yang saling berhubungan satu sama lain.
- Metode least square adalah metode peramalan yang menggunakan persamaan linear untuk menemukan garis paling sesuai untuk kumpulan data lampau guna meramalkan data di masa depan. Metode Least Square ini termasuk dalam golongan metode pendekatan berdasarkan distribusi error yang terukur melalui interval pendekatan secara keseluruhan

B. JAWABAN EVALUASI KEGIATAN PEMBELAJARAN

Modul 1

Kegiatan Pembelajaran 1

Latihan

1. Kuantitas pokok adalah sekumpulan jumlah dasar sehingga setiap kuantitas lain dapat dinyatakan dalam jumlah dasar atau kombinasinya sedangkan kuantitas turun adalah Kuantitas dalam sistem kuantitas dasar, yang didefinisikan dalam jumlah dasar.
2. Besaran pokok beserta satuannya

Besaran Dasar	Satuan internasional		
	Satuan	Lambang	Simbol besaran
1. Panjang	Meter	m	l
2. Massa	Kilogram	kg	m
3. Waktu	Sekon	s	t
4.Arus Listrik	Ampere	A	I
5. Suhu Thermodinamika	Kelvin	K	T
6. Jumlah Zat	Mola	mol	N
7. Intensitas cahaya	Kandela	cd	Iv

3. Perbedaan kesalahan acak dan kesalahan sistematis : **Kesalahan Acak**, Kesalahan ini mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak terkendali, penilaian pribadi dari pengamat, dan ketidakstabilan yang melekat

dari alat ukur atau penyebab lain yang bersifat acak. **Kesalahan Sistematis**, Kesalahan ini mungkin disebabkan oleh ketidakmampuan dalam mendeteksi sistem pengukuran, bias konstan, kesalahan dalam nilai standar, fisik konstan, dan properti medium atau faktor konversi yang digunakan.

4. $\left(F = G\frac{m_1\, m_2}{r^2}\right)$,

   $F = m \bullet a$
   $F = kg \bullet ms^{-2}$
   $F = [M]\,[L]\,[T]^{-2}$

   Maka

   $F = G \bullet m_1 \bullet m_2 / r^2$
   $G = F\, r^2 / m_1 \bullet m_2$
   $G = [M]\,[L]\,[T]^{-2}\,[L]^2 / [M]^2$
   $G = [M]^{-1}\,[L]^3\,[T]^{-2}$

5. Dimulai dari gaya F = m x a
   Satuan gaya adalah newton atau $kg.m.s^{-2}$
   Usaha W = F x s
   Dari pengolahan rumus diperoleh satuan $[kg.m.s^{-2}][m]$ menjadi $kg.m^2.s^{-2}$
   Dimensi usaha adalah $\mathbf{ML^2T^{-2}}$
   Energi kinetik EK = $\frac{1}{2}.m.v^2$
   Perhatikan, ½ tidak diperhitungkan karena hanya faktor pengali
   Dari pengolahan rumus EK diperoleh $kg.(m.s^{-1})^2$ menjadi $kg.m^2.s^{-2}$
   Dimensi EK adalah $\mathbf{ML^2T^{-2}}$
   Kesimpulan: besaran usaha dan energi kinetik memiliki kesetaraan berdasarkan satuan dan dimensi yang sama (identik)

Evaluasi Pembelajaran

1.
$$p = \frac{m\ x\ g}{A}$$

   satuan kg/m^3
   dimensi ML^-3
   mg/A
   satuan
   $kg\ m/s^2\ /m^2$
   $=kg/ms^2$
   dimensi= ML^-1 T^-2

2. Fungsi dari dimensi besaran fisika ini adalah untuk menentukan satuan dari suatu besaran turunan, membuktikan kebenaran dan kesetaraan suatu persamaan fisika.
3. **Nilai sebenarnya,** (*true value*) adalah nilai yang konsisten dengan definisi besaran yang bersangkutan. Nilai yang mengkarakterisasi kuantitas yang didefinisikan dengan sempurna pada saat pengukurannya dikenal sebagai nilai sebenarnya.sedangkan **Nilai Terukur**, (*measurand*) adalah besaran tertentu yang nilainya diukur.

Kegiatan Pembelajaran 2

Latihan

1. Tendensi sentral adalah pengukuran statistik untuk menentukan skor tunggal yang menetapkan pusat dari distribusi. Tujuan tendensi sentral adalah untuk menemukan skor single yang paling khusus atau paling representatif dalam kelompok
2. Standar deviasi (simpangan baku) merupakan akar kuadrat dari varian.
3. Taraf signifikansi (α) merupakan angka yang menunjukkan probabilitas atau peluang kesalahan yang ditetapkan peneliti dalam mengambil keputusan untuk menolak atau mendukung hipotesis nol, atau dapat diartikan juga sebagai tingkat kesalahan atau tingkat kekeliruan yang dapat ditolerir/ ditoleransi oleh peneliti, yang sebabkan kemungkinan adanya kesalahan dalam pengambilan sampel
4. Variabel Independen (Variabel Bebas) adalah variabel yang mempengaruhi atau sebab perubahan timbulnya variabel terikat (dependen). Sedangkan Variabel Despenden (Variabel Terikat) adalah variabel yang dipengaruhi, akibat dari adanya variabel bebas.
5. Variabel dependen dan independen, standar deviasi, varians, jangkauan, dispersi, ukuran tendensi sentral data simpangan baku. dan lain lain

Evaluasi Pembelajaran

1. Data : 2 3 4 5 5 5 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 9 9 9 9 9 9
   N = 23
   a. Mean
   $$\bar{x} = \frac{2 + 3 + 4 + (3x5) + (5x6) + (4x7) + (2x8) + (6x9)}{23} = 6{,}61$$
   b. Modus
   Angka 9
   c. Median

Karena jumlah data ganjil maka: $Med = x_{\frac{n+1}{2}} = x_{\frac{23+1}{2}} = x_{12} = 7$

2. a. Standar deviasi

$$s = \left[\sum_{p=1}^{p=n} \frac{\left(x_p - \bar{x}\right)^2}{n}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$s = \left[\sum_{p=1}^{p=n} \frac{()^2}{23}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1{,}972399$$

b. Varians

$$s^2 = \sum_{p=1}^{p=n} \frac{\left(x_p - \bar{x}\right)^2}{n}$$

=4,067194

3. Berdasarkan tabel di bawah :

PERLAKUAN	Kelompok				JUMLAH
	1	2	3	4	
P0	27,7	33	26,3	37,7	124,7
P1	36,6	33,8	27	39	136,4
P2	37,4	41,2	45,4	44,6	168,6
P3	42,2	46	45,9	46,2	180,3
P4	39,8	39,5	40,9	44	164,2
P5	42,9	45,9	43,9	45,6	178,3

a. Faktor Koreksi :
   Y = 124,7 + 136,4 + 168,6 + 180,3 +164,2 + 178,3 = 952,5
   Faktir Koreksi (FK) = $(952{,}5)^2$/ (4).(6) = 37802,3
b. Jumlak Kuadrat (JK)
   JK Total (JKT) = $27{,}7^2 + 33^2 + 26{,}3^2 + \ldots + 45{,}9^2 + 43{,}9^2 + 45{,}6^2 -$ 37802,3 = 890,43
c. JK Perlakuan (JKP) = (952,5)/4 – 37802,3 = 658,06
d. JK Galat (JKG) = 890,43 – 658,06 = 232,36

Kegiatan Pembelajaran 3
Latihan

1. Pada sebuah pengukurang panjang benda diperoleh hasil pengukuran 0,05090 m. Angka pentingnya ada 4 karena jika 0 berada di depan/belakang koma, maka bukan merupakan angka penting, tapi jika 0 berada di akhir atau diantara angka selain 0 itu mrupakan angka penting
2. Hasil pengurangan dari bilangan-bilangan penting 568,26 g dengan 425 g akan menghasilkan
   568, 26 - 425, 00 = 143, 26 g
3. Hasil pengukuran luas pelat tipis yang memiliki panjang 1,25 cm dan lebar 0,15 cm. Menurut aturan angka penting 1,25 memiliki 3 angka penting 0,15 memiliki 2 angka penting perkalian itu menggunakan angka penting yg paling sedikit L = 1,25 x 0,15 = 0,1875 = 0,19

Evaluasi Pembelajaran

1. 1,0 : 3,0 Seperti apa hasilnya menggunakan aturan angka penting
   = 0,33 (dua angka penting)
2. 3,7 – 0,57 Seperti apa hasilnya menggunakan aturan angka penting
   =3,7 paling tidak akurat. Jika menggunakan kalkulator, hasilnya adalah 3,13. Hasil ini lebih akurat dari 3,7 karenanya harus dibulatkan menjadi 3,1. 3,7 – 0,57 = 3,1
3. 10,24 + 32,457 + 2,6 Seperti apa hasilnya menggunakan aturan angka penting
   =2,6 paling tidak akurat. Jika dijumlahkan maka hasilnya adalah 45,297. Hasil ini lebih akurat dari 2,6 karenanya harus dibulatkan menjadi 45,3. 10,24 + 32,457 + 2,6 = 45,3

Modul 2

Kegiatan Pembelajaran 1

Latihan

1. **Pengukuran tunggal** dilakukan hanya satu kali, misalnya kita menimbang satu barang dan hanya dilakukan sekali, lalu dicatat datanya. **Pengukuran berulang** dilakukan lebih dari satu kali (n kali), dimaksud agar diperoleh data perolehan yang mendekati sempurna ketelitiannya. Pengukuran berulang dilakukan untuk besaran yang sulit diukur jika hanya satu kali, misalnya kecepatan suatu benda dan sebagainya.
2. pengukuran langsung adalah pengukuran dengan menggunakan satuan yang sudah baku. contohnya mengukur pintu dengan cm. pengukuran tidak langsung adalah pengukuran yang dilakukan 2×/ lebih. contohnya mengukur pohon dengan tongkat, lalu tongkat itu diukur berapa cm.
3. **Dalam pengukuran tunggal**, penentuan hasil ukurnya tidak ada aturan tertentu (tidak harus ½ Nilai Skala Terkecil) dan hasil ukurnya ditentukan oleh keprofesionalitas si pengukur itu sendiri yang dilakukan secara logis dan

rasional berdasarkan intuisi dan pemahaman yang dikuasainya. da beberapa sebab mengapa sebuah pengukuran dilakukan secara berulang-ulang antara lain. Adanya kesulitan eksperimen **dalam pengulangan pengukuran**. Besaran yang diukur bersifat fluktuatif (berubah-ubah). Adanya variasi dari medium pada saat eksperimen dilakukan

Evaluasi Pembelajaran

1. Standar deviasi berdasarkan data

No	Panjang Balok (cm)	Lebar Balok (cm)	Tinggi Balok (cm)
1	123	87	98
2	124	87	99
3	122	88	99
4	123	86	97
5	122	85	99
6	122	88	96
7	123	87	96
8	121	88	96
9	122	86	97
10	123	85	97
Std Dev.	**0,84984**	**1,1595**	**1,26491**

Kegiatan Pembelajaran 2

Latihan

1. Skala terkecil dari alat alat ukur panjang

Mistar = 1 mm, jangka sorong = 0,1 mm dan mikro meter sekrup = 0,01 mm

2. Jelaskan perbedaan penggunaan masing masing alat ukur panjang (mistar, jangka sorong dan micrometer sekrup)

   - Mistar memiliki angka ketelitian/ skala terkecil sebesar 1mm, jangka sorong memiliki angka ketelitian/ skala terkecil sebesar 0,01 cm = 0,1 mm, sedangkan mikrometer sekrup memiliki angka ketelitian/ skala terkecil sebesar 0,01 mm.
   - Mistar digunakan untuk mengukur benda yang lumayan besar sehingga kurang memerlukan presisi tinggi, seperti panjang buku, lebar meja, dll. Jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan logam, mengukur diameter dalam maupun luar dari objek melingkar seperti cincin, pipa, maupun silinder, selain itu untuk mengukur ketinggian/ kedalaman objek yang tidak terlalu dalam seperti tabung reaksi, gelas ukur, dll. Sedangkan

mikrometer sekrup digunakan untuk mengukur ketebalan benda yang cukup tipis seperti plat/ lempeng logam, ketebalan kertas, uang logam, dll.

3. Selain yang sudah disebutkan pada materi, sebutkan dan jelaskan 5 alat ukur
    1. **Welding gauge** = alat yang digunakan untuk mengukur dimensi material sebelum pengelasan dan mengukur dimensi hasil lasan.
    2. **Densitometer** = alat yang mempunyai fungsi untuk mengukur tingkat kegelapan dari suatu benda yang semi transparan atau film.
    3. **Hygrometer** = untuk mengetahui kelembaban pada suatu ruang tertutup
    4. **Manometer** = sebuah peralatan yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam suatu ruang baik tekanan dari sebuah gas maupun cairan
    5. **Sound Level Meter** = Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan atau tingginya intensitas suara.

Evaluasi Pembelajaran

1. Perhatikan gelas ukur, volum benda = 200 - 150 = 50 ml

   Ubah 50 ml = 0,05 liter = 0,05 dm³ = 0,00005 m³ atau 5 x 10^{-5} m³

   Massa benda = 600 gram = 0,6 kg

   Massa jenis = massa / volum = 0,6 / 5 x 10^{-5} kg/m³

   Menjadi [0,6 x 10^5] / 5 = [60 x 10^3] / 5 = 12000 kg/m³

2. pengukuran panjang benda dengan menggunakan mistar, dan pengukuran massa dengan menggunakan timbangan. pengukuran secara berulang sebanyak 10 kali

No	Panjang Benda	Massa Benda
1	20 cm	500 gr
2	20,1 cm	499 gr
3	20,2 cm	499 gr
4	20 cm	500 gr
5	20,1 cm	500 gr
6	20,2 cm	501 gr
7	20 cm	501 gr
8	20,1 cm	500 gr
9	20,2 cm	499 gr
10	20 cm	500 gr

Tentukan :

a. Ukuran tendensi sentral data pengukuran

   Mean : $rata - rata\ panjang = \frac{200,9}{10} = 20,09\ cm$

$$rata - rata\ massa = \frac{4999}{10} = 499{,}9\ cm$$

Median :

Panjang Benda	Massa Benda
20	499
20	499
20	499
20	500
20,1	500
20,1	500
20,1	500
20,2	500
20,2	501
20,2	501

$$Median\ Panjang = \frac{20{,}1 + 20{,}1}{2} = 20{,}1\ cm$$

$$Median\ Massa = \frac{500 + 500}{2} = 500\ gr$$

Modus : Modus ukuran panjang = 20 cm
Modus ukuran massa = 500 gram.

b. Simpangan baku =0,7378

Kegiatan Pembelajaran 3
Latihan

1. 3 contoh kesalahan dalam kehidupan sehari-hari kesalahan umum, acak dan sistematis yang terjadi dalam proses mengukur.
   Kesalahan **umum** adalah kesalahan yang disebabkan karena manusia. **Contoh :** kesalahan paralak, kesalahan penaksiran, kesalahan pembacaan alat ukur, penyetelan yang tidak tepat, pemakaian instrumen yang tidak sesuai. **Kesalahan sistematis** adalah kesalahan yang disebabkan oleh kekurangan pada instrumen itu sendiri. **Contoh** : ketegangan pegas yang

tidak tepat, kalibrasi yang tidak sesuai, perawatan, penggunaan dan penanganan instrument yang tidak benar, kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan. **Kesalahan yang tak disengaja (random error)** adalah kesalahan yang penyebabnya tidak secara langsung dapat diketahui. **Contoh** : Kesalahan yang disebabkan oleh pengaruh kondisi lingkungan : temperature, tekanan, dan kelembaban yang tinggi, atau listrik statis, medan elektromagnetik yang kuat.

2. Bagaimana cara meminimalisir berbagai kesalahan yang timbul dalam proses mengukur?
    1. Memiliki pengetahuan teori tentang alat ukur yang memadai dan memiliki ketrampilan atau pengalaman dalam praktik-praktik pengukuran.
    2. Memiliki pengetahuan tentang sumber-sumber yang dapat menimbulkan penyimpangan dalam pengukuran dan sekaligus tahu bagaimana cara mengatasinya.
    3. Memiliki kemampuan dalam persoalan pengukuran yang meliputi bagaimana menggunakannya, bagaimana, mengalibrasi dan bagaimana memeliharanya.

Evaluasi Pembelajaran

1. Dari proses pengukuran, jenis kesalahan- kesalhan apa saja yang muncul saat melakukan pengukuran
    - Kesalahan pengukuran karena alat ukur
    - Kesalahan pengukuan karena benda ukur
    - Kesalahan pengukuran karena faktor si pengukur (kondisi mata pengukur)
    - Kesalahan Karena Metode Pengukuran yang Digunakan
    - Kesalahan Karena Pembacaan Skala Ukur
    - Kesalahan karena faktor lingkungan

    Akibatnya : kesalahan yang muncul dalam pengukuran bisa menyebabkan ketidak akuratan hasil penelitian yang di hasilkan. Dalam pengukuran akan menimbulkan nilai error/galat.

Modul 3

Kegiatan Pembelajaran 1

Latihan

1. Hasil pengukuran dengan ketidak pastian yang berbeda

a. (92,81 ±0,3) satuan. hasil pengukuran berada pada rentang 92,78 – 92,84 satuan
b. (92,81 ± 3) satuan. hasil pengukuran berada pada rentang 89,81 – 95,81 satuan
c. (92,81 ±30) satuan. hasil pengukuran berada pada rentang 62,81 – 122,81 satuan
d.
$$W = F.s$$
$$W = m.a.s$$
$$W = m.\frac{v}{t}.s$$
$$W = m.v.\frac{s}{t}$$
$$W = m.v.v$$
$$W = m.v^2$$
$$W = Ek\ (setara)$$

2. Pengukuran panjang menghasilkan nilai terbaik 27,6 cm. makna dari hasil pengukuran tersebut bahwa. Angka diperoleh berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan dengan memperhatikan nilai galat terkecil yang dihasilkan.

Evaluasi Pembelajaran

$$\text{Persentasi riil air dalam hidrat} = \frac{6H_2O}{SrCl_2.6H_2O}\text{x}100\% = \frac{108}{268}\text{ x}100\%$$
$$= 40,3\ \%$$
$$\text{Persentasi kesalahan } = \frac{40,3-40,8}{40,3}\text{x}100\% = 1\%$$

Kegiatan Pembelajaran 2

Latihan

Bila diketahui pengukuran massa jenis suatu bahan m= ($m_0 \pm \Delta m_0$) kg, V = ($V_0 \pm \Delta V_0$) m^3, maka dengan tahanan ρ = m/V carilah Δρ

$$\rho = \rho(m,V)\ ;\ \frac{\partial\rho}{\partial m} = V_0^{-1} \quad , \qquad \frac{\partial\rho}{\partial V} = m_0V_0^{-2}$$
$$\Delta\rho = \left|\frac{\partial\rho}{\partial m}\right|\Delta m_0 + \left|\frac{\partial\rho}{\partial V}\right|\Delta V_0 = \frac{\Delta m_0}{V_0} + \frac{m_0\Delta V_0}{V_0^2}$$

Dapat kita sederhanakan menjadi $\Delta\rho = \rho\left(\frac{\Delta m_0}{m_0} + \frac{\Delta V_0}{V_0}\right)$ dengan $\rho = \frac{m_0}{V_0}$

Evaluasi Pembelajaran

Bila diketahui perhitungan energi kinetik Ek = ½ mv^2 carilah ΔEk?

$$\text{Ek} = \text{Ek}(m,V)\ ;\ \frac{\partial\text{Ek}}{\partial m} = \frac{V^2}{2} \quad , \qquad \frac{\partial\text{Ek}}{\partial V} = mV$$

$$\Delta \mathrm{Ek} = \left|\frac{\partial \mathrm{Ek}}{\partial m}\right| \Delta m_0 + \left|\frac{\partial \mathrm{Ek}}{\partial V}\right| \Delta V_0 = \frac{V^2 \Delta m_0}{2} + \frac{mV\Delta V_0}{1}$$

Kegiatan Pembelajaran 3

Latihan

Bila diketahui pengukuran massa jenis suatu bahan m= ($m_0 \pm \Delta m_0$) kg, V = ($V_0 \pm \Delta V_0$) m^3, maka dengan tahanan ρ = m/V carilah Δρ

$$\rho = \rho(m, V)\ ;\ \frac{\partial \rho}{\partial m} = V_0^{-1} \quad , \qquad \frac{\partial \rho}{\partial V} = m_0 V_0^{-2}$$

$$\Delta\rho = \left|\frac{\partial \rho}{\partial m}\right| \Delta m_0 + \left|\frac{\partial \rho}{\partial V}\right| \Delta V_0 = \frac{\Delta m_0}{V_0} + \frac{m_0 \Delta V_0}{V_0^2}$$

Dapat kita sederhanakan menjadi $\Delta\rho = \rho\left(\frac{\Delta m_0}{m_0} + \frac{\Delta V_0}{V_0}\right)$ dengan $\rho = \frac{m_0}{V_0}$

Evaluasi Pembelajaran

Bila diketahui perhitungan energi kinetik Ek = ½ mv^2 carilah ΔEk?

$$\mathrm{Ek} = \mathrm{Ek}(m, V)\ ;\ \frac{\partial \mathrm{Ek}}{\partial m} = \frac{V^2}{2} \quad , \qquad \frac{\partial \mathrm{Ek}}{\partial V} = mV$$

$$\Delta \mathrm{Ek} = \left|\frac{\partial \mathrm{Ek}}{\partial m}\right| \Delta m_0 + \left|\frac{\partial \mathrm{Ek}}{\partial V}\right| \Delta V_0 = \frac{V^2 \Delta m_0}{2} + \frac{mV\Delta V_0}{1}$$

Modul 4

Kegiatan Pembelajaran 1

Latihan

Kegiatan Percobaan (Pengukuran panjang)

1. Pengukuran dilakukan den beberapa benda yang berneda dengan menggunakan alat ukur jangka sorong, micrometer sekrup dan mistar/meteran. Tiap pengukuran benda dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali.
2. Analisis data dilakukan dengan mengisi tabel pengukuran yang telah disediakan.
3. Menghitung ralat dengan menggunakan persamaan yang telah ada.

Evaluasi Pembelajaran

1. Jika kita ingin mengukur ketebalan sebuah rambut, alat ukur apakah yang cocok digunakan micrometer sekrup. Karena ketebalan yang cukup kecil sehingga alat ukur yang memiliki skala besar tidak bisa diperoleh nilai yang akurat.

2. Setiap kali melakukan pengukuran terhadap suatu objek, belum tentu mendapatkan harga yang sama, padahal kita mengukur objek yang sama karena terdapat banyak kesalahan yang mungkin terjadi.

Kegiatan Pembelajaran 2

Latihan

Kegiatan Percobaan (Pengukuran panjang)

1. Pengukuran dilakukan den beberapa benda yang berneda dengan menggunakan alat ukur stopwatch yang berbeda. Tiap pengukuran benda dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali.
2. Analisis data dilakukan dengan mengisi tabel pengukuran yang telah disediakan.
3. Menghitung ralat dengan menggunakan persamaan yang telah ada.

Evaluasi Pembelajaran

1. Setiap kali melakukan pengukuran terhadap suatu objek, belum tentu mendapatkan harga yang sama, padahal kita mengukur objek yang sama karena terdapat banyak kesalahan yang mungkin terjadi.
2. Beberapa peristiwa alam yang terjadi secara periodis yang dapat digunakan sebagai standar waktu yaitu siang dan malam hari, peristiwa angina laut dan angin darat, persitiwa pasang surut ait laut.

Kegiatan Pembelajaran 3

Latihan

Kegiatan Percobaan (Pengukuran panjang)

1. Pengukuran dilakukan den beberapa benda yang berneda dengan menggunakan alat ukur amperemeter dan voltmeter. Tiap pengukuran benda dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali.
2. Analisis data dilakukan dengan mengisi tabel pengukuran yang telah disediakan.
3. Menghitung ralat dengan menggunakan persamaan yang telah ada.

Evaluasi Pembelajaran

1. Setiap kali melakukan pengukuran terhadap suatu objek, belum tentu mendapatkan harga yang sama, padahal kita mengukur objek yang sama karena terdapat banyak kesalahan yang mungkin terjadi.
2. Beberapa alat ukur kelistrikan voltmeter, amperemeter dan ohmmeter.

Modul 5

Kegiatan Pembelajaran 1

Latihan

1. Diketahui μ=8 σ=1. Permintaan pertanyaannya adalah P(X>9,25)

$$P(X > x) = P\left(Z > \frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$
$$P(X > x) = 1 - P\left(Z < \frac{x-\mu}{\sigma}\right)$$
$$P(X > 9{,}25) = 1 - P\left(Z < \frac{9{,}25 - 8}{1}\right)$$
$$P(X > 9{,}25) = 1 - P(Z < 1{,}25)$$

Dari tabel Z dapat diketahui bahwa $P(Z < 1{,}25)$ sama dengan 0,8944

$$P(X > 9{,}25) = 1 - P(Z < 1{,}25)$$
$$P(X > 9{,}25) = 1 - 0{,}8944 = 0{,}1056$$

2. Diketahui σ=37. Permintaan pertanyaannya adalah P(X>230=14%) artinya

$$P(X > 230) = P(Z > z) = 14\%$$

Dengan melihat $P(Z > z) = 14\%$ dari tabel Z peroleh z= 1,08 s selanjutnya mean (μ) dapat dihitung rumus

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$
$$1{,}08 = \frac{230 - \mu}{37}$$

Selanjutnya

$$\mu = 230 - (1{,}08\ x\ 37)$$
$$\mu = 230 - (39{,}96)$$
$$\mu = 190{,}4$$

Evaluasi Pembelajaran

Diketahui μ=44,8 σ=11,3 dan v = 110. Untuk menyelesaikan digunakan rumus distribusi normal

1. Untuk soal rincian (a), hitung dahulu peluang penduduk yang hidup di atas 60 tahun

$$P(X > x) = P(Z > z)$$
$$P(X > x) = 1 - P\left(Z < \frac{x-\mu}{\sigma}\right)$$
$$P(X > 60) = 1 - P\left(Z < \frac{60 - 44{,}8}{11{,}3}\right)$$
$$P(X > 60) = 1 - P(Z < 1{,}3451)$$

Untuk mendapat peluang $P(Z < 1{,}3451)$ gunakan tabel Z distribusi normal atau hitung menggunakan excel

$$P(Z < 1{,}3451) = 0{,}9107$$

Sehingga

$$P(X > 60) = 1 - P(Z < 1{,}3451)$$
$$P(X > 60) = 1 - 0{,}9107 = 0{,}0893$$

Jumlah penduduk yang mempunyai harapan hidup di atas 60 tahun adalah

$$n_{>60} = n\ x\ P(X > 60)$$

$$n_{>60} = 110\ x\ 0{,}0893 = 9{,}8220 \approx 10$$

2. Cara (b) sama dengan cara (a), yaitu

$$P(X > 40) = 1 - P\left(Z < \frac{40 - 44{,}8}{11{,}3}\right)$$

$$P(X > 60) = 1 - P(Z < -0{,}4248)$$

$$P(X > 60) = 1 - 0{,}3355 = 0{,}6645$$

Jumlah penduduk yang mempunyai harapan hidup di atas 40 tahun adalah

$$n_{>40} = n\ x\ P(X > 40)$$

$$n_{>40} = 110\ x\ 0{,}6645 = 73{,}0951 \approx 73$$

3. Cara (c) sama dengan cara (a) dan (b), yaitu

$$P(45 < X < 65) = P(X < 65) - P(X < 45)$$

$$P(45 < X < 65) = 0{,}9631 - 0{,}5017 = 0{,}4560$$

Jumlah penduduk yang mempunyai harapan hidup 45-65 tahun adalah

$$n_{45<X<65} = n\ x\ P(45 < X < 65)$$

$$n_{45<X<65} = 110x\ 0{,}4560 = 50{,}1622 \approx 50$$

4. Cara (d) sama dengan cara (c), yaitu

$$P(55 < X < 60) = P(X < 60) - P(X < 55)$$

$$P(55 < X < 60) = 0{,}9107 - 0{,}8166 = 0{,}0941$$

Jumlah penduduk yang mempunyai harapan hidup 55-65 tahun adalah

$$n_{55<X<60} = n\ x\ P(55 < X < 60)$$

$$n_{55<X<60} = 110x\ 0{,}0941 = 10{,}3470 \approx 10$$

Kegiatan Pembelajaran 2

Latihan

Pendekatan Poisson

n=20 ; p=0,02 ; x =3

$$P(X = x) = \frac{(n\ x\ p)^x\ x\ e^{-n\ x\ p}}{x!}$$

$$P(X = 3) = \frac{(20\ x\ 0{,}02)^3\ x\ 2{,}71828^{-20\ x\ 0{,}02}}{3!}$$

$$P(X = x) = \frac{(0{,}4)^3\ x\ 2{,}71828^{-0{,}4}}{6} = 0{,}0072$$

Pendekatan Binomial

n=20 ; p=0,02 ; x =3 ; q=1-0,02 = 0,98

$$P(X = x) = C_x^n\ x\ p^x\ x\ q^{n-x}$$

$$P(X = 3) = C_3^{20}\ x\ p^3\ x\ q^{20-3}$$

$$P(X = 3) = 1.140\ x\ 0{,}000008\ x\ 0{,}71 = 0{,}0065$$

Evaluasi Pembelajaran

Diketahui N=80 ; p = $\frac{1}{120}$

λ= n x p = 80 x $\frac{1}{120} = 0{,}67$

a. tidak terdapat salah cetak,

$$P(X = 0) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} = \frac{0{,}67^0(2{,}71828^{-0{,}67})}{0!} = 0{,}512$$

b. 4 kata yang salah cetak!

$$P(X = 4) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} = \frac{0{,}67^4(2{,}71828^{-0{,}67})}{4!} = 0{,}004$$

Kegiatan Pembelajaran 3

Latihan

Diketahui : X= μ = 10 dan σ = 2

Ditanyakan : P(7<x<13) ; P(x<7) ; P(x>13)

Probabilitas P(7<x<13)

$$P(7 < \text{ X } < 13) = P(X < 13) - P(X < 7)$$
$$P(7 < \text{ X } < 13) = P\left(Z < \frac{13-10}{2}\right) - P\left(Z < \frac{7-10}{2}\right)$$
$$P(7 < \text{ X } < 13) = P(Z < 1{,}5) - P(Z < -1{,}5)$$
$$P(7 < \text{ X } < 13) = 0{,}9332 - 0{,}0668 = 0{,}8664$$

Probabilitas P(x<7)

$$P(X < 7) = 1 - P\left(Z < \frac{7-10}{2}\right)$$
$$P(X < 7) = 1 - P(Z < -1{,}5)$$
$$P(X < 7) = 1 - 0{,}0668 = 0{,}9332$$

Probabilitas P(x>13)

$$P(\text{x} > 13) = 1 - P\left(Z < \frac{13-10}{2}\right)$$
$$P(\text{x} > 13) = 1 - P(Z < 1{,}5)$$
$$P(\text{x} > 13) = 1 - 0{,}9332 \ = 0{,}0668$$

Evaluasi Pembelajaran

Diketahui $\mu = 69$ dan $\sigma = 2$; n=1000

a. Probabilitas P(67<x<71)

$$P(67 < \mathrm{x} < 71) = P(X < 71) - P(X < 67)$$
$$P(67 < \mathrm{x} < 71) = P\left(Z < \tfrac{71-69}{2}\right) - P\left(Z < \tfrac{67-69}{2}\right)$$
$$P(67 < \mathrm{x} < 71) = P(Z < 1) - P(Z < -1)$$
$$P(67 < \mathrm{x} < 71) = 0{,}8413 - 0{,}1587 = 0{,}6826$$

Jumlah pria yang mempunyai tinggi badan 67-71 tahun adalah

$$n_{67<\mathrm{x}<71} = n\ x\ P(67 < \mathrm{x} < 71)$$
$$n_{67<\mathrm{x}<71} = 1000x\ 0{,}6826 = 682{,}6 \approx 683$$

b. Probalikitas P (x>71)

$$P(\mathrm{x} > 71) = 1 - P\left(Z < \frac{71-69}{2}\right)$$
$$P(\mathrm{x} > 71) = 1 - P(Z < 0{,}8413)$$
$$P(\mathrm{x} > 71) = 1 - 0{,}8413 = 0{,}1857$$

Jumlah pria yang mempunyai tinggi badan di atas 71 tahun adalah

$$n_{\mathrm{x}>71} = n\ x\ P(\mathrm{x} > 71)$$
$$n_{\mathrm{x}>71} = 1000x\ 0{,}1857 = 185{,}7 \approx 186$$

c. Probalikitas P (x>75)

$$P(\mathrm{x} > 75) = 1 - P\left(Z < \frac{75-69}{2}\right)$$
$$P(\mathrm{x} > 75) = 1 - P(Z < 3)$$
$$P(\mathrm{x} > 75) = 1 - 0{,}9987 = 0{,}0013$$

Jumlah pria yang mempunyai tinggi badan di atas 71 tahun adalah

$$n_{\mathrm{x}>75} = n\ x\ P(\mathrm{x} > 75)$$
$$n_{\mathrm{x}<75} = 1000x\ 0{,}0013 = 1{,}3 \approx 1$$

d. Probabilitas P(65<x<67)

$$P(65 < \mathrm{x} < 67) = P(X < 71) - P(X < 67)$$
$$P(65 < \mathrm{x} < 67) = P\left(Z < \tfrac{67-69}{2}\right) - P\left(Z < \tfrac{65-69}{2}\right)$$
$$P(65 < \mathrm{x} < 67) = P(Z < -1) - P(Z < -2)$$
$$P(65 < \mathrm{x} < 67) = 0{,}1587 - 0{,}0228 = 0{,}1359$$

Jumlah pria yang mempunyai tinggi badan 67-71 tahun adalah

$$n_{65<\mathrm{x}<67} = n\ x\ P(65 < \mathrm{x} < 67)$$
$$n_{65<\mathrm{x}<67} = 1000x\ 0{,}1359 = 135{,}9 \approx 136$$

e.

Modul 6

Kegiatan Pembelajaran 1

Latihan

Diketahui mean = 7 ; σ=2,72 ; x_{sus} = 12, selisih x_{sus} dan mean= 5

$$t_{sus} = \frac{|x_{sus} - \bar{x}|}{\sigma_x} = \frac{12 - 7}{2,72} = 1,84$$

Mengacu pada tabel dalam **Lampiran**, ia melihat probabilitas dari pengukuran $\bar{x}$ akan
berbeda sebesar 1,84σ_x atau lebih

$$Prob(selain\ 1,84\sigma_x) = 1 - Prob(dalam 1,84\ \sigma_x)$$
$$Prob(selain\ 1,84\sigma_x) = 1 - 0,9342$$
$$Prob(selain\ 1,84\sigma_x) = 0,0658$$

Dalam 14 pengukuran, maka ia akan berharap untuk menemukan hanya 0,921 dari satu pengukuran sesat sebagai hasilnya tersangka nya. Karena 0,921 lebih dari angka 0,5 yang ditetapkan oleh kriteria Chauvenet, maka ia setidaknya harus menolak angka 12.

Evaluasi Pembelajaran

Diketahui mean dan standar deviasi yaitu $\bar{V}$ = 51 dan σ_V = 2 (dalam microvolts) untuk 20 pengukuran.
V_{sus} = 56

$$t_{sus} = \frac{|V_{sus} - \bar{V}|}{\sigma_x} = \frac{56 - 51}{2} = 2,5$$

Mengacu pada tabel dalam **Lampiran A**, ia melihat probabilitas dari pengukuran $\bar{x}$ akan
berbeda sebesar 2,5σ_x atau lebih

$$Prob(selain\ 2,5\sigma_x) = 1 - Prob(dalam\ 2,5\ \sigma_x)$$
$$Prob(selain\ 2,5\sigma_x) = 1 - 0,9876$$
$$Prob(selain\ 2,5\ \sigma_x) = 0,0126$$

Dalam 20 pengukuran, maka ia akan berharap untuk menemukan hanya 0,252 dari satu pengukuran sesat sebagai hasilnya tersangka nya. Karena 0,252 kurang dari angka 0,5 yang ditetapkan oleh kriteria Chauvenet, maka ia setidaknya harus mempertimbangkan untuk menolak hasilnya.

Kegiatan Pembelajaran 2

Latihan

Jika 5 mahasiswa mendapat nilai 70 ; 6 mahasiswa mendapat 69 , 3 mahasiswa mendapat nilai 45 ; 1 seorang mahasiswa mendapat nilai 80 ; 1 dan seorang lagi mendapat nilai 56. Rata-rata tertimbang untuk ke 16 mahasiswa tersebut adalah **64,69**

Evaluasi Pembelajaran

1. Data dapat ditabulasikan :

No	X	Y	X2	X.Y
1	1	12	1	12
2	2	13	4	26
3	3	18	9	54
4	4	19	16	76
5	5	24	25	120
Jumlah	15	86	55	288

$$b = \frac{(5\ x288) - (15\ x\ 86)}{5\ x\ 55 - (15)^2} = 3$$

$$a = \frac{86}{5} - 3\ x\ \frac{15}{5} = 8{,}2$$

Y=a+bx

Y=8,2+3x

2. Data dapat ditabulasikan :

No	X (jarak)	Y (waktu)	X2	X.Y
1	0	17,6	0	0
2	3000	40,4	9000000	121200
3	6000	67,7	36000000	406200
4	9000	90,1	81000000	810900
5	12000	117,3	144000000	1407600
Jumlah	30000	333,1	270000000	2745900

$$b = \frac{(5\ x2745900) - (30000\ x\ 333{,}1)}{5\ x\ 270000000 - (30000)^2} = 0{,}0083$$

$$a = \frac{333{,}1}{5} - 0{,}0083\ x\ \frac{30000}{5} = 16{,}8$$

$d = d_0 + vt$,

d=16,8+0,0083t

Kegiatan Pembelajaran 3

Latihan

1. Data dapat di tabulasikan

No	X	Y	X_i-X_{avg}	Y_i-Y_{avg}	Product
1	20	30	-2	-2	4
2	23	32	1	0	0
3	23	35	1	3	3
4	22	31	0	-1	0

Jumlah	**88**	**128**	**0**	**0**	**7**
avg	**22**	**32**			
cov	**2,333333333**				

2. Data dapat ditabulasikan

PUPUK (X)	**HASIL PANEN (KW)**
20	8
40	9
50	11
70	11
100	12
110	14
120	15
150	16
Korelasi	**0,973010068**

Evaluasi Pembelajaran

1. Data dapat di tabulasikan

Siswa	**t**	**T**	**$t\text{-}t_{avg}$**	**$T{=}T_{avg}$**	**Product**
A	14	20	0	0	0
B	12	18	-2	-2	4
C	13	18	-1	-2	2
D	15	22	1	2	2
E	16	22	2	2	4
rata	**14**	**20**			
jumlah	**70**	**100**	**0**	**0**	**12**
Cov	**3**				

2. Data dapat di tabulasikan

Berat Badan (x_1)	**Tinggi Badan (x_2)**	**Umur (Y)**	**Korelasi**	
64	57	8	hubungan X_1 dengan Y	**0,769817**
71	59	10	hubungan X_2 dengan Y	**0,798407**
53	49	6	hubungan x_1 dan x_2	**0,819645**
67	62	11	Hubungan X_1 dan X_2 dengan Y	**0,82091**
55	51	8		
58	50	7		
77	55	10		
57	48	9		
56	52	10		

51	42	6		
76	61	12		
68	57	9		

C. DAFTAR ISTILAH

Akurasi : nilai yang menunjukkan kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sesungguhnya

Convidence Level : merupakan metode digunakan untuk memperkirakan parameter populasi berdasarkan sampel menggunakan metode statistik tertentu dalam sebuah rentang tertentu

Delta : Selisih

Estimasi : Perkiraan nilai.

Histogram : Data pengukuran yang berbentuk diagram batang.

Kesalahan : Penyimpangan dari harga sebenarnya dari pengukuran.

Ketidakpastian : Parameter terkait dengan hasil pengukuran, yang mencirikan dispersi dari nilai-nilai yang cukup dapat dikaitkan dengan objek yang diukur.

Koreksi : Jumlah total dari data pengamatan yang kemudian dikuadratkan.

Kuantitas dasar : Sekumpulan jumlah dasar sehingga setiap kuantitas lain dapat dinyatakan dalam jumlah dasar atau kombinasinya

Kuantitas turunan : Kuantitas dalam sistem kuantitas dasar, yang didefinisikan dalam jumlah dasar.

Massa : Kuantitas dalam sistem kuantitas dasar, yang didefinisikan dalam jumlah dasar.

Mengukur : Membandingkan suatu besaran dengan besaran lain (sejenis) yang digunakan sebagai patokan.

Normalisasi : Proses pengelompokan sekumpulan atribut data yang membentuk entitas sederhana

Panjang : Sekumpulan jumlah dasar sehingga setiap kuantitas lain dapat dinyatakan dalam jumlah dasar atau kombinasinya

Rata-rata : Suatu bilangan yang mewakili sekumpulan bilangan.

Standar deviasi : ukuran-ukuran keragaman (variasi) data statistik yang paling sering digunakan

True value : Nilai yang konsisten dengan definisi besaran yang bersangkutan

D. DAFTAR PUSTAKA

Cochran, WG (1968). “Kesalahan Pengukuran dalam Statistik”. Technometrics . Taylor & Francis, Ltd atas nama Amerika statistik Association dan American Society untuk Kualitas. 10: 637-666. doi: 10,2307 / 1.267.450

Dodge, Y. (2003). The Oxford Kamus Istilah statistik . OUP. ISBN 0-19-920613-9.

Gupta, S.V. (2012). Measurement Uncertainties Physical Parameters and Calibations of Instrumens. Springer: London New York. DOI : 10.1007/978-3-642-20989-5

Hambar, J. Martin, dan Douglas G. Altman (1996). “Statistik Catatan: Kesalahan Pengukuran.” BMJ 313.7059: 744.

Taylor, JR (1999). An Introduction to Error Analysis the study of uncertainties in physical Measurements: Second Edition . California : Universitu Science Books. ISBN 0-935702-75-X.

Cochran, WG (1968). “Kesalahan Pengukuran dalam Statistik”. Technometrics . Taylor & Francis, Ltd atas nama Amerika statistik Association dan American Society untuk Kualitas. 10: 637-666. doi: 10,2307 / 1.267.450

Dodge, Y. (2003). The Oxford Kamus Istilah statistik . OUP. ISBN 0-19-920613-9.

Gupta, S.V. (2012). Measurement Uncertainties Physical Parameters and Calibations of Instrumens. Springer: London New York. DOI : 10.1007/978-3-642-20989-5

Hambar, J. Martin, dan Douglas G. Altman (1996). “Statistik Catatan: Kesalahan Pengukuran.” BMJ 313.7059: 744.

Taylor, JR (1999). An Introduction to Error Analysis the study of uncertainties in physical Measurements: Second Edition . California : Universitu Science Books. ISBN 0-935702-75-X.

Bevington, P. R. (1969). Data Reduction and erro analysis for the physical sciences. New York: McGraw-Hill Book Company.

Buckla, D., Mc Lanchlan, W. (1992). Applied Electronics Instrumentation and Measurement, Macmillan Publishing Comp.

Fajar P., dkk., (2000). BMP : Alat Ukur Listrik, Univeritas Terbuka.

Halliday, Resnick. (1990). Fisika 1 (Terjemahan Pantur Silaban). Penerbit Erlangga.

Halman, J.P. (1999). Experimental Methods For Engineers, Mc-Graw Hill International Edition.

Module Phys-120, (2000). Department of Physics, Kulee University.

Nur Azman, dkk., (1983) Penuntun Praktikum Fisika Dasar, Sinar Wijaya.

Les Kirkup, (1999). Experimental Methods, John Wiley.

Suparno S., dkk. (2001). Panduan Praktikum Fisika 2, Universitas Terbuka

LAMPIRAN 1

Tabel Statistik

Tabel Nilai-Nilai r Product Moment

NILAI-NILAI r PODUCT MOMENT

N	Taraf Signifikan		N	Taraf Signifikan		N	Taraf Signifikan	
	5%	1%		5%	1%		5%	1%
3	0,997	0,999	27	0,381	0,487	55	0,266	0,345
4	0,950	0,990	28	0,374	0,478	60	0,254	0,330
5	0,878	0,959	29	0,367	0,470	65	0,244	0,317
6	0,811	0,917	30	0,361	0,463	70	0,235	0,306
7	0,754	0,874	31	0,355	0,456	75	0,227	0,296
8	0,707	0,834	32	0,349	0,449	80	0,220	0,286
9	0,666	0,798	33	0,344	0,442	85	0,213	0,278
10	0,632	0,765	34	0,339	0,436	90	0,207	0,270
11	0,602	0,735	35	0,334	0,430	95	0,202	0,263
12	0,576	0,708	36	0,329	0,424	100	0,195	0,256
13	0,553	0,684	37	0,325	0,418	125	0,176	0,230
14	0,532	0,661	38	0,320	0,413	150	0,159	0,210
15	0,514	0,641	39	0,316	0,408	175	0,148	0,194
16	0,497	0,623	40	0,312	0,403	200	0,138	0,181
17	0,482	0,606	41	0,308	0,398	300	0,113	0,148
18	0,468	0,590	42	0,304	0,393	400	0,098	0,128
19	0,456	0,575	43	0,301	0,389	500	0,088	0,115
20	0,444	0,561	44	0,297	0,384	600	0,080	0,105
21	0,433	0,549	45	0,294	0,380	700	0,074	0,097
22	0,423	0,537	46	0,291	0,376	800	0,070	0,091
23	0,413	0,526	47	0,288	0,372	900	0,065	0,086
24	0,404	0,515	48	0,284	0,368	1000	0,062	0,081
25	0,396	0,505	49	0,281	0,364			
26	0,388	0,496	50	0,279	0,361			

Tabel Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.40	0.00034	0.00032	0.00031	0.00030	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
-3.30	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.00040	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
-3.20	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.00060	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050
-3.10	0.00097	0.00094	0.00090	0.00087	0.00084	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
-3.00	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00104	0.00100
-2.90	0.00187	0.00181	0.00175	0.00169	0.00164	0.00159	0.00154	0.00149	0.00144	0.00139
-2.80	0.00256	0.00248	0.00240	0.00233	0.00226	0.00219	0.00212	0.00205	0.00199	0.00193
-2.70	0.00347	0.00336	0.00326	0.00317	0.00307	0.00298	0.00289	0.00280	0.00272	0.00264
-2.60	0.00466	0.00453	0.00440	0.00427	0.00415	0.00402	0.00391	0.00379	0.00368	0.00357
-2.50	0.00621	0.00604	0.00587	0.00570	0.00554	0.00539	0.00523	0.00508	0.00494	0.00480
-2.40	0.00820	0.00798	0.00776	0.00755	0.00734	0.00714	0.00695	0.00676	0.00657	0.00639
-2.30	0.01072	0.01044	0.01017	0.00990	0.00964	0.00939	0.00914	0.00889	0.00866	0.00842
-2.20	0.01390	0.01355	0.01321	0.01287	0.01255	0.01222	0.01191	0.01160	0.01130	0.01101
-2.10	0.01786	0.01743	0.01700	0.01659	0.01618	0.01578	0.01539	0.01500	0.01463	0.01426
-2.00	0.02275	0.02222	0.02169	0.02118	0.02068	0.02018	0.01970	0.01923	0.01876	0.01831
-1.90	0.02872	0.02807	0.02743	0.02680	0.02619	0.02559	0.02500	0.02442	0.02385	0.02330
-1.80	0.03593	0.03515	0.03438	0.03362	0.03288	0.03216	0.03144	0.03074	0.03005	0.02938
-1.70	0.04457	0.04363	0.04272	0.04182	0.04093	0.04006	0.03920	0.03836	0.03754	0.03673
-1.60	0.05480	0.05370	0.05262	0.05155	0.05050	0.04947	0.04846	0.04746	0.04648	0.04551
-1.50	0.06681	0.06552	0.06426	0.06301	0.06178	0.06057	0.05938	0.05821	0.05705	0.05592
-1.40	0.08076	0.07927	0.07780	0.07636	0.07493	0.07353	0.07215	0.07078	0.06944	0.06811
-1.30	0.09680	0.09510	0.09342	0.09176	0.09012	0.08851	0.08691	0.08534	0.08379	0.08226
-1.20	0.11507	0.11314	0.11123	0.10935	0.10749	0.10565	0.10383	0.10204	0.10027	0.09853
-1.10	0.13567	0.13350	0.13136	0.12924	0.12714	0.12507	0.12302	0.12100	0.11900	0.11702
-1.00	0.15866	0.15625	0.15386	0.15151	0.14917	0.14686	0.14457	0.14231	0.14007	0.13786
-0.90	0.18406	0.18141	0.17879	0.17619	0.17361	0.17106	0.16853	0.16602	0.16354	0.16109
-0.80	0.21186	0.20897	0.20611	0.20327	0.20045	0.19766	0.19489	0.19215	0.18943	0.18673
-0.70	0.24196	0.23885	0.23576	0.23270	0.22965	0.22663	0.22363	0.22065	0.21770	0.21476
-0.60	0.27425	0.27093	0.26763	0.26435	0.26109	0.25785	0.25463	0.25143	0.24825	0.24510
-0.50	0.30854	0.30503	0.30153	0.29806	0.29460	0.29116	0.28774	0.28434	0.28096	0.27760
-0.40	0.34458	0.34090	0.33724	0.33360	0.32997	0.32636	0.32276	0.31918	0.31561	0.31207
-0.30	0.38209	0.37828	0.37448	0.37070	0.36693	0.36317	0.35942	0.35569	0.35197	0.34827
-0.20	0.42074	0.41683	0.41294	0.40905	0.40517	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38591
-0.10	0.46017	0.45620	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43251	0.42858	0.42465
0.00	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.10	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.20	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.30	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.40	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.50	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.60	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.70	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.80	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.90	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.00	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.10	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.20	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.30	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91309	0.91466	0.91621	0.91774
1.40	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.50	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.60	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.70	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.80	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.90	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.00	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.10	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.20	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.30	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.40	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.50	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.60	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.70	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.80	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.90	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.00	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.10	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.20	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.30	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.40	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976

TENTANG PENULIS

Faradiba, S.Si., M.Sc lahir di Pangkajene, Provinsi Sulawesi Selatan, pada tanggal 14 agustus 1987 adalah dosen pengajar di Program Studi Pendidikan fisika FKIP UKI. Menyelesaikan pendidikan S1 (2010) di di Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) dari Universitas Hasanuddin (UNHAS) Makassar dan S2 (2014) bidang Fisika Material dan Komputasi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unversitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta.

Saat ini ia bekerja sebagai dosen tetap di Prodi Pendidikan Fisika FKIP UKI dan memegang beberapa mata kuliah diantaranya: Metode dan Analisis Pengukuran Fisika, ICT 2, Pengelolaan Laboratorium, Fisika Sekolah, Fisika Terpan Listrik dan Media Pembelajaran Fisika.

Penelitian yang pernah dipublikasikan antara lain :

- Pembelajaran Medan Magnet Menggunakan Metode Simulasi Model Ising 2D pada Jurnal Dinamika pendidikan (JDP) ISSN : 14104695 tahun 2015 (Vol.8 No.2)
- Pengenalan Pola Sinyal Suara Manusia Menggunakan Metode *Backpropagation* pada Jurnal Edumatsains p-ISSN : 2527-7642 /e-ISSN : 2527-7235 tahun 2017 (Vol.2 No.1)
- Tingkat Kebisingan di Sekolah sekitar Perlintasan Kereta Api pada Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya (SNFA) ISSN : 2548-8325 tahun 2017
- Peramalan Curah Hujan Dan Luas Serangan Organisme Pengganggu Tanaman Di Kabupaten Bogor pada Jurnal Po-life ISSN: e-ISSN 2579-7557 p-ISSN 2302-0903 tahun 2018 (Vol.5 No.3)
- Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Model Arima Musiman pada Seminar Nasional Fisika (SNF) Makassar Tahun 2018
- Tingkat Kebisingan Suara di Lingkungan MTS Negeri 34 Jakarta terhadap Kualitas Proses Belajar Mengajar pada Jurnal Edumatsains p-ISSN : 2527-7642 /e-ISSN : 2527-7235 tahun 2019 (Vol.4 No.1)
- Perbandingan Penerapan Kebijakan Pendidikan Indonesia Dengan Finlandia pada School Education Journal PGSD FIP UNIMED tahun 2020 (Vol. 10 No.1)

faradibaruslan@gmail.com
faradiba@uki.ac.id

faradiba1408.blogspot.com

farahruslan

farah.ruslan

BMP.UKI:FR-01-MPF-III-2020

BUKU MATERI PEMBBELAJARAN

METODE PENGUKURAN FISIKA

Metode analisis dan pengukuran fisika merupakan sebuah materi pembelajaran yang menjelaskan terkait proses dalam mengukur dan analisis karakteristik data hasil pengukuran. Pada prose pengukuran erat kaitannya dengan nilai ketidak pastian. Nilai ketidak pastian yang dhasilkan dari sebuah proses pengukuran diakibatkan oleh adanya nilai ralat (kesalahan) selama proses pengukuran berlangsung.

Pentingnya meminimalisir nilai ralat yang terjadi sehingga ketidakpastian pengukuran yang dihasilkan rendah dan pendekatan terhadap nilai sebenarnya menjadi sangat kecil.