

JURNAL TEKNIK MESIN

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

Volume 5, Nomor 1, Tahun 2014



Perancangan Alat Peraga Mesin Frais Vertikal dengan Sistem Penggerak Pneumatik

Putut Jatmiko Dwi Prasetio dan Rizki Pradana

Pengaruh Variasi Diameter Puli dan Daya Motor terhadap Proses Pengisian Baterai pada Mobil 5K

Kholis Nur Faizin

Rancang Bangun Mesin Pendingin pada Mesin Las Titik Stationer dengan Sistem Aliran Closed Flow

Riswan Eko Wahyu Susanto

Perencanaan Perawatan dan Perbaikan *Car Brake System Trainer*

Anang Septiantoni

Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Instalasi Pompa Jenis Sentrifugal Kapasitas 30 Liter per Menit

Wahyu Sulistya

JURNAL TEKNIK MESIN

ISSN 2252-4444

VOLUME 5, NOMOR 1, TAHUN 2014

DEWAN REDAKSI

Pelindung:

Direktur Politeknik Kediri

Penasehat:

Pembantu Direktur I Polteknik Kediri
Pembantu Direktur II Politeknik Kediri
Pembantu Direktur III Politeknik Kediri

Pembina:

Ketua UPT - PPMK (Penelitian Pengabdian kepada Masyarakat dan Kerjasama)

Penanggung Jawab:

Putut Jatmiko Dwi Prasetyo, ST., MT

Ketua Dewan Redaksi

Riswan Eko Wahyu Susanto, SPd., MT

Editor Ilmiah

Ahmad Dony Mutiara Bahtiar, ST., MT

Editor Teknis

Ahmad Zakaria Anshori, SST

Alamat Redaksi dan Penerbit :

Jurnal Teknik Mesin (JTM)
Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin
Politeknik Kediri
Jl. Mayor Bismo No.27 Kediri 64121
Telp./Fax. (0354) 683128
Website: www.poltek-kediri.ac.id
E-mail: jtm@poltek-kediri.ac.id

Copyright © 2014

JURNAL TEKNIK MESIN

POLITEKNIK KEDIRI

ISSN 2252-4444

Volume 5, Nomor 1, Tahun 2014

PENGANTAR REDAKSI

Puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Jurnal Teknik Mesin telah terbit untuk edisi perdana yaitu Volume 5 Nomor 1 pada tahun 2014. Hal ini berkat kerja sama yang baik antara pihak-pihak yang semakin banyak terlibat dalam memberikan kontribusi yang positif bagi perkembangan Jurnal ini serta ketekunan dan ketabahan kita bersama.

Pada kesempatan ini kami dari tim redaksi tak lupa mengucapkan terima kasih kepada Rekan-rekan yang telah turut membantu dalam penerbitan Jurnal ini. Kami juga mengharapkan agar kerja sama ini dapat terus berlanjut pada masa yang akan datang.

Demikianlah yang dapat kami sampaikan semoga jurnal ini dapat bermanfaat bagi staf pengajar, peneliti, dan juga para pembaca.

Ketua Dewan Redaksi

JURNAL TEKNIK MESIN

ISSN 2252-4444

VOLUME 5, NOMOR 1, TAHUN 2014

DAFTAR ISI

PERANCANGAN MESIN

Perancangan Alat Peraga Mesin Frais Vertikal dengan Sistem Penggerak Pneumatik 1 – 15

Putut Jatmiko Dwi Prasetio dan
Rizki Pradana

Pengaruh Variasi Diameter Puli dan Daya Motor terhadap Proses Pengisian Baterai pada Mobil 5K 16 –29

Kholis Nur Faizin

Rancang Bangun Mesin Pendingin pada Mesin Las Titik Stationer dengan Sistem Aliran Closed Flow 30 – 43

Riswan Eko Wahyu Susanto

PERAWATAN MESIN

Perencanaan Perawatan dan Perbaikan *Car Brake System Trainer* 44 – 66

Anang Septiantoni

Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Instalasi Pompa Jenis Sentrifugal Kapasitas 30 Liter per Menit 67 – 81

Wahyu Sulistya

PERANCANGAN ALAT PERAGA MESIN FRAIS VERTIKAL DENGAN SISTEM PENGGERAK PNEUMATIK

Putut Jatmiko Dwi Prasetyo dan Rizki Pradana

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin – Politeknik Kediri.

Abstrak

Alat peraga mesin frais vertikal dengan sistem penggerak pneumatik merupakan salah satu sarana yang digunakan untuk mendukung kegiatan dalam suatu kegiatan belajar mengajar. Dengan menggunakan alat peraga, kegiatan belajar mengajar akan bisa berjalan dengan baik. Dengan alat peraga mahasiswa bisa lebih mudah menyerap dan mengaplikasikan teori yang mereka pelajari. Proses pembuatan alat peraga memerlukan beberapa proses pengerjaan. Proses pengerjaan itu meliputi perancangan dan pembuatan. Dengan melakukan perancangan, kita bisa memperhitungkan seberapa besar kapasitas dari alat peraga yang kita buat. Sehingga dapat menentukan berapa estimasi biaya yang kita perlukan dalam pembuatan alat peraga tersebut. Berdasarkan perancangan alat peraga ini, didapatkan hasil berupa diameter masing-masing piston 25 mm, kebutuhan udara untuk piston A 0,785 liter/min, piston B 0,785 liter/min, piston C 1,57 liter/min, piston D 0,39 liter/min. Dari hasil pembuatan didapatkan biaya produksi Rp. 6.589.500,-/unit dan harga jual Rp. 8.054.000,-/unit serta *Break Event Point* dapat terpenuhi dalam 46 kali pengoperasian.

Kata Kunci: Perancangan Pneumatik, Mesin Frais.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di era globalisasi ini perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) sangatlah pesat. Oleh karena itu perlu mengikuti perkembangan IPTEK agar bisa bersaing, tidak hanya di dalam negeri tetapi juga mencakup seluruh dunia. Perusahaan-perusahaan asing juga semakin banyak yang masuk ke dalam negeri. Semakin banyak industri asing ini semakin meningkatkan persaingan dalam dunia kerja. Semakin cepatnya perkembangan tersebut kurang diikuti dengan perkembangan Sumber Daya Manusia (SDM). Untuk itu diperlukan pendidikan yang lebih baik agar dapat menghasilkan SDM yang lebih baik.

Di Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri terdapat banyak mesin yang digunakan sebagai alat

pembelajaran. Mesin-mesin tersebut antara lain: Mesin Uji Tarik, Uji Kekerasan, CNC, Bubut, Frais, Bor, Sekrap, dan lain-lain. Mesin-mesin tersebut merupakan mesin yang secara umum terdapat dalam dunia industri.

Dari bermacam-macam penggerak dari mesin-mesin tersebut, ada yang menggunakan sistem manual, semi otomatis atau otomatis. Sekarang ini pada umumnya yang dibutuhkan Industri adalah mesin dengan penggerak otomatis, karena dapat mempercepat proses produksi. Mesin-mesin yang berpengerak otomatis kebanyakan menggunakan penggerak pneumatik, karena biayanya relatif lebih murah, dan mudah didapat. Sehingga banyak sekali perusahaan yang menggunakan sistem pneumatik untuk mesin-mesin yang ada di perusahaan.

Oleh karena itu, pada Laporan Akhir ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan Alat Peraga Mesin Frais Vertikal

dengan Sistem Penggerak Pneumatik. Alat peraga ini akan digunakan sebagai alat peraga proses pembelajaran di Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil rumusan masalah yaitu "Bagaimana perancangan dan pembuatan Alat Peraga Mesin Frais Vertikal dengan Sistem Penggerak Pneumatik?".

Batasan Masalah

Dalam Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Mesin Frais Vertikal dengan Sistem Penggerak Pneumatik, dibatasi beberapa persoalan sebagai berikut:

1. Membahas mengenai biaya pembuatan alat peraga.
2. Tidak membahas mengenai perawatan alat peraga.
3. Tidak merancang dan membuat mesin frais.
4. Beban yang diangkat maksimal 10 kg, yaitu meja frais dan komponen 2,5 kg dan 7,5 beban benda kerja maksimal.

Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan Laporan Akhir ini yaitu dapat merancang dan membuat Alat Peraga Mesin Frais Vertikal dengan Sistem Penggerak Pneumatik.

TINJAUAN PUSTAKA

Alat Peraga

Alat peraga adalah suatu alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga dengan tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar peserta didiknya lebih efektif dan efisien. Alat peraga dalam mengajar memegang peranan penting sebagai alat bantu untuk menciptakan proses belajar mengajar yang efektif. Proses belajar mengajar ditandai dengan adanya beberapa unsur

antara lain tujuan, bahan, metode dan alat, serta evaluasi. Unsur metode dan alat merupakan unsur yang tidak bisa dilepaskan dari unsur lainnya yang berfungsi sebagai cara atau teknik untuk mengantarkan sebagai bahan pelajaran agar sampai tujuan. Dalam pencapaian tersebut, peranan alat bantu atau alat peraga memegang peranan yang penting sebab dengan adanya alat peraga ini bahan dengan mudah dapat dipahami oleh siswa. Alat peraga sering disebut audio visual, dari pengertian alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga. Alat tersebut berguna agar pelajaran yang disampaikan guru lebih mudah dipahami oleh siswa (Sudjana, 2002).

Definisi lain dari alat peraga yaitu alat bantu atau pelengkap yang digunakan guru dalam berkomunikasi dengan para siswa (Natawijaya, 1979). Selanjutnya definisi lain alat peraga yaitu alat untuk menerangkan atau mewujudkan konsep (Russefendi, 1992). Memperhatikan pengertian-pengertian alat peraga di atas maka dapat disimpulkan bahwa alat peraga adalah alat bantu pengajaran yang digunakan oleh guru dalam menerangkan materi pelajaran dan berkomunikasi dengan siswa, sehingga mudah memberi pengertian kepada siswa tentang konsep materi yang diajarkan.

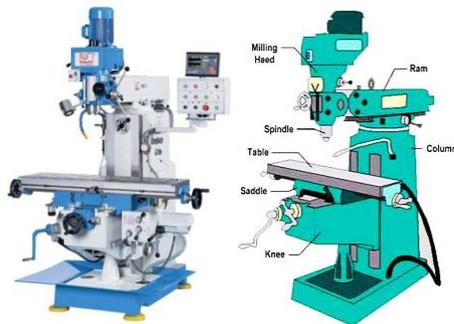
Alat Peraga Mesin Frais dengan Sistem Penggerak Pneumatik

Alat Peraga Mesin Frais dengan Sistem Penggerak Pneumatik merupakan alat peraga menggunakan sistem pneumatik untuk penggerak mesin frais. Alat ini bukan peraga mesin frais, tetapi hanya peraga sistem pneumatiknya saja yang terdiri dari *pressure element*, *signal element*, *control element*, *working element*. Alat peraga ini berfungsi untuk menjelaskan alur, rangkaian dan cara kerja sistem pneumatik mesin frais yang penggerakannya dimodifikasi menggunakan sistem pneumatik.

Mesin Frais

Pengerjaan logam dalam dunia manufaktur ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin hingga pengerjaan logam secara mekanis. Pengerjaan mekanis logam biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun pengerjaan *finishing*, sehingga dalam pengerjaan mekanis dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin frais atau biasa juga disebut *milling machine* (Widarto, 2008).

Poses pemesinan frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Proses kerja pada pengerjaan dengan mesin frais dimulai dengan mencekam benda kerja, kemudian dilanjutkan dengan pemotongan dengan alat potong yang disebut *cutter*, dan akhirnya benda kerja akan berubah ukuran maupun bentuknya (Widarto, 2008).



Gambar 2.1. Mesin Frais

Sumber: www.dtm-mesin.com (2008)

Prinsip Kerja Mesin Frais

Tenaga untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada spindle mesin frais. Spindel mesin frais merupakan bagian dari sistem utama mesin frais yang bertugas untuk memegang dan memutar *cutter* hingga

menghasilkan putaran atau gerakan pemotongan (Widarto, 2008).

Gerakan pemotongan pada *cutter* jika dikenakan pada benda kerja yang telah dicekam maka akan terjadi gesekan/tabrakan sehingga akan menghasilkan pemotongan pada bagian benda kerja. Hal ini dapat terjadi karena material penyusun *cutter* mempunyai kekerasan diatas kekerasan benda kerja (Widarto, 2008).

Klasifikasi Jenis Mesin Frais

Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesinan ada tiga jenis, yaitu (Widarto, 2008):

1. *Column and Knee Milling Machines.*

Mesin jenis *column and knee* dibuat dalam bentuk mesin frais vertikal dan horizontal.

2. *Bed Type Milling Machines.*

Mesin frais tipe *bed (bed type)* memiliki produktivitas yang lebih tinggi dari pada jenis mesin frais yang pertama.

3. *Special Purposes.*

Produk pemesinan di industri pemesinan semakin kompleks, maka mesin frais jenis baru dengan bentuk yang tidak biasa telah dibuat.

Bagian-bagian Mesin Frais

Mesin frais terdiri dari bermacam-macam komponen, komponen-komponen yang termasuk bagian utama mesin frais antara lain (Widarto, 2008):

1. Spindel utama.
2. Meja/*table*.
3. *Motordrive*.
4. Transmisi.
5. *Knee*.
6. Tiang/*Column*.
7. Dasar/*Base*.
8. Kontrol.

Klasifikasi Proses Mesin Frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pisau, arah penyayatan, dan posisi relatif

pisau terhadap benda kerja. Jenis-jenis mesin frais antara lain (Widarto, 2008):

1. Frais Periperal (*Slab Milling*).
2. Frais Muka (*Face Milling*).
3. Frais Jari (*End Milling*).



Gambar 2.2. Tiga Klasifikasi Proses Frais : (a) Frais Periperal (*Slab Milling*), (b) Frais Muka (*Face Milling*), (c) Frais Jari (*End Milling*).

Sumber: Widarto (2008)

Putaran Pisau Frais

Untuk dapat menentukan putaran perlu mengetahui kecepatan potong bahan terlebih dahulu. Kecepatan potong ditentukan berdasarkan tabel kecepatan potong.

Tabel 2.1. Kecepatan Potong

No.	Bahan Benda Kerja	Vc (m/menit)
1	Kuningan, Perunggu Keras	34 – 45
2	Besi Tuang	14 – 21
3	Baja >70	10 – 14
4	Baja 50 – 70	14 – 21
5	Baja 34 – 50	20 – 30
6	Tembaga, Perunggu Lunak	40 – 70
7	Alumunium Murni	300 – 500
8	Plastik	40 – 60

Sumber: Scribd, (2013)

Dari tabel diatas putaran dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Widarto, 2008):

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \tag{2.1}$$

Keterangan :

v = kecepatan potong (m/menit)

π = 3,14

d = diameter pisau (mm)

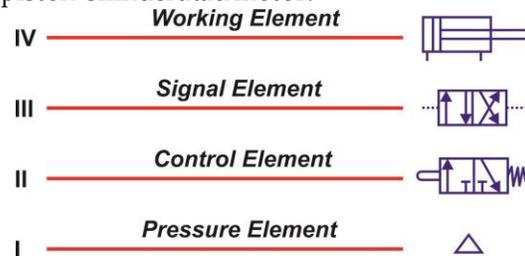
Sistem Pneumatik

Sistem pneumatik adalah suatu sistem pemindahan daya dari suatu tempat ke tempat lainnya dimana daya yang diperlukan memanfaatkan udara (gas) bertekanan dan untuk pengaturannya menggunakan komponen masukan dan komponen kontrol (Subardjah, 2012).

Secara umum udara yang dihisap oleh kompresor, akan disimpan dalam suatu tabung penampung. Sebelum digunakan udara dari kompresor diolah agar menjadikering, dan mengandung sedikit pelumas. Setelah melalui regulator udara dapat digunakan menggerakkan *working element* (aktuator/elemen penggerak), baik berupa piston-silinder yang bergerak translasi, maupun motor pneumatik yang bergerak rotasi (Wirawan *et al*, 2008).

Komponen Sistem Pneumatik

Sistem pneumatik terdiri dari beberapa komponen yang dikelompokkan menjadi empat zona, yaitu *pressure element*, *signal element*, *control element*, *working element*. Dan setiap kelompok terdiri dari beberapa komponen. *Pressure element* terdiri dari unit pembangkit tekanan. *Signal element* dan *control element* berupa katup (*valve*). *Working element* merupakan elemen penggerak berupa piston-silinder atau motor.



Gambar 2.3. Zona Sistem Pneumatik

Sumber: Penulis (2013)

a. Unit Pembangkit Tekanan

Unit pembangkit tekanan merupakan bagian yang berfungsi sebagai penyuplai udara bertekanan menuju komponen

pneumatik. Alat yang digunakan untuk menyuplai udara bertekanan yaitu kompresor.

b. Kompresor

Kompresor berfungsi untuk membangkitkan/menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disimpan di dalam tangki udara kempa untuk disuplai kepada pemakai (sistem pneumatik). Kompresor dilengkapi dengan tabung untuk menyimpan udara bertekanan, sehingga udara dapat mencapai jumlah dan tekanan yang diperlukan.

c. Penggerak Kompresor

Kompresor secara umumnya digerakkan oleh motor listrik, tapi kadang-kadang juga oleh motor bakar (diesel).

d. Tangki Penyimpan

Tangki penyimpanan berfungsi menyimpan udara bertekanan dan menjaga agar tekanan udara yang akan digunakan pada rangkaian pneumatik tetap konstan dan stabil (Jatmiko, 2008).

e. Penyiapan Udara Tekan

Partikel-partikel yang terdapat pada saluran perpipaan, mulai unit pembangkit hingga rangkaian pneumatik, yang dapat mengakibatkan gangguan pada kerja elemen penggerak, harus dipisahkan dari udara tekan.



Gambar 2.4. Gambar Aktual *Air Service Unit*
 Sumber: www.esska-tech.co.uk (2013)

f. Katup

Melalui katup akan dapat dilakukan pengaturan terhadap awal dan akhir gerakan, arah, besar tekanan dan volume aliran, kecepatan dan gaya dorong dari piston-silinder atau motor. Katup dapat dibagi menurut fungsinya menjadi (Jatmiko, 2008):

1. Katup Kontrol Arah (*Directional Control Valve/DCV*).

2. Katup Kontrol Aliran (*Flow Control Valve/FCV*).
3. Katup Satu Arah (*Check Valve*).
4. Katup Kontrol Tekanan (*Pressure Relief Valve/PRV*).

g. Katup Kontrol Arah

Katup ini mengendalikan mengalir atau tertutupnya aliran dari udara tekan. Jenis-jenis katup kontrol arah (Jatmiko, 2008):

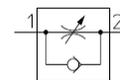
1. Katup Kontrol Arah 2/2 (2/2-DCV).
2. Katup Kontrol Arah 3/2 (3/2-DCV).
3. Katup Kontrol Arah 4/2 dan 5/2 (4/2- dan 5/2-DCV).
4. Katup Kontrol Arah 4/3 dan 5/3 (4/3- dan 5/3-DCV).
5. Katup Penunda Waktu (*Time Delay Valve*).
6. Pengontrolan *Signal* Pulsa.

h. Katup Pengontrol Aliran (*Flow Control Valve*)

Melalui pengaturan (penyempitan) penampang aliran pada katup kontrol aliran ini, akan berfungsi mengontrol banyaknya aliran udara tekan masuk, yang mendorong piston-silinder atau motor (pengaturan aliran masuk/*metering-in*) atau banyak aliran udara tekan keluar, yang keluar dari piston-silinder atau motor (pengaturan aliran keluar/*metering-out*) (Jatmiko, 2008).

i. Katup Pengontrol Aliran Satu Arah (*One Way Flow Control Valve*)

Katup ini mengatur banyaknya aliran udara tekan hanya pada satu arah, sedang pada arah lain aliran udara tekan bebas. Guna pengaturan kecepatan piston-silinder, katup ini digunakan dalam rangkaian.



Gambar 2.26. Simbol *One Way Flow Control Valve*

Sumber: Jatmiko (2012)

j. Katup Satu Arah (*Non Return Valve*)

Katup satu arah ini, berfungsi menutup aliran pada satu arah dan pada arah sebaliknya dapat mengalir. Yang termasuk jenis katup ini adalah (Jatmiko, 2012):

1. Katup Satu Arah Langsung (*Check Valve*).

2. Katup Pembuangan Cepat (*Quick Exhaust Valve*).
3. Katup Berganti (*Shuttle Valve* Atau *OR-Gate*).
4. Katup Dua Tekanan (*Two Pressure Valve* atau *AND-Gate*).

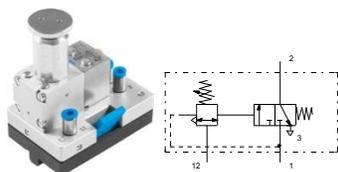
k. Katup Kontrol Tekanan (*Pressure Relief Valve/PRV*)

Katup tekanan yang paling penting adalah katup pengatur tekanan/ *pressure regulating valve* (katup pereduksi tekanan, katup penurun tekanan), katup pembatas tekanan (*pressure relief valve*), dan katup urutan/katup sequens (*sequence valve*) (Jatmiko, 2012).



Gambar 2.41. Aktual Katup Pengatur Tekanan
Sumber: www.festo-didactic.com (2013)

Katup pengatur tekanan ini, mengatur tekanan kerja sesuai yang diinginkan dan konstan, walaupun tekanan masuknya lebih tinggi. Pada *air service unit*, katup ini dinamakan pengontrol tekanan. Melalui pengaturan katup jenis ini, dalam suatu rangkaian, gaya dorong piston dapat diubah sesuai keinginan (Jatmiko, 2012).



Gambar 2.46. Simbol *Sequence Valve*
Sumber: Wirawan et al (2008)

l. Elemen Penggerak

Elemen penggerak mengubah energi pneumatik (energi tekanan) menjadi energi gerak (energi mekanik), baik gerakan translasi maupun gerakan rotasi. Jenis elemen penggerak pneumatik adalah piston-silinder, motor pneumatik, dan motor ayun (*swing motor*).

m. Piston-Silinder Pneumatik

Piston-silinder pneumatik mengubah energi pneumatik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk menghasilkan gerakan translasi, seperti menggeser, mengangkat atau mendorong benda dan komponen, atau menghasilkan gaya jepit atau dorong. Berdasarkan fungsinya, piston-silinder pneumatik dibagi menjadi dua yaitu (Jatmiko, 2008):

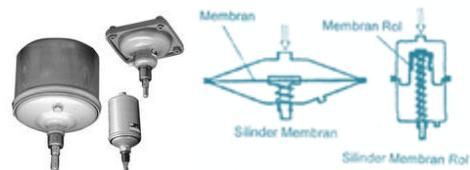
1. Piston-Silinder Kerja Tunggal (*Single Acting Cylinder /SAC*).

Piston-silinder kerja tunggal dapat berupa piston atau membran.



Gambar 2.49. Simbol Piston-Silinder Kerja Tunggal
Sumber: Jatmiko (2012)

Pada silinder membran, gaya tekan diubah oleh membran. Jarak pergerakannya memberikan panjang langkah dari batang piston. Gerakan balik diperoleh dari kekakuan membran, gaya beban luar, atau pegas. Panjang langkah bisa mencapai 40 mm, pada *roll* membran bisa mencapai 80 mm. silinder jenis membran hampir tidak memerlukan perawatan dan biasanya digunakan untuk peralatan penepat (*fixture*).



Gambar 2.51. Gambar Aktual Silinder Kerja Tunggal Jenis Membran
Sumber: Jatmiko (2012)

2. Piston-Silinder Kerja Ganda (*Double Acting Cylinder/DAC*).

Pada DAC, kedua sisi piston dapat diberi udara bertekanan. Kedua arah memungkinkan sebagai langkah kerja.

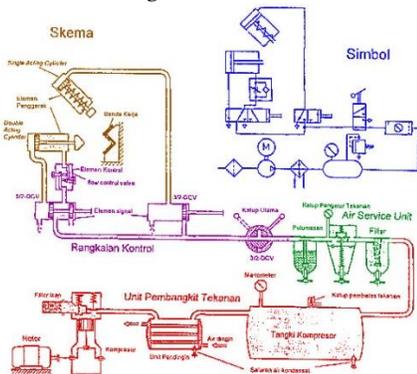


Gambar 2.54. Simbol Piston-Silinder Kerja Ganda

Sumber:Jatmiko (2012)

Rangkaian Sistem Pneumatik

Susunan peralatan pneumatik terdiri dari *pressure element, control element, signal element, dan working element.*



Gambar 2.68. Rangkaian Pneumatik Dengan Peralatan Pembangkit tekanan

Sumber:Jatmiko (2012)

Perancangan Alat Peraga

Untuk merancang alat peraga dibutuhkan beberapa langkah perencanaan. Langkah-langkah tersebut meliputi perancangan rangkaian sistem pneumatik dan perancangan kerangka alat peraga.

Perancangan Rangkaian Sistem Pneumatik

Perancangan rangkaian sistem pneumatik dapat ditentukan dengan berbagai metode antara lain yaitu metode langkah, metode intuitif, atau metode *cascade*. Tetapi metode tersebut untuk perancangan dengan sistem otomatis/sistem yang saling berhubungan. Selain itu juga perlu memperhitungkan kebutuhan udara piston-silinder serta diameter silinder.

Perhitungan Kebutuhan Udara Piston-Silinder

Tersedianya jumlah udara secara umum diambil daritekanan atmosfer, sehingga dalam penentuan kebutuhan udara dihitung volume langkah dan dihitung pada sisi hisap berdasarkan hukum Boyle-Mariotte $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$ (pada $T = \text{konstan}$). Besarnya kebutuhan udara untuk suatu kerja dapat diperoleh dari(Jatmiko, 2008):

$$Q_{\text{langkah}} = \frac{x \cdot A \cdot s \cdot P_{\text{absolut}} \cdot n}{P_{\text{absolut}}} \tag{2.2.}$$

Keterangan:

- Q_{langkah} = Volume langkah (m^3).
- x = 1 untuk SAC.
= 2 untuk DAC.
- A = Luas penampang piston (m^2).
- s = Panjang langkah (m).
- P_{absolut} = Tekanan kerja mutlak (bar).
- P_{atmosfer} = Tekanan atmosfer (bar).
- n = Jumlah pergantian (gerakan/menit).

Perhitungan Diameter Silinder

Kecepatan piston sangat tergantung pada tekanan kerja, beban, dimensi katup, dimensi silinder, dan panjang rangkaian. Besarnya kecepatan piston umumnya $1m/s$, pada kebutuhan khusus bisa mencapai $3 m/s$. Melalui pengaturan kecepatan pada katup pengatur aliran (*flow control valve*), dapat diperoleh kecepatan piston hingga $0,01-0,02m/s$. Diameter silinder dihitung berdasarkan gaya dorong piston yang diperlukan dengan rumus (Jatmiko, 2012):

$$F = P \cdot A \cdot \eta$$

Keterangan:

- F = Gaya dorong atau gaya jepit (N).
- P = Tekanan kerja (bar).
- η = Efisiensi.

Tabel 2.2 Efisiensi dari Silinder Pneumatik

Penggunaan	Jenis Piston-Silinder	Efisiensi (η)
Gaya Jepit	SAC	0,8
	DAC	0,9
Gaya Dorong	DAC	0,5 – 0,6

Sumber:Jatmiko (2012)

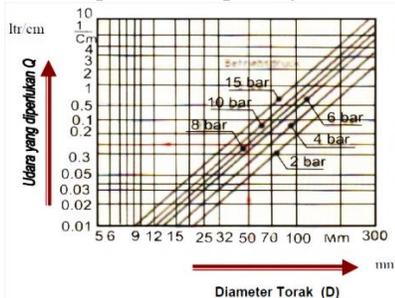
Tabel 2.3.Diameter Piston-Silinder dan *Stroke*

Jenis Piston-Silinder	Diameter	<i>Stroke</i>
SAC	20, 25, 30, 40	25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300
DAC	25	25, 50, 75, 100, 125, 150
	30	25, 50, 75, 100, 125, 150, 200
	40	50, 75, 100, 125, 150, 200, 250

Sumber: Series AS (2010)

Efektifitas Pneumatik

Sistem gerak dalam pneumatik memiliki optimalisasi/efektifitas bila digunakan pada batas-batas tertentu. Adapun batas-batas ukuran yang dapat menimbulkan optimalisasi penggunaan pneumatik antara lain: diameter piston antara 6 s/d 320 mm, panjang langkah 1 s/d 2.000 mm, tenaga yang diperlukan 2 s/d 15 bar, untuk keperluan pendidikan biasanya berkisar antara 4 sampai dengan 8 bar, dapat juga bekerja pada tekanan udara di bawah 1 atmosfer (*vacuum*), misalnya untuk keperluan mengangkat plat baja dan sejenisnya melalui katup karet hisap *flexibel*. Adapun efektifitas penggunaan udara bertekanan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 2.69. Efektifitas udara bertekanan

Sumber: Werner Rohrer (1990)

Perancangan rangka alat peraga meliputi rangka dasar yang terbuat dari pelat besi dan meja terbuat dari *acrylic*. Proses perancangan ini yaitu mendesain rangka untuk alat peraga. Pembuatan rangka berdasarkan spesifikasi komponen-komponen pneumatik. Setelah menentukan spesifikasinya selanjutnya membuat rancangan desain gambar menggunakan software CAD/CAM. Hasil dari perancangan ini selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk pembuatan alat peraga.

Pembuatan

Proses pembuatan terdiri dari proses pembuatan rangka dan proses perakitan. Rangka yang dimaksud meliputi rangka dasar dan rangka untuk komponen yang terbuat dari *acrylic*. Sedangkan perakitan meliputi perakitan seluruh komponen alat peraga. Rangka dibuat setelah perencanaan alat. Pembuatan rangka meliputi rangka dasar dan rangka komponen. Rangka dasar ini merupakan rangka-rangka yang terbuat dari besi dan penyambungannya menggunakan pengelasan. Rangka komponen meliputi rangka-rangka *acrylic* sebagai dudukan piston serta tempat panel-panel komponen pneumatik. Proses penyambungannya menggunakan pengeleman dan baut.

Proses Perakitan

Proses perakitan merupakan penggabungan komponen-komponen alat peraga menjadi satu kesatuan alat peraga. Berikut ini langkah-langkah perakitan alat peraga:

1. Menyiapkan komponen-komponen yang akan dirakit.
2. Menyiapkan alat-alat yang diperlukan.
3. Merakit tiang penyangga dengan papan *acrylic* menggunakan sambungan baut.
4. Menyiapkan gambar rangkaian pneumatik.
5. Merakit komponen-komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian.

Perancangan Rangka Alat Peraga

Perencanaan Biaya

Biaya adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang terjadi atau kemungkinan telah terjadi untuk tujuan tertentu dalam pembuatan alat (Mulyadi, 1993).

Biaya produksi adalah biaya-biaya yang terjadi untuk mengolah bahan baku menjadi produk jadi yang siap untuk dijual. Menurut objek pengeluarannya biaya produksi ini dibagi menjadi:

1. Biaya Bahan Baku.
2. Biaya Tenaga Kerja.
3. Biaya Permesinan.
4. Biaya Perakitan.

Harga Jual Alat

Besarnya harga jual alat adalah biaya total pembuatan alat ditambah keuntungan yang direncanakan serta pajak penjualan. Perincian biaya-biaya sebagai berikut (Pujawan, 2009):

1. Biaya Produksi.
Besarnya biaya produksi ditentukan oleh:
 - a. Biaya Pembuatan, berdasarkan banyaknya proses yang dilalui dalam pembuatan alat.
 - b. Biaya Perencanaan, menentukan biaya ini didasarkan pada kerumitan dari alat yang dibuat.
 - c. Biaya Operator, didasarkan jumlah jam kerja yang dibutuhkan, keterampilan dan keahlian.
2. Keuntungan.
Besarnya keuntungan ditentukan berdasarkan yang ingin dicapai.
3. Pajak (*Tax*).
Besarnya pajak ditentukan sebesar Pajak Penghasilan Negara (PPN) dan besarnya bunga pinjaman dari bank sebesar 1,5% per bulan.

Rumusan yang dipakai untuk menentukan harga jual alat yaitu (Kodotie, 2005):

Sales = X.
 T_c = Total cost.
 EBDIT = Earning before depreciation interest and taxes.

D = Depreciation.
 EBIT = Earning before interest and taxes.
 I = Interest.
 EST = Earning before taxes.
 T = Taxes.
 EAT = Earning after taxes.

Break Event Point

Break Event Point (BEP) adalah suatu keadaan dimana dalam suatu operasi perusahaan tidak mendapat untung maupun rugi atau impas, penghasilan sama dengan total biaya (Kodotie, 2005).

Untuk dapat menganalisa BEP diperlukan penggolongan berbagai biaya menurut sifatnya. Menurut sifatnya pembayarannya dibagi menjadi dua macam yaitu (Kodotie, 2005):

1. Biaya Tetap (*Fixed Cost*).
2. Biaya Tidak Tetap.
3. Biaya Semi Variabel.

Rumus untuk menghitung nilai BEP yaitu (Kodotie, 2005):

$$BEP = \frac{F_c}{P - V_c} \tag{2.4.}$$

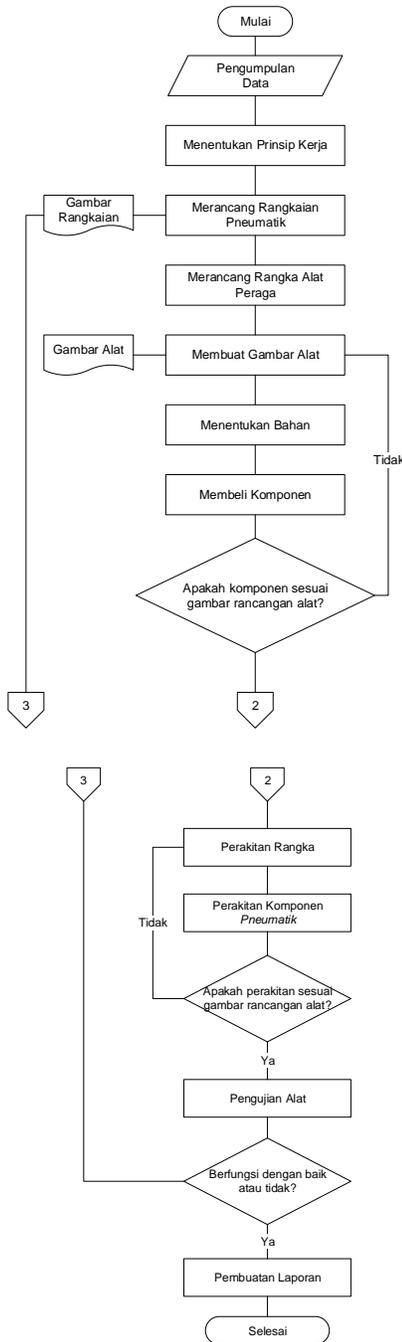
Keterangan:

F_c = Biaya tetap (Rp).
 P = Harga jual per unit (Rp).
 V_c = Biaya tidak tetap (Rp).

METODOLOGI

Tahapan Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan perancangan beberapa langkah sesuai dengan gambar diagram alir (*flowcart*) sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahap Pelaksanaan
 Sumber: Dokumen Penulis (2013)

Tahap 1. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah awal yang bertujuan untuk mengetahui dasar-dasar teori serta informasi-informasi yang mendukung pembuatan laporan akhir ini. Pengumpulan data ini dapat diperoleh dari buku-buku yang berhubungan

dengan teori maupun penelitian-penelitian tentang alat yang akan dibuat.

Tahap 2. Perancangan

Setelah pengumpulan data, langkah selanjutnya yaitu membuat perancangan alat peraga. Perancangan ini ditujukan sebagai acuan dalam pembuatan alat peraga.

Tahap 3 Pembuatan

Tahap selanjutnya setelah perancangan, yaitu pembuatan. Pembuatan alat peraga berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Pembuatan ini meliputi proses pemesinan dan perakitan

Tahap 4 Pengujian Alat

Tahap terakhir yaitu pengujian alat. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah alat peraga dapat berjalan sesuai dengan fungsinya atau tidak. Apabila masih belum sesuai dilakukan lagi pengecekan mulai dari rancangan. Apabila sudah, alat peraga siap dipakai.

Prinsip Kerja

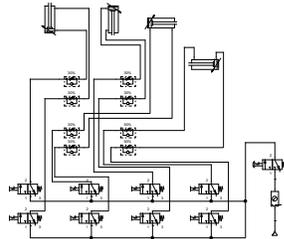
Perancangan alat peraga merupakan langkah-langkah untuk merencanakan pembuatan alat peraga. Yang direncanakan tersebut meliputi rancangan rangkaian sistem pneumatik dan perancangan rangka.

Perancangan rangkaian pneumatik yang pertama yaitu menentukan prinsip kerja alat. Selanjutnya menentukan rangkaian pneumatik menggunakan metode diagram langkah. Kemudian menggambar rangkaian pneumatik mulai dari *pressure element*, *control element*, *signal element*, hingga *working element*.

Dalam perencanaan rangka ada beberapa faktor yang perlu diperhitungkan. Pertama menentukan beban yang akan ditanggung oleh rangka, selanjutnya menghitung dimensi pelat dan menentukan jenis bahan yang digunakan untuk membuat rangka. Selain itu perlu diperhitungkan kekuatan sambungan yang digunakan yaitu sambungan mur dan baut serta sambungan las.

Perancangan Alat Peraga

Sebelum merancang alat peraga, perlu mengetahui gerakan-gerakan piston serta jalur-jalur pneumatik alat peraga. Untuk itu terlebih dahulu membuat rancangan rangkaian pneumatik alat peraga. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Rangkaian Pneumatik
Sumber: Penulis (2013)

Perancangan selanjutnya yaitu perancangan gambar alat peraga. Peenggambaran dibuat berdasarkan berdasarkan rangkaian pneumatik di atas. Berikut merupakan gambar rancangan alat peraga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja

Alat Peraga Mesin Frais Vertikal dengan Sistem Penggerak Pneumatik merupakan alat peraga mesin frais vertikal dengan sistem penggerak pneumatik. Pada dasarnya prinsip kerjanya sama dengan mesin frais vertikal tetapi sistem penggeraknya berbeda. Kalau pada mesin frais pada umumnya menggunakan motor penggerak dan *handwheel* untuk menggerakkan meja mesin frais. Pada alat peraga ini menggunakan piston pneumatik sebagai penggerak meja mesin frais. Selain itu ada tambahan pada ragum yang biasanya dikunci manual di alat peraga ini juga menggunakan piston pneumatik untuk menjepit benda kerja.

Prinsip kerja alat peraga ini terdiri dari 4 piston sebagai penggerak. Piston A sebagai pengangkat bergerak searah dengan sumbu Z. Piston B berfungsi sebagai pendorong yang bergerak searah dengan sumbu Y. Piston C berfungsi sebagai pendorong yang bergerak searah sumbu X.

Piston D berfungsi sebagai ragum untuk menjepit benda kerja.

Piston yang digunakan adalah piston jenis *Double Acting Cylinder* (DAC). Masing masing piston mempunyai dua katup, satu untuk menggerakkan piston maju, satu untuk menggerakkan piston mundur. Katup yang digunakan yaitu katup 3/2. Dan masing-masing piston cepat lambat maju mundurnya diatur menggunakan katup kontrol aliran satu arah (*one way flow control valve*). Dan ada satu katup utama menggunakan katup 3/2 untuk menutup dan membuka aliran udara yang menggerakkan semua piston.

Sumber tenaga penggerak pneumatik menggunakan udara. Udara ini diambil dari kompressor. Kompressor yang digunakan adalah kompressor yang mampu menghasilkan tekanan minimum 4 bar dan bisa diatur tidak lebih dari 10 bar.

Perancangan Alat Peraga

Untuk merancang alat peraga dibutuhkan beberapa langkah perencanaan. Langkah-langkah tersebut meliputi perancangan rangkaian sistem pneumatik dan perancangan kerangka alat peraga.

Perancangan Rangkaian Sistem Pneumatik

Perancangan rangkaian sistem pneumatik dapat ditentukan dengan berbagai metode antara lain yaitu metode langkah, metode intuitif, atau metode *cascade*. Selain itu juga perlu memperhitungkan kebutuhan udara piston-silinder serta diameter silinder.

Perhitungan Diameter Silinder

Untuk menentukan diameter piston A(pengangkat/sumbu z) ditentukan beban yang diangkat. Pada alat peraga ini ditentukan beban maksimal 10kg dan tekanan 4 bar. Beban 10 kg yang termasuk beban meja dan komponen alat peraga yang diangkat. Berikut ini perhitungan untuk mencari diameter piston A berdasarkan persamaan (2.1).

Diameter silinder:

$$F = P \cdot A \cdot \eta$$

$$A = \frac{F}{P \cdot \eta}$$

$$A = \frac{100 \text{ N}}{4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 0,6}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,6}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,6}$$

$$d = \sqrt{530,79}$$

$$d = 23,04 \text{ mm}$$

Diameter yang tersedia 25, 35, 70, 100, jadi diameter yang digunakan adalah diameter 25.

Untuk menentukan diameter piston B (pendorong/sumbu y) ditentukan gaya dorong. Pada alat peraga ini ditentukan gaya dorong 100N dan tekanan 4 bar. Berikut ini perhitungan untuk mencari diameter piston B berdasarkan persamaan (2.1.).

Diameter silinder:

$$F = P \cdot A \cdot \eta$$

$$A = \frac{F}{P \cdot \eta}$$

$$A = \frac{100 \text{ N}}{4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 0,6}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,6}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,6}$$

$$d = \sqrt{530,79}$$

$$d = 23,04 \text{ mm}$$

Diameter yang tersedia 25, 35, 70, 100, jadi diameter yang digunakan adalah diameter 25.

Untuk menentukan diameter piston C (pendorong/sumbu x) ditentukan gaya dorong. Pada alat peraga ini ditentukan gaya dorong 100 N dan tekanan 4 bar. Berikut ini perhitungan untuk mencari diameter piston C berdasarkan persamaan (2.1.).

Diameter silinder:

$$F = P \cdot A \cdot \eta$$

$$A = \frac{F}{P \cdot \eta}$$

$$A = \frac{100 \text{ N}}{4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 0,6}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,6}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,6}$$

$$d = \sqrt{530,79}$$

$$d = 23,04 \text{ mm}$$

Diameter yang tersedia 25, 35, 70, 100, jadi diameter yang digunakan adalah diameter 25.

Untuk menentukan diameter piston D (penjepit/ragum) ditentukan gaya yang digunakan untuk menjepit. Pada alat peraga ini ditentukan gaya jepit 100 N dan tekanan 4 bar. Berikut ini perhitungan untuk mencari diameter piston D berdasarkan persamaan (2.1.).

Diameter silinder:

$$F = P \cdot A \cdot \eta$$

$$A = \frac{F}{P \cdot \eta}$$

$$A = \frac{100 \text{ N}}{4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 0,9}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,9}$$

$$A = \frac{100 \text{ N} \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^2}{4 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot 0,9}$$

$$d = \sqrt{353,87}$$

$$d = 18,81 \text{ mm}$$

Diameter yang tersedia 25, 35, 70, 100, jadi diameter yang digunakan adalah diameter 25.

Analisa Kebutuhan Udara Piston-Silinder

Berikut perhitungan kebutuhan udara untuk masing-masing piston-silinder berdasarkan persamaan (2.2.):

1. Piston A

$$Q_{\text{langkah}} = \frac{x \cdot A \cdot s_1 \cdot P_{\text{absolut}} \cdot n}{P_{\text{atm}}}$$

$$Q_{\text{langkah}} = \frac{2 \cdot 0,196 \text{ dm}^2 \cdot 0,5 \text{ dm} \cdot 4 \text{ bar} \cdot 1}{1 \text{ bar} \cdot \text{min}}$$

$$Q_{\text{langkah}} = 0,785 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$Q_{\text{langkah}} = 0,785 \text{ liter/min}$$

2. Piston B

$$\text{Piston A} = \text{Piston B}$$

$$Q_{\text{langkah}} = 0,785 \text{ liter/min}$$

3. Piston C

$$Q_{\text{langkah}} = \frac{x \cdot A \cdot s_3 \cdot P_{\text{absolut}} \cdot n}{P_{\text{atm}}}$$

$$Q_{\text{langkah}} = \frac{2 \cdot 0,196 \text{ dm}^2 \cdot 1 \text{ dm} \cdot 4 \text{ bar} \cdot 1}{1 \text{ bar} \cdot \text{min}}$$

$$Q_{\text{langkah}} = 1,57 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$Q_{\text{langkah}} = 1,57 \text{ liter/min}$$

4. Piston D

$$Q_{\text{langkah}} = \frac{x \cdot A \cdot s_1 \cdot P_{\text{absolut}} \cdot n}{P_{\text{atm}}}$$

$$Q_{\text{langkah}} = \frac{2 \cdot 0,196 \text{dm}^2 \cdot 0,25 \text{ dm} \cdot 4 \text{ bar} \cdot 1}{1 \text{bar} \cdot \text{min}}$$

$$Q_{\text{langkah}} = 0,39 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$Q_{\text{langkah}} = 0,39 \text{ liter/min}$$



Gambar 4.2. Model Alat Peraga
Sumber: Penulis (2013)

Efektifitas Pneumatik

Dalam alat peraga ini diameter piston 25 mm, dan panjang langkah 50 mm, 75 mm, dan 100 mm. Untuk alat peraga di dunia pendidikan tekanannya berkisar antara 4 sampai 8 bar. Dan dari perhitungan 4 bar sudah cukup efektif untuk dapat mengoperasikan alat. Dari tabel diameter torak dengan kebutuhan udara dengan diameter 25 mm dan tekanan 4 bar udara yang dibutuhkan adalah 0,02 ltr/cm.

Perancangan Rangka Alat Peraga

Perancangan alat peraga ditentukan berdasarkan spesifikasi komponen-komponen alat peraga. Dari spesifikasi tersebut selanjutnya menentukan dimensi dari rangka alat peraga dengan cara membuat gambar sketsa terlebih dahulu. Kemudian membuat gambar desain alat menggunakan software AutoCAD yang selanjutnya digunakan untuk acuan pembuatan.

Pembuatan

Dalam proses pembuatan Alat Peraga Mesin Frais dengan Sistem Penggerak Pneumatik terdapat tahapan yang dilakukan antara lain tahapan pembuatan rangka dan tahapan perakitan komponen.

Biaya Perancangan.

Biaya perancangan dalam pembuatan alat ini diambilkan 15% dari biaya bahan baku dan biaya pemesinan, jadi perhitungannya adalah:

$$\text{Biaya perancangan} = 15\% \times (\text{total biaya pembuatan alat})$$

$$= 15\% \times (5.930.000)$$

$$= \text{Rp}859.500,-$$

Penentuan Harga Jual Alat.

1. Besarnya biaya produksi alat adalah sebagai berikut:

- a. Biaya Pembuatan Rp. 5.930.500,-
- b. Biaya Perancangan Rp. 859.000,-

Sehingga besarnya biaya Rp. 6.589.500,- total produksi diperoleh

2. Perhitungan harga jual alat.

Harga jual alat dapat diketahui berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

- a. Keuntungan yang direncanakan (EAT) Rp. 1.000.000,-
- b. Pajak (T) 10 %
- c. Bunga pinjaman bank 1,5 % perbulan

$$\text{Sales} = X$$

$$\text{Tc} = \text{Rp. } 6.589.500,-$$

$$\text{EBDIT} = (x - \text{Rp. } 6.589.500,-)$$

$$\text{D} = 0$$

$$\text{EBIT} = (x - \text{Rp. } 6.589.500,-)$$

$$\text{I} = 1,5\% - \text{Rp. } 6.589.500,-$$

$$\text{EBT} = (x - \text{Rp. } 6.589.500,-)$$

$$\text{T} = 10\% \times (x - \text{Rp. } 6.589.500,-)$$

$$= (X - \text{Rp. } 6.589.500,-) - 10\% \times (X - \text{Rp. } 6.589.500,-)$$

= X - 0,1 X - Rp. 6.589.500,- +
Rp. 6.589.50,-

EAT = 0,9X - Rp. 7.248.450,-
EAT dirumuskan = Rp.1.000.000,-
Dari EAT diinginkan Rp. 1.000.000,-
Sehingga didapatkan perhitungan harga jual sebagai berikut :

0,9X = Rp. 1.000.000,- + Rp. 7.248.450,-

0,9X = Rp. 8.248.450,-

X = Rp. 8.053.833,- dibulatkan

menjadi Rp. 8.054.000,-

Maka harga jual alat per unit adalah dilakukan pembulatan Rp. 8.054.000,-/unit.

Perhitungan Break Event Point (BEP).

Break Event Point adalah kondisi dimana harga jual sama dengan harga produksi atau biasa disebut titik impas. Karena alat ini disewakan BEP dihitung berdasarkan biaya sewa. Berikut adalah perhitungan dari titik impas tersebut:

1. Biaya tetap (Fc) ditentukan dari biaya produksi yang sudah dikenai pajak (EAT) yaitu Rp.7.248.450,-.
2. Biaya tidak tetap (Vc) ditentukan dari tingkat produktifitas atau tingkat aktifitas yang dilakukan. Ditentukan besarnya biaya perubahan adalah besarnya biaya perawatan rutin yaitu Rp.75.000,-.
3. Biaya pemasukan (P) ditentukan dari biaya sewa alat peraga tersebut yaitu Rp. 300.000,-/sewa.

Dari ketiga perincian biaya tersebut, maka diperoleh BEP alat peraga sebagai berikut :

$$BEP = \frac{F_c}{P - V_c}$$

$$BEP = \frac{7248450}{250000 - 75000}$$

$$BEP = \frac{7248450}{8054000}$$

$$BEP = \frac{7248450}{8054000}$$

BEP = 32,22 operasi ~ 33 operasi

Jadi dengan 33 kali penyewaan atau pengoperasian maka BEP sudah terpenuhi.

Dari hasil Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Mesin Frais dengan Sistem Penggerak Pneumatik ini dapat disimpulkan bahwa alat peraga dirancang berdasarkan rangkaian sistem pneumatik, diameter masing-masing piston 25 mm dan kebutuhann udara untuk piston A 0,785 liter/min, piston B 0,785 liter/min, piston C 1,57 liter/min, piston D 0,39 liter/min. Rangka direncanakan berdasarkan rangkaian komponen pneumatiknya. Proses pembuatan alat peraga dimulai dari persiapan ala dan bahan, pembuaan rangka hingga perakian komponen. Total biaya pembuatan alat sebesar Rp.6.589.500,- dengan harga jual per unit alat Rp. 8.054.000,- dan BEP terpenuhi dengan 33 kali penyewaan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous.(2013). Mesin Milling. <http://dtm-mesin.blogspot.com/2008/11/mesin-milling-frais.html>. Diakses tanggal 10 Juni 2013.

Anonymous. (2010). AS Series. <http://pasar-pneumatichydraulic.com/product/768-AS-Series.pdf>. Diakses tanggal 20 Juni 2013.

Sudjana, Nana (2002). *Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.

Natawijaya, Rochman. (1979). *Alat Peraga dan Komunikasi Pendidikan*. Jakarta: Departemen P dan K.

Jatmiko, Putut (2012). *Bahan Ajar Pneumatik. Jurusan Teknik Mesin: Politeknik Kediri*

Widarto. (2008). *Teknik Pemesinan Jilid 1*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Subardjah, Adri Maldi. (2012). *Buku 1 Bahan Ajar Pneumatik & Hidrolik*. Program Studi Teknik Mesin: Politeknik Negeri Bandung.

Wirawan and Pramono. (2012). *Bahan Ajar Pneumatik-hidrolik*. Fakultas Teknik Mesin: Universitas Negeri Semarang.

KESIMPULAN

- Sularso. and Suga, Kiyokatsu. (2008). *Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin*. Jakarta:Pradnya Paramita.
- Jutz, Hermannand Eduard Scharkus (1961). *Westermann Tables for the Metal Trade*. New – Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Sumbodo, Wirawan. (2008).*Teknik Produksi Industri Mesin Jilid 1*.Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Kodoatie,Robert J. (2005).*Analisis Ekonomi Teknik II*. Yogyakarta: Andi.

PENGARUH VARIASI DIAMETER PULLEY DAN DAYA MOTOR TERHADAP PROSES PENGISIAN BATERAI PADA MOBIL 5K

Kholis Nur Faizin

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri

kholisnurfaizin@yahoo.com

Abstrak

Sistem yang terdapat pada mobil saling berhubungan satu sama lain sehingga gangguan yang terjadi pada satu sistem dapat mempengaruhi kinerja sistem yang lain. Gangguan-gangguan dalam sistem pengisian yang sering terjadi antara lain sistem pengisian tidak bekerja, tegangan pengisian tidak stabil, dan tegangan pengisian terlalu tinggi. Sistem pengendalian tegangan pengisian harus bekerja dengan baik dan akurat. Metode penelitian menggunakan metode analisis, variabel bebas yang digunakan adalah Diameter puli motor dan alternator sebesar 7cm, 10cm, dan 12cm, dan variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah Kekuatan Arus dalam system pengisian, variabel terkontrol pada penelitian ini adalah Motor 0,5 HP dengan Kecepatan motor 1400 rpm dan 800 rpm. Dalam penelitian ini arus yang terkecil keluar dari alternator adalah sebesar 16A yaitu pada pengujian pulley alternator 7cm dan pulley motor 7cm, menggunakan variasi ini waktu yang didapatkan untuk melakukan pengisian adalah sebesar 2,625jam (2 jam 37 menit 30 detik). Sedangkan untuk arus yang terbesar adalah 159A yaitu pada variasi pulley motor 7cm dan diameter pulley 10cm dan 12cm, pada arus 159A diharapkan untuk tidak digunakan karena akan mempercepat memooory deffect pada baterai.

Kata kunci: Sistem pengisian, diameter puli, motor.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dunia otomotif merupakan bidang yang sangat diperlukan dalam kehidupan manusia, yang merupakan kebutuhan primer sebagai bagian dari transportasi. Oleh karena itu perkembangan teknologinya selalu mengalami perkembangan terutama untuk otomotif mesin ringan. Salah satu contoh pemakaian mesin yang ringan untuk kehidupan sehari-hari yaitu mobil dan motor. Dalam sebuah mobil terdapat banyak sistem yang sengaja didesain untuk keamanan dan kenyamanan pengendara, performa dan kinerja mobil serta untuk efisiensi penggunaan komponen-komponen yang

ada di dalam suatu mobil. Beberapa sistem yang terdapat pada mobil saling berhubungan satu sama lain sehingga gangguan yang terjadi pada satu sistem dapat mempengaruhi kinerja sistem yang lain.

Dalam sistem pengisian baterai maka segala macam gangguan yang ada dalam sistem pengisian tidak boleh terjadi. Gangguan-gangguan yang sering terjadi antara lain sistem pengisian tidak bekerja, tegangan pengisian tidak stabil, dan tegangan pengisian terlalu tinggi. Di antara gangguan-gangguan tersebut yang mempunyai dampak buruk pada komponen-komponen kelistrikan mobil ialah gangguan yang berupa besar tegangan pengisian yang terlalu tinggi atau

tidak stabil. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan komponen kelistrikan seperti lampu, komponen indikator, baterai dan lain-lain. Oleh karena itu sistem pengendalian tegangan pengisian harus bekerja dengan baik dan akurat.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang diambil dalam laporan ini adalah "Bagaimana pengaruh variasi diameter pulley dan daya motor terhadap proses pengisian baterai pada mobil 5K?"

Batasan Masalah

Untuk membuat perancangan dan pembuatan alat peraga sistem pengisian pada kendaraan roda empat 5K diperlukan beberapa batasan masalah, diantaranya:

1. Hanya membahas prinsip kerja sistem pengisian pada kendaraan roda empat 5K.
2. Hanya membahas sistem pengisian menggunakan tipe kontak point.
3. Pulley yang digunakan diameter 7cm, 10cm, 12cm.
4. Motor yang digunakan 1/2 HP, 1 HP

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang diharapkan yaitu dapat mengetahui pengaruh variasi diameter pulley dan daya motor terhadap proses pengisian baterai pada mobil 5K?."

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Sistem Pengisian

Suatu sistem yang dapat mengisi baterai kembali, sekaligus sebagai sumber listrik yang fungsinya untuk mensuplai sistem kelistrikan pada kendaraan yang membutuhkan pada saat mesin dihidupkan. Komponen-komponen pada sistem pengisian terdiri dari baterai, kunci kontak, alternator, dan regulator. Alternator berfungsi untuk mengubah

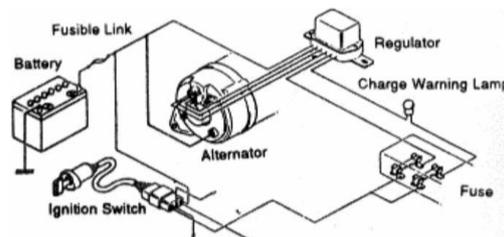
energi gerak menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh alternator bervariasi tergantung dari kecepatan putaran dan besarnya beban. Karena tegangan alternator bervariasi akibat putaran, maka digunakan regulator yang berfungsi untuk menjaga tegangan *output* alternator agar tetap konstan dengan mengatur besar kecilnya arus listrik atau kuat lemahnya medan magnet pada kumparan rotor (*rotor coil*).

Tipe Sistem Pengisian

Didalam sistem pengisian pada mobil dibedakan menjadi dua tipe yaitu:

1. Menggunakan Generator fungsinya untuk menghasilkan arus searah atau lebih dikenal dengan arus DC (*Direct Current*).
2. Menggunakan Alternator untuk menghasilkan arus bolak-balik atau lebih dikenal dengan arus AC (*Alternating Current*).

Namun disini hanya akan membahas sistem pengisian yang menggunakan alternator, karena konstruksinya lebih kecil dan tahan lama selain itu juga mampu menghasilkan arus *output* saat kecepatan *idle*.



Gambar 1. Rangkaian sistem pengisian. Sumber: made-info.blogspot.com (2012).

Komponen Sistem Pengisian

Didalam sistem pengisian pada mobil terdiri dari beberapa komponen-komponen yang saling mendukung satu sama lain yaitu:

1. Baterai.

Baterai basah berfungsi sebagai media penyimpan dan pensuplai arus listrik pada waktu kendaraan di starter.

Fungsi lainnya sebagai pemasok arus listrik untuk kebutuhan lampu-lampu waktu kendaraan berhenti/parkir di malam hari, alarm, jam elektronik, dan sebagainya saat mesin mati. Ketika mesin hidup, baterai berhenti bekerja. Baterai hanya menerima pengisian dari alternator (dinamo ampere). (Sumber: <http://masruddin.freevar.com>. 2013).

2. Kunci Kontak.

Kunci kontak berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus dari baterai ke regulator.

3. Alternator

Alternator berfungsi untuk mengubah energi mekanis yang didapatkan dari mesin tenaga listrik. Energi mekanik dari mesin disalurkan sebuah puli, yang memutar roda dan menghasilkan arus listrik bolak-balik pada stator. Arus listrik bolak-balik ini kemudian diubah menjadi arus searah oleh dioda. (Sumber: <http://masruddin.freevar.com>. 2013).

Komponen Alternator terdiri dari:

- a. Puli, Puli berfungsi untuk menerima tenaga mekanis dari mesin untuk memutar rotor.
- b. Kipas, Kipas berfungsi mendinginkan rangkaian dioda dan kumparan-kumparan pada alternator.
- c. Rotor, Rotor merupakan bagian yang bergerak (berputar). Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Kuku-kuku yang terdapat pada rotor berfungsi sebagai kutub-kutub magnet dan dua slip ring yang terdapat pada alternator berfungsi sebagai penyalur listrik ke kumparan rotor. Rotor terdiri dari kutub-kutub magnet, inti *field winding* dan slip ring. (Sumber: masruddin.freevar.com . 2013).
- d. Stator, Stator berfungsi sebagai kumparan yang menghasilkan listrik saat terpotong medan magnet dari

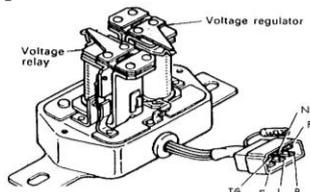
rotor. Stator terdiri dari stator core (inti stator) dan stator coil. Desain stator coil ada 2 macam yaitu model "delta" dan model "Y". Pada model "Y", ketiga ujung kumparan tersebut disambung menjadi satu. Titik sambungan ini disebut titik "N" (*neutral point*). Pada model delta ketiga ujung lilitan dijadikan satu sehingga membentuk segi tiga (delta).

- e. *End Frame, End Frame* terbuat dari aluminium tuang. Rumah bagian depan sebagai dudukan bantalan depan, dudukan pemasangan alternator pada mesin, dan dudukan penyetel kekencangan sabuk penggerak. Sedangkan rumah bagian belakang juga sebagai tempat dudukan bantalan belakang dan dudukan terminal-terminal keluaran, dudukan plat-plat diode dan dudukan rumah sikat. (Sumber: qtussama.files.wordpress.com).
 - f. Dioda (*Rectifier*), Dioda berfungsi untuk menyearahkan arus AC yang dihasilkan oleh stator coil menjadi arus DC, disamping itu juga berfungsi untuk menahan agar arus dari baterai tidak mengalir ke stator coil. (Sumber: qtussama.files.wordpress.com).
 - g. *Carbon brush, Carbon brush* atau sikat karbon berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari regulator ke rotor coil melalui slip ring untuk menghasilkan kemagnetan.
 - h. *Bearing, Bearing* fungsinya untuk memungkinkan rotor dapat berputar dengan lembut (tidak kasar).
4. *Charging warning lamp, Charging warning lamp* berfungsi sebagai pengontrol adanya pengisian pada aki mobil di instrumen panel *dashboard* mobil dengan gambar aki berfungsi

untuk memonitor tegangan pengisian baterai mobil dari alternator.

5. Regulator,

Regulator berfungsi untuk mengatur besarnya arus listrik yang masuk kedalam rotor coil sehingga tegangan yang dihasilkan oleh alternator tetap/konstan meskipun kecepatannya berubah-ubah, Selain itu juga berfungsi untuk mematikan tanda dari lampu pengisian. Pada tegangan sistem 12 volt tegangan regulasi antara 14,4 14,8 volt, untuk tegangan sistem 24 volt tegangan regulasi pada 28 volt. Untuk meregulasi tegangan keluaran alternator dilakukan dengan cara mengatur arus yang mengalir ke kumparan rotor. (<http://masruddin.freevar.com>. 2013).



Gambar 2. Regulator.

Sumber: www.masruddin.freevar.com (2013).

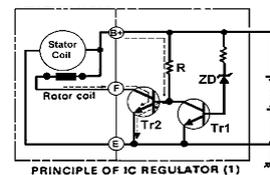
Tipe Regulator ada dua macam yaitu:

- a. Regulator tipe kontak point/konvensional merupakan salah satu sistem pengisian dengan menggunakan sebuah relay sebagai pengatur tegangan yang masuk ke baterai.
- b. Regulator tipe IC: untuk regulator tipe ini biasanya pada mobil keluaran baru. keuntungan yang lain Regulator tipe ini sudah bekerja secara elektronik sehingga lebih awet. (Sumber: denny333.wordpress.com 2012).

Prinsip kerja regulator tipe IC

Dalam circuit diagram IC Regulator. Pada saat tegangan output di terminal B rendah, tegangan baterai mengalir ke base Tr1 melalui resistor R1 dan Tr1, ON, pada

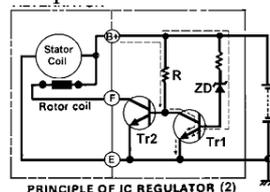
saat itu arus field ke rotor coil mengalir dari B ⇒ rotor coil ⇒ F ⇒ Tr1 ⇒ E.



Gambar 3. Tegangan output di teminal B rendah.

Sumber: modul sistem pengisian (2011).

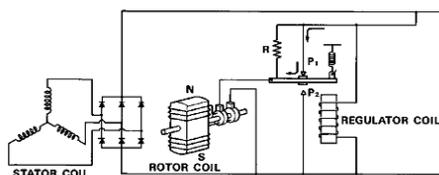
Pada saat tegangan output pada terminal B tinggi, tegangan yang lebih tinggi itu dialirkan ke zener diode (ZD) dan bila tegangan ini mencapai tegangan zener, maka ZD menjadi penghantar. Akibatnya, Tr2 ON dan Tr1 OFF. Ini akan menghambat arus field dan mengatur tegangan output.



Gambar 4. Tegangan output di teminal B tinggi.

Sumber: modul sistem pengisian (2011).

Untuk meregulasi tegangan keluaran alternator dilakukan dengan cara mengatur arus yang mengalir ke kumparan rotor (arus medan) seperti gambar di bawah ini:



Gambar 5. Regulator mengalirkan arus ke elektromagnet.

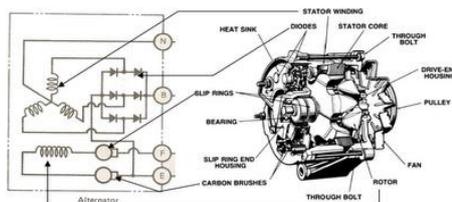
Sumber: modul sistem pengisian (2011).

Regulator mengalirkan arus ke elektromagnet (kumparan rotor) yang menghasilkan garis gaya magnet yang diperlukan untuk ketiga kumparan (kumparan stator) alternator untuk membangkitkan tegangan bolak-balik tiga fase. Karena elektromagnet mempunyai inti besi yang dililit kumparan, inti besi

akan menjadi magnet dan membangkitkan garis gaya magnet pada saat dialiri arus.

Prinsip Kerja Alternator

Prinsip kerja Alternator digerakkan oleh mesin melalui *v-belt*. Jika arus dari baretai mengalir ke rotor melalui regulator, maka akan terjadi kemagnetan pada lilitan rotor. Selanjutnya jika mesin berputar, rotor juga berputar. Hal ini menyebabkan terjadinya induksi tegangan dari rotor ke kumparan stator. Pada kumparan stator akan dibangkitkan tegangan arus bolak balik yang selanjutnya disearahkan oleh dioda. Arus yang sudah disearahkan akan disalurkan ke baterai, adapun pengaturan besar kecilnya tegangan pengisian diatur oleh regulator.



Gambar 6. Konstruksi Alternator.

Sumber:

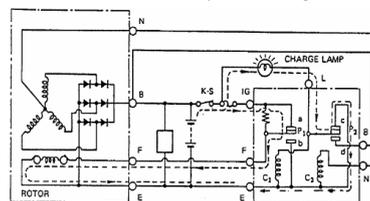
www.masruddin.freevar.com.

Pada Alternator terdapat 4 terminal yaitu terminal B, E, F dan N. Terminal B merupakan terminal *output* Alternator yang dihubungkan ke baterai, beban dan regulator terminal B. Terminal E berhubungan dengan sikat negatif, bodi Alternator dan terminal E regulator. Terminal F berhubungan dengan sikat positif dan dihubungkan ke terminal F regulator, Terminal N berhubungan dengan netral stator *coil*, saat Alternator menghasilkan listrik maka terminal N juga menghasilkan listrik, listrik yang dihasilkan terminal N dialirkan ke regulator terminal N, untuk mematikan lampu indikator pengisian. Pada regulator terdapat 6 terminal mempunyai terminal B, E, F, N, IG dan L. Empat dari 6 terminal tersebut berhubungan dengan terminal

Alternator yaitu B, E, F, N. (Sumber: qtussama.wordpress.com).

Cara Kerja Sistem Pengisian

Kunci Kontak "ON" dan Mesin mati Arus medan mengalir dari terminal (+) baterai ⇒ kunci kontak ⇒ terminal IG regulator ⇒ titik kontak PL₁ ⇒ titik kontak PL₀ ⇒ terminal F regulator ⇒ terminal F alternator ⇒ sikat ⇒ slip ring ⇒ kumparan medan/rotor ⇒ slip ring ⇒ terminal E alternator ⇒ masa, mengakibatkan kumparan medan menjadi magnet.



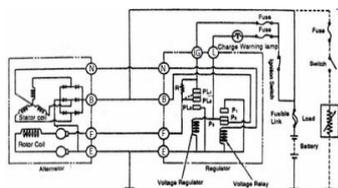
Gambar 7. Rangkaian saat kunci kontak "ON" dan Mesin mati.

Sumber: www.masruddin.freevar.com. (2013)

Lampu kontrol pengisian mengalir dari terminal (+) baterai ⇒ kunci kontak ⇒ lampu kontrol pengisian ⇒ terminal L regulator ⇒ titik kontak P₀ ⇒ titik kontak P₁ terminal E regulator ⇒ masa, mengakibatkan lampu menyala.

Cara kerja mesin dari kecepatan rendah ke kecepatan sedang

Saat mesin hidup dan rotor berputar, tegangan/*voltage* dibangkitkan dalam stator coil, dan tegangan netral dipergunakan untuk *voltage* relay. Karena lampu *change* mati. Pada waktu yang sama tegangan yang dikeluarkan beraksi pada *voltage* regulator. Arus medan (*field current*) yang ke rotor dikontrol dan disesuaikan dengan tegangan yang dikeluarkan terminal B yang beraksi pada *voltage* regulator. Demikian salah satu arus medan akan lewat menembus arus tidak menembus R, tergantung pada keadaan titik kontrol PL₀. (Sumber: New Step 1997).



Gambar 8. Rangkaian mesin dari kecepatan rendah ke sedang.

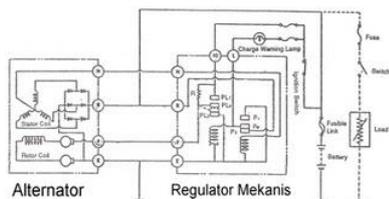
Sumber: New Step (1995).

Catatan:

Bila gerakan P_0 dari *voltage relay*, membuat hubungan dengan titik kontak P_2 . Maka pada sirkuit sesudah dan sebelum lampu pengisian tegangannya sama. Sehingga arus tidak mengalir ke lampu dan akhirnya lampu mati.

Cara kerja mesin dari kecepatan sedang ke kecepatan tinggi

Bila putaran mesin bertambah, voltage yang dihasilkan oleh kumparan stator naik. Dan gaya tarik dari kemagnetan kumparan voltage regulator menjadi lebih kuat. Dengan gaya tarik yang lebih kuat, *field current* yang ke rotor akan mengalir terputus-putus. Dengan kata lain, gerakan titik kontak PL_0 dari voltage regulator kadang-kadang membuat hubungan dengan kontak PL_2 . (Sumber: New Step 1995).



Gambar 9. Rangkaian mesin dari kecepatan sedang ke tinggi.

Sumber: New Step (1995).

Catatan:

Bila gerakan titik kontak PL_0 pada regulator berhubungan dengan titik kontak PL_2 , *field current* akan dibatasi. Bagaimanapun juga, point P_0 dari voltage relay tidak akan terpisah dari point P_2 , sebab tegangan netral terpelihara dalam sisa *flux* dari rotor.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilaksanakan adalah metode rancang bangun atau rekayasa dan dibagi dalam beberapa tahapan antara lain:

1. Studi literatur

Studi literatur di sini menitik beratkan pada teori-teori tentang *belt conveyor*. Hal-hal berhubungan sebagai berikut:

- Studi tentang Alternator
- Studi tentang *pulley*

Studi literatur dilaksanakan di Perpustakaan politeknik Kediri dan internet.

2. Variabel Penelitian

Dalam proses penelitian ini terdapat variable penelitian sebagai berikut: Penelitian "Pengaruh Variasi diameter pulley dan Daya Motor terhadap sistem pengisian baterai pada mobil 5K" ini terdapat dua variabel bebas dan satu variabel tetap

Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan adalah Diameter puli motor dan alternator sebesar 7cm, 10cm, dan 12cm.

Variabel Terikat

Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah : Kekuatan Arus dalam system pengisian

Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah:

1. Motor 0,5 HP
2. Kecepatan motor 1400 rpm dan 800 rpm

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Arus Yang Mengalir Untuk Mengisi Baterai

Untuk menentukan besar arus yang mengalir untuk mengisi baterai pada alat peraga sistem pengisian ditentukan sebagai berikut:

1. Menggunakan diameter puley sama pada motor 1 dengan daya 1/2 HP

Diketahui data bahwa Besar putaran motor 1400 rpm, dan diameter puli motor 7 cm, diameter puli alternator 7 cm untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

a. Putaran motor

$$\frac{D1}{D2} \cdot \frac{n2}{n1} = \frac{7}{7} \cdot \frac{x}{1400}$$

X = 1400 rpm jadi putaran alternator yang keluar adalah **1400 rpm**.

b. Daya motor = 1 hp = 745,7 watt = 0,746 KW.

Jadi Daya motor $\frac{1}{2}$ hp = $\frac{1}{2} \cdot 745.7 =$ **372,85 Watt**

Daya akan ditransmisikan melalui pully pada motor dengan diameter 7 cm.

c. Torsi pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan:

$$\begin{aligned} T &= F \cdot d(\text{motor}) \\ &= 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,0035 \text{ m} \\ &= 1,3055 \text{ Nm}^2/\text{s} \end{aligned}$$

d. Power pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan torsi yang didapat pada pully motor, rumus daya

$$\begin{aligned} &= \text{Torsi (Nm)} \times 2 \pi \cdot \frac{\text{rpm}}{60.000} \\ &= 1,3055 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1400}{60.000} \\ &= \frac{11477,956}{60.000} \\ &= 0,191 \text{ KW} \cdot 1000 = 191 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

Putaran pully motor akan ditransmisikan melalui belt kepada pullyalternator dengan diameter pully alternator sebesar 7 cm.

e. Karena diameter pully alternator sama dengan diameter pully motor, maka putaran pully alternator sama dengan putaran pully motor dan Torsi pada pulley alternator diperoleh melalui rumus

$$\begin{aligned} T &= F \cdot d(\text{alternator}) \\ &= 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,0035 \text{ m} \\ &= 1,3055 \text{ Nm}^2/\text{s} \end{aligned}$$

f. Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus:

$$\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{191 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 15,91 \text{ A.}$$

dibulatkan menjadi **16 A**.

g. Perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh antara menggunakan charge baterai dengan menggunakan alat peraga. Data yang diperoleh dari laboratorium Otomotif Politeknik Kediri: charge baterai kapasitas 15 A digunakan untuk mengisi baterai sampai penuh dengan output sebesar 50 A membutuhkan waktu 2 jam. Sedangkan output yang dihasilkan alternator sebesar 16 A. maka untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan alat peraga mengisi baterai sampai penuh dengan menggunakan rumus perbandingan.

Maka:

$$\begin{aligned} \frac{15 \text{ A}}{16 \text{ A}} &= \frac{x}{2 \text{ jam}} \\ &= \frac{15 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{16 \text{ A}} = 1,875 \text{ jam.} \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan sebagai berikut:

16 A alat peraga untuk mengisi baterai 50 A = (1,875 jam) atau setara dengan 1 jam 52 menit 30 detik.

1) Sedangkan 15 A charge untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{50 \text{ A}}{70 \text{ A}} &= \frac{2 \text{ jam}}{x} \\ &= \frac{70 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{50 \text{ A}} = 2,8 \text{ jam (2 jam 48 menit).} \end{aligned}$$

2) 16 A alat peraga untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{15 \text{ A}}{16 \text{ A}} &= \frac{x}{2,8} \\ &= \frac{15 \text{ A} \cdot 2,8}{16 \text{ A}} = 2,625 \text{ (2 jam 37 menit 30 detik).} \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh antara menggunakan charge baterai dengan alat peraga yaitu lebih cepat menggunakan alat peraga.

Langkah kedua:

Diketahui data bahwa Besar putaran motor 1400 rpm, diameter puli motor 7 cm,

diameter puli alternator **10 cm** untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

a. Putaran motor

$$\frac{D1}{D2} \cdot \frac{n2}{n1} = \frac{7}{10} \cdot \frac{x}{1400}$$

X = 980 rpm jadi putaran alternator yang keluar adalah **980 rpm**.

Jadi Daya motor $\frac{1}{2}$ hp = $\frac{1}{2} \cdot 745.7 =$ **372,85 Watt**

Daya akan ditransmisikan melalui pully pada motor dengan diameter 7 cm.

b. Torsi pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan:

$$T = F \cdot d(\text{motor}) = 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,0035 \text{ m} = 1,3055 \text{ Nm}^2/\text{s}$$

c. Power pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan torsi yang didapat pada pully motor, rumus daya

$$= \text{Torsi (Nm)} \times 2 \pi \cdot \frac{\text{rpm}}{60.000} = 1,3055 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1400}{60.000} = \frac{11477,956}{60.000} = 0,191 \text{ KW} \cdot 1000 = 191 \text{ Watt.}$$

Putaran pully motor akan ditransmisikan melalui belt kepada pully alternator dengan diameter pully alternator sebesar 10 cm.

h. Karena diameter pully alternator tidak sama dengan diameter pully motor, maka putaran pully alternator sama dengan putaran pully motor dan Torsi pada pulley alternator diperoleh melalui rumus

$$T = F \cdot d(\text{alternator}) = 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,05 \text{ m} = 18,65 \text{ Nm}^2/\text{s}$$

d. Maka daya pada alternator akan menjadi berbeda ketika dimasukkan dalam rumus= Torsi (Nm) x 2 . $\frac{\text{rpm}}{60.000}$

$$= 18,65 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{980}{60.000} = \frac{114779,56}{60.000} = 1,91 \text{ KW} \cdot 1000 = \mathbf{1912 \text{ Watt.}}$$

i. Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus:

$$\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{1912 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = \mathbf{159 \text{ A.}}$$

Langkah ketiga:

Diketahui data bahwa besar putaran motor 1400 rpm, besar diameter puli motor **7 cm**, besar diameter puli alternator **12 cm** untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

a. Putaran motor

$$\frac{D1}{D2} \cdot \frac{n2}{n1} = \frac{7}{12} \cdot \frac{x}{1400}$$

X = 816,6 rpm jadi putaran alternator yang keluar adalah **816,6 rpm**.

Jadi Daya motor $\frac{1}{2}$ hp = $\frac{1}{2} \cdot 745.7 =$ 372,85 Watt

Daya akan ditransmisikan melalui pully pada motor dengan diameter 7 cm.

b. Torsi pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan:

$$T = F \cdot d(\text{motor}) = 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,0035 \text{ m} = 1,3055 \text{ Nm}^2/\text{s}$$

c. Power pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan torsi yang didapat pada pully motor, rumus daya

$$= \text{Torsi (Nm)} \times 2 \pi \cdot \frac{\text{rpm}}{60.000} = 1,3055 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1400}{60.000} = \frac{11477,956}{60.000} = 0,191 \text{ KW} \cdot 1000 = 191 \text{ Watt.}$$

Putaran pully motor akan ditransmisikan melalui belt kepada pully alternator dengan diameter pully alternator sebesar 12 cm.

d. Karena diameter pully alternator tidak sama dengan diameter pully motor, maka putaran pully alternator sama dengan putaran pully motor dan Torsi pada pulley alternator diperoleh melalui rumus

$$T = F \cdot d(\text{alternator}) = 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,06 \text{ m} = 22,38 \text{ Nm}^2/\text{s}$$

e. Maka daya pada alternator akan menjadi berbeda ketika dimasukkan dalam rumus= Torsi (Nm) x 2 . $\frac{\text{rpm}}{60.000}$

$$= 22,38 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{816,6}{60.000} = \frac{114770,19024}{60.000}$$

$$= 1,912 \text{ KW} \cdot 1000 = \mathbf{1912 \text{ Watt}}$$

- f. Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus:
- $$\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{1912 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = \mathbf{159 \text{ A}}$$

Langkah ke empat:

Memvariasikan besar diameter pulley motor dengan variasi 7cm, 10cm,12 cm dengan pulley alternator tetap 7cm dan daya motor tetap 1/2HP maka didapatkan daya sebagai berikut:

Diketahui data bahwa: Besar putaran motor 1400 rpm, diameter puli motor **10 cm**, diameter puli alternator **7 cm** untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

- a. Putaran motor
- $$\frac{D1}{D2} \cdot \frac{n2}{n1} = \frac{10}{7} \cdot \frac{x}{1400}$$
- X = 2000 rpm jadi putaran alternator yang keluar adalah **2000 rpm**.
 Jadi Daya motor $\frac{1}{2} \text{ hp} = \frac{1}{2} \cdot 745.7 = 372,85 \text{ Watt}$

Daya akan ditransmisikan melalui pully pada motor dengan diameter 10 cm.

- b. Torsi pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan:

$$T = F \cdot d(\text{motor}) = 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,05 \text{ m} = 18,65 \text{ Nm}^2/\text{s}$$

- c. Power pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan torsi yang didapat pada pully motor , rumus daya
- $$= \text{Torsi (Nm)} \times 2 \pi \cdot \frac{\text{rpm}}{60.000}$$
- $$= 1,3055 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1400}{60.000}$$
- $$= \frac{11477,956}{60.000} = 0,191 \text{ KW} \cdot 1000 = 191 \text{ Watt}$$

Putaran pully motor akan ditransmisikan melalui belt kepada pullyalternator dengan diameter pully alternator sebesar 7 cm.

- d. Karena diameter pully alternator tidak sama dengan diameter pully 10 motor, maka putaran pully alternator tidak sama dengan putaran pully motor dan

Torsi pada pulley alternator diperoleh melalui rumus

$$T = F \cdot d(\text{alternator}) = 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,0035 \text{ m} = 1,3055 \text{ Nm}^2/\text{s}$$

- e. Power pulley alternator diperoleh berdasarkan perhitungan torsi yang didapat pada pully alternator , rumus daya = Torsi (Nm) x 2 π . $\frac{\text{rpm}}{60.000}$
- $$= 1,305 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{2000}{60.000} = \frac{16390,8}{60.000} = 0,2732 \text{ KW} = \mathbf{273,2 \text{ watt}}$$

- f. Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus:
- $$\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{273,2 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = \mathbf{22,7 \text{ A}}$$

- g. Perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh antara menggunakan charge baterai dengan menggunakan alat peraga.

Data yang diperoleh dari laboratorium Otomotif Politeknik Kediri: charge baterai kapasitas 15 A digunakan untuk mengisi baterai sampai penuh dengan output sebesar 50 A membutuhkan waktu 2 jam. Sedangkan output yang dihasilkan alternator sebesar 22,7 A. maka untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan alat peraga mengisi baterai sampai penuh dengan menggunakan rumus perbandingan.

Maka:

$$\frac{15 \text{ A}}{22,7 \text{ A}} = \frac{x}{2 \text{ jam}}$$

$$= \frac{15 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{22,7 \text{ A}} = \mathbf{1,32 \text{ jam}}$$

Jadi dapat disimpulkan sebagai berikut:

16 A alat peraga untuk mengisi baterai 50 A = (1,32 jam) atau setara dengan 1 jam 19menit.

Sedangkan 15 A charge untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\frac{50 \text{ A}}{70 \text{ A}} = \frac{2 \text{ jam}}{x}$$

$$= \frac{70 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{50 \text{ A}} = 2,8 \text{ jam} (2 \text{ jam } 48 \text{ menit})$$

22,7 A alat peraga untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\frac{15 \text{ A}}{22,7 \text{ A}} = \frac{x}{2,8}$$

$$= \frac{15A \cdot 2,8}{22,7A} = 1,85 \text{ (1 jam 51menit).}$$

Langkah ke lima:

Diketahui data bahwa besar putaran motor 1400 rpm diameter puli motor **12 cm**, diameter puli alternator **7 cm** untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

a. Putaran motor

$$\frac{D1 \cdot n2}{D2 \cdot n1} = \frac{12 \cdot x}{7 \cdot 1400}$$

X = 2400 rpm jadi putaran alternator yang keluar adalah **2400 rpm**.

$$\text{Jadi Daya motor } \frac{1}{2} \text{ hp} = \frac{1}{2} \cdot 745.7 = 372,85 \text{ Watt}$$

Daya akan ditransmisikan melalui pully pada motor dengan diameter 12 cm.

b. Torsi pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan:

$$\begin{aligned} T &= F \cdot d(\text{motor}) \\ &= 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,06 \text{ m} \\ &= 22,3 \text{ Nm}^2/\text{s} \end{aligned}$$

c. Power pulley motor diperoleh berdasarkan perhitungan torsi yang didapat pada pully motor, rumus daya

$$\begin{aligned} &= \text{Torsi (Nm)} \times 2 \pi \cdot \frac{\text{rpm}}{60.000} \\ &= 22,3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1400}{60.000} = \frac{196764,96}{60.000} = 3279 \text{ KW} \end{aligned}$$

Putaran pully motor akan ditransmisikan melalui belt kepada pully alternator dengan diameter pully alternator sebesar 7 cm.

d. Karena diameter pully alternator tidak sama dengan diameter pully 12 motor, maka putaran pully alternator tidak sama dengan putaran pully motor dan Torsi pada pulley alternator diperoleh melalui rumus

$$\begin{aligned} T &= F \cdot d(\text{alternator}) \\ &= 373 \text{ Nm/s} \cdot 0,0035 \text{ m} = 1,3055 \text{ Nm}^2/\text{s} \end{aligned}$$

e. Power pulley alternator diperoleh berdasarkan perhitungan torsi yang

didapat pada pully alternator, rumus daya = Torsi (Nm) x 2 π . $\frac{\text{rpm}}{60.000}$

$$\begin{aligned} &= 1,305 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{2400}{60.000} \\ &= \frac{19668,96}{60.000} = 0,327 \text{ KW} = 327 \text{ WATT} \end{aligned}$$

f. Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus: $\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{327 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 27,2 \text{ A}$.

g. Perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh antara menggunakan charge baterai dengan menggunakan alat peraga.

Data yang diperoleh dari laboratorium Otomotif Politeknik Kediri: charge baterai kapasitas 15 A digunakan untuk mengisi baterai sampai penuh dengan output sebesar 50 A membutuhkan waktu 2 jam. Sedangkan output yang dihasilkan alternator sebesar 27,2 A. maka untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan alat peraga mengisi baterai sampai penuh dengan menggunakan rumus perbandingan.

Maka:

$$\begin{aligned} \frac{15 \text{ A}}{27,2 \text{ A}} &= \frac{x}{2 \text{ jam}} \\ &= \frac{15 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{22,7 \text{ A}} = 1,1 \text{ jam.} \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan sebagai berikut:

22,7 A alat peraga untuk mengisi baterai 50 A = (1,1 jam) atau setara dengan 1 jam 6menit.

Sedangkan 15 A charge untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{50 \text{ A}}{70 \text{ A}} &= \frac{2 \text{ jam}}{x} \\ &= \frac{70 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{50 \text{ A}} = 2,8 \text{ jam (2 jam 48 menit).} \end{aligned}$$

22,7 A alat peraga untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{15 \text{ A}}{27,2 \text{ A}} &= \frac{x}{2,8} \\ &= \frac{15 \text{ A} \cdot 2,8}{27,2 \text{ A}} = 1,54 \text{ (1 jam 30menit).} \end{aligned}$$

2. Menggunakan diameter puley sama pada motor 2 dengan daya 1 HP

Diketahui data bahwa besar putaran motor 1400 rpm, besar diameter puli motor 7 cm, besar diameter puli alternator 7 cm untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

- a. Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus: $\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{382,5 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 31,8 \text{ A}$.
dibulatkan menjadi **32 A**.

- b. Perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh antara menggunakan charge baterai dengan menggunakan alat peraga.

Data yang diperoleh dari laboratorium Otomotif Politeknik Kediri: charge baterai kapasitas 15 A digunakan untuk mengisi baterai sampai penuh dengan output sebesar 50 A membutuhkan waktu 2 jam. Sedangkan output yang dihasilkan alternator sebesar 16 A. maka untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan alat peraga mengisi baterai sampai penuh dengan menggunakan rumus perbandingan.

Maka:

$$\frac{15 \text{ A}}{32 \text{ A}} = \frac{x}{2 \text{ jam}}$$

$$= \frac{15 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{32 \text{ A}} = 0,93 \text{ jam.}$$

Jadi dapat disimpulkan sebagai berikut:

32 A alat peraga untuk mengisi baterai 50 A = (0,93 jam) atau setara dengan 56 menit 15 detik.

Sedangkan 15 A charge untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\frac{50 \text{ A}}{70 \text{ A}} = \frac{2 \text{ jam}}{x} = \frac{70 \text{ A} \cdot 2 \text{ jam}}{50 \text{ A}} = 2,8 \text{ jam (2 jam 48 menit).}$$

16 A alat peraga untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\frac{15 \text{ A}}{32 \text{ A}} = \frac{x}{2,8} = \frac{15 \text{ A} \cdot 2,8}{32 \text{ A}} = 1,31 \text{ jam (1 jam 18 menit 36 detik).}$$

Jadi dapat disimpulkan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai

sampai penuh antara menggunakan charge baterai dengan alat peraga yaitu lebih cepat menggunakan alat peraga.

Langkah kedua:

Diketahui data bahwa besar putaran motor 1400 rpm, diameter puli motor 7 cm, diameter puli alternator 10 cm untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut: Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus: $\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{3820 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 318 \text{ A}$.

Langkah ketiga:

Diketahui data bahwa besar putaran motor 1400 rpm, diameter puli motor 7 cm, diameter puli alternator 12 cm untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut: Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus: $\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{3820 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 318 \text{ A}$.

Langkah ke empat:

Memvariasikan besar diameter pulley motor dengan variasi 7cm, 10cm,12 cm dengan pulley alternator tetap 7cm dan daya motor tetap 1HP maka didapatkan daya sebagai berikut:

Diketahui data bahwa putaran motor 1400 rpm, diameter puli motor 10 cm, diameter puli alternator 7 cm untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut: Jadi arus yang keluar dari alternator dapat diperoleh melalui rumus:

$$\frac{\text{Daya alternator}}{\text{Tegangan alternator}} = \frac{546000 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 45500 \text{ A.}$$

Langkah ke lima:

Diketahui data bahwa putaran motor 1400 rpm, diameter puli motor 12 cm, diameter puli alternator 7 cm untuk menghasilkan putaran minimal 800 rpm.

Perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh antara

menggunakan *charge* baterai dengan menggunakan alat peraga.

Data yang diperoleh dari laboratorium Otomotif Politeknik Kediri: *charge* baterai kapasitas 15 A digunakan untuk mengisi baterai sampai penuh dengan *output* sebesar 50 A membutuhkan waktu 2 jam. Sedangkan *output* yang dihasilkan alternator sebesar 54,5 A. maka untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan alat peraga mengisi baterai sampai penuh dengan menggunakan rumus perbandingan.

Maka:

$$\frac{15 A}{54,5A} = \frac{x}{2 jam}$$

$$= \frac{15 A \cdot 2 jam}{54,5 A} = 0,55 jam.$$

Jadi dapat disimpulkan sebagai berikut: 54,5 A alat peraga untuk mengisi baterai 50 A = (0,5 jam) atau setara dengan 30menit.

Sedangkan 15 A *charge* untuk mengisi baterai 70 A yaitu: $\frac{50 A}{70 A} = \frac{2 jam}{x} = \frac{70 A \cdot 2 jam}{50 A} = 2,8 jam$ (2 jam 48 menit).

54,5 A alat peraga untuk mengisi baterai 70 A yaitu:

$$\frac{15 A}{54,5A} = \frac{x}{2,8}$$

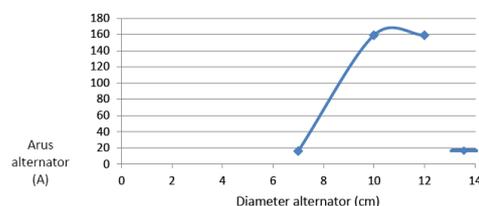
$$= \frac{15A \cdot 2,8}{54,5A} = 0,77jam (46menit).$$

Jadi dapat disimpulkan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh antara menggunakan *charge* baterai dengan alat peraga yaitu lebih cepat menggunakan alat peraga. Dari perhitungan seluruh percobaan pada pergantian pulley dan motor di dapatkan data sebagai berikut:

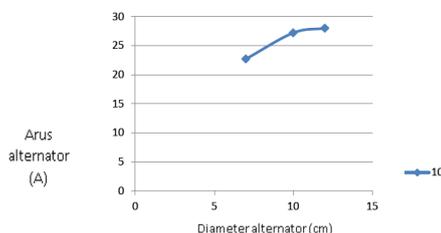
PERBANDINGAN ARUS PENGISIAN PADA MOTOR 1/2 HP				
		DIAMETER PULLEY MOTOR		
		D 7	D 10	D 12
DIAMETER PULLEY ALTERNATOR	D 7	16A	22,7A	24A
	D 10	159A	27,2A	25A
	D 12	159A	28A	30A

Grafik analisa perbandingan pengisian

Berdasarkan tabel analisa pada penggantian pulley motor diameter D7 cm dipasangkan pada pulley alternator diameter 10 cm didapatkan arus sebesar 159 A, arus ini sangat besar sekali untuk melakukan pengisian, kemudian untuk dimeter 7cm dipasangkan dengan diamete pulley alternator 12cm didapatkan arus yang keluar alternator sebesar 159A, pengisian tidak mengalami perubahan arus yang keluar analisa sementara yang dapat disimpulkan adalah segai grafik dibawah ini:

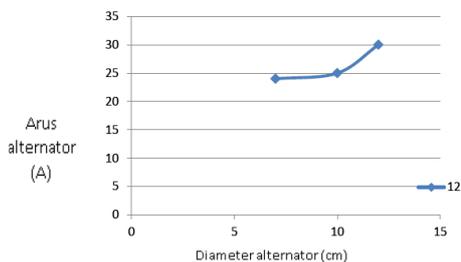


Gambar 10 Grafik perbandingan diameter pulley motor 7cm terhadap pulley alternator 7, 10 dan 12cm



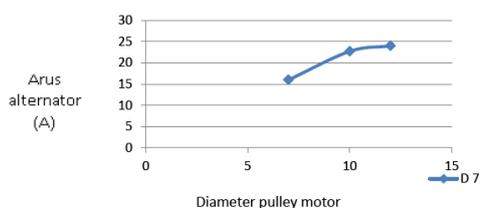
Gambar 11 Grafik perbandingan diameter pulley motor 10 cm terhadap pulley alternator 7, 10 dan 12cm

Dari analisa dua keadaan diatas terbukti bahwa pada motor penggerak 1/2 HP dan diameter pulley motor 7cm dan 10cm jika dipasangkan berturut turut pada keadaanse makin besar diameter pulley alternator maka arus yang didapatkan semakin besar.



Gambar 12 Grafik perbandingan diameter pulley motor 12cm terhadap pulley alternator 7, 10 dan 12cm

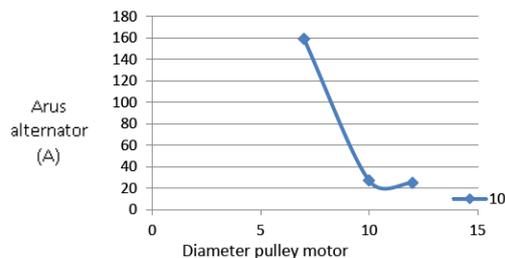
Analisa yang dilaksanakan untuk mendapatkan arus yang terbaik jika dilakukan penggantian pulley motor terhadap pulley alternator, dalam hal ini pulley motor divariasikan berturut turut 7cm, 10cm dan 12 cm kemudian pulley alternator tetap menggunakan diameter 7cm, menurut hipotesa awal putaran alternator akan semakin berkurang hal ini dimungkinkan akan mengurangi besar arus yang keluar dari alternator. Hasil dari perbandingan pulley motor terhadap variabel tetap pulley alternator dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 13 Grafik arus yang didapatkan dari perbandingan pulley motor 7 cm, 10cm, 12cm terhadap pulley alternator 7cm

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada diameter pulley motor sebesar 7cm dan diameter pulley alternator 7 cm akan didapatkan arus pengisian yang keluar dari alternator sebesar 16 A , sesuai dengan realita dalam proses pengisian mobil bahwa beban yang bekerja pada suatu mobil sangat berpengaruh terhadap daya yang tersimpan di dalam baterai mobil, hal ini alternator berfungsi untuk selalu

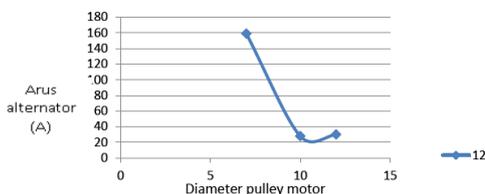
menyiapkan dan mengisi baterai apabila baterai mobil mengalami loses daya. Kemudian apabila diameter motor diubah menjadi lebih besar 10cm dan diameter alternator tetap pada 7cm maka akan terjadi penambahan besar arus karena putaran torsi yang bekerja pada pulley motor semakin besar hal ini menunjukkan hubungan yang linear arus yang keluar menjadi 22,7 A begitu juga apabila diameter pulley pada motor diperbesar menjadi 12 cm maka arus yang akan keluar melalui alternator menjadi 24 A, semakin besar arus yang keluar melalui alternator maka proses pengisian akan semakin cepat, namun hal lainnya yang harus dipertimbangkan adalah apabila arus yang keluar dari alternator melebihi arus baterai sebesar 70A maka yang terjadi adalah *memory deffect* pada baterai (baterai akan mengalami kegagalan pengisian yang diakibatkan daya dan arus yang berlebihan, elemen baterai akan cepat rusak dan tidak mampu untuk menyimpan tegangan).



Gambar 14 Grafik arus yang dihasilkan dari perbandingan pulley motor 7cm,10cm,12cm terhadap pulley alternator

Gambar 4.5 menunjukkan arus yang dihasilkan oleh alternator dengan diameter pulley 10cm pada saat dipasangkan dengan pulley motor 7cm maka arus yang didapatkan sangat besar sekali yaitu 159A, sangat tidak mungkin untuk melakukan pengisian dengan arus ini karena baterai akan cepat rusak, kemudian berturut turut apabila dipasangkan dengan pulley motor 10cm maka arus yang mengalir pada

alternator cenderung menurun menjadi 27,2 lebih dapat diterima, kemudian jika dipasangkan dengan pulley motor 12 A maka arus yang diperoleh akan menjadi 25A. Jika semakin besar arus yang mengalir pada alternator maka proses pengisian akan semakin cepat tetapi berbanding terbalik dengan *lifetime* baterai, yang kemungkinan akan merusak elemen dan struktur pada baterai. Hasil dari penelitian ini nanti akan diperoleh pada ukuran pulley motor berapa dan bagaimana sehingga arus yang keluar dari alternator akan benar benar seimbang dengan lifetime dari baterai mobil yang diisi.



Gambar 15 Grafik arus yang dihasilkan dari perbandingan pulley alternator 7cm,10cm,12cm terhadap

Gambar 4.6 menunjukkan arus yang dihasilkan oleh alternator dengan diameter pulley 12cm pada saat dipasangkan dengan pulley motor 7cm maka arus yang didapatkan sangat besar sekali yaitu 159A, sangat tidak mungkin untuk melakukan pengisian dengan arus ini karena baterai akan cepat rusak, kemudian berturut turut apabila dipasangkan dengan pulley motor 10cm maka arus yang mengalir pada alternator cenderung menurun menjadi 28A lebih dapat diterima, kemudian jika dipasangkan dengan pulley motor 12 A maka arus yang diperoleh akan menjadi 30A. Untuk itu disarankan untuk tetap mempertahankan pulley alternator 7cm

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pembuatan sistem pengisian pada tipe kendaraan 5K ini diperoleh beberapa analisa dan kesimpulan diantaranya hubungan antara

pulley motor terhadap alternator cenderung linear yaitu semakin kecil desain pulley motor akan dapat mempercepat putaran pada pulley alternator, hal ini berbanding dengan semakin besar putaran pulley motor maka torsi yang dihasilkan akan semakin kecil, demikian juga apabila divariasikan pulley alternator yang berturut turut 7cm, 10cm, dan 12cm maka akan didapatkan putaran yang melambat pada alternator, semakin lambat alternator berputar maka arus yang keluar dari altermnator akan semakin kecil. Dalam penelitian ini arus yang terkecil keluar dari alternator adalah sebesar 16A yaitu pada pengujian pulley alternator 7cm dan pulley motor 7cm, menggunakan variasi ini waktu yang didapatkan untuk melakukan pengisian adalah sebesar 2,625jam (2 jam 37 menit 30 detik). Sedangkan untuk arus yang terbesar adalah 159A yaitu pada variasi pulley motor 7cm dan diameter pulley 10cm dan 12cm, pada arus 159A diharapkan untuk tidak digunakan karena akan mempercepat memooory deffect pada baterai.

DAFTAR PUSTAKA

Collins,Jack A.2003. *“Mechanical Design Of Machine Elements And Machines*. John Wiley & Sons,Inc. New York
 Deutschman, Aaron D. 1975. *“Mechine Design Theory and Praticce”*. Macmillan Publishing, Inc. New York
 Hibbeler, RC. 2007. *Engineering Mechanics Dynamics*. 11th Edition. Prentice Hall. Singapore
 Sutantra, I. N., 2001. *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*. Edisi Pertama Cetakan Pertama, Surabaya : Guna Widya.
 Shinroku,Saito. 1993 : 181*Pengetahuan bahan teknik, pradnya paramitha*.Jakarta

RANCANG BANGUN MESIN PENDINGIN PADA MESIN LAS TITIK *STATIONERY* DENGAN SISTEM ALIRAN *CLOSED FLOW*

Riswan Eko Wahyu Susanto

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri
risone@yahoo.com

Abstrak

Las tahanan adalah suatu hasil tahanan listrik pada dua lembar pelat yang dicairkan secara bersamaan. Salah satu jenis las tahanan adalah las titik dimana pencairan yang terjadi pada ujung-ujung elektroda akan membentuk pencairan berupa bulatan atau titik (*nugget*). Sistem pendinginan berfungsi untuk menjaga suhu optimal pada pengelasan. Sistem aliran tertutup (*Closed Flow*) merupakan sistem pendinginan dimana output dari pendinginan digunakan kembali pada input dan masuk dalam elektroda las titik yang telah didesain dengan berupa *hole* (*lubang pendinginan*). Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan membuat mesin pendingin mesin las titik tipe DN 25 (modifikasi las titik yang memiliki mesin pendingin). Berdasarkan pembahasannya rancang bangun mesin pendingin diatas didapatkan kesimpulan yaitu; bahwa energi panas tertinggi adalah pada arus 8 (dalam 10.000 ampere kuadrat), resistensinya 4 (dalam 0,0001ohm), dan waktu pengelasan 90 detik diperoleh energi panas sebesar 23.040 joule atau 23.040 watt per detik atau 23,04 kW. Kecepatan dan Kapasitas Fluida untuk selang 1/4 inci adalah ($v = 0,5 \text{ m/s}$), sesangkan energi potensial, ($E_p = 0$), energi kinetiknya adalah ($E_k = 4,5$), $Re = 0,171$ maka jenis alirannya adalah laminar karena bilangan Reynold kurang dari 4000. Kerugian *Head* (*Head loss*), kerugian *major* ($h_{lp} = 0,613$), kerugian *minor* ($h_{lf} = 4,2$ m), total losses ($h_{ls} = 4,813$ m), percabangan dan pertemuan selang ($h_{f1-2} = 0,022$), kerugian *head* di katup ($h_v = 0,0027$).

Kata Kunci: Las Titik Stationer, Mesin pendingin, Sistem Closed Flow

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada industri manufaktur di mana industri otomotif merupakan salah satunya, pengelasan titik (*spot resistance welding*) banyak diaplikasikan untuk menyambung antar material yang berbentuk lembaran. Pengelasan titik sendiri sudah ada sejak tahun 1950-an, dan setiap kendaraan diperkirakan memiliki lebih dari 2000 sambungan las titik. Pengelasan titik memiliki keunggulan dari sudut pandang ekonomi, di mana dapat diaplikasikan pada berbagai jenis material logam dan memiliki waktu siklus proses yang singkat.

Proses pengelasan titik merupakan suatu proses yang kompleks, melibatkan interaksi elektrik, panas, mekanik dan fenomena metalurgi, di mana setiap parameter proses memiliki pengaruh

terhadap kualitas dan karakteristik hasil lasan. Masalah yang sering dihadapi pada metode ini adalah kualitas hasil las atau *nugget* yang terbentuk. Kualitas las tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kualitas permukaan logam dan perubahan dimensi (deformasi) dari elektroda yang digunakan seperti mengalami keausan.

Metode pengelasan ini menggunakan elektroda sebagai penghantar arus listrik yang terbuat dari paduan tembaga. Umumnya, elektroda logam tembaga tersebut dipadukan dengan logam lain untuk meningkatkan kekuatan mekanisnya. Lembaran baja lapis seng merupakan salah satu jenis material yang banyak digunakan pada industri otomotif. Proses fabrikasinya banyak menggunakan teknologi pengelasan titik. Las titik yang digunakan pada umumnya berskala besar dan hanya digunakan pada satu macam pengelasan saja, maka dari itu dibutuhkan

suatu mesin las titik berskala kecil yang mampu las titik, *soldering, brazing*.

Dari penjabaran diatas maka kami merancang mesin pendingin pada mesin las titik yang terkait dengan konsep, dimana mesin las titik stationer yang telah dimiliki dimodifikasi dengan adanya mesin pendingin tersebut. Dalam pembuatan mesin tersebut, hal pertama yang menjadi pusat perhatian kami adalah memodifikasi model mesin pendingin dari mesin las jenis lain yang sudah ada dan terkonsep sebelumnya sehingga menjadi ciri khas tersendiri dan mampu menghasilkan kinerja mesin yang baik. Mesin Las titik telah memiliki saluran pendingin didalamnya sehingga modifikasi mesin las tersebut hanya ditujukan pada mesin pendingin.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut: "Bagaimana rancang bangun (modifikasi) mesin pendingin pada mesin las stationer menggunakan sistem *closed flow*?"

Tujuan Perencanaan

Sesuai dengan permasalahan yang dihadapi, maka tujuan dari Perancangan Rancang Bangun (Modifikasi) Mesin Pendingin pada mesin las stationer menggunakan Sistem *Closed Flow* adalah sebagai berikut: "Dapat merancang dan membuat rancang bangun mesin pendingin pada mesin las *stationer* menggunakan sistem *closed flow* dengan perencanaan yang baik."

Batasan Masalah

Dalam rancang bangun mesin pendingin pada mesin las *stationer* menggunakan sistem *closed flow*, batasan masalah yang diambil, yaitu:

- 1) Hanya membahas proses perancangan rancang bangun mesin pendingin pada mesin las *stationer* menggunakan sistem *closed flow*.
- 2) Hanya membahas skema pendinginan pada sistem *closed flow*.

- 3) Hanya membahas perakitan dan pembuatan rancang bangun mesin pendingin pada mesin las *stationer* menggunakan sistem *closed flow*.

Target Luaran

Target Luaran yang dapat dihasilkan dari penelitian rancang bangun mesin pendingin pada mesin las *stationer* menggunakan sistem *closed flow* ini yaitu:

1. Produk rancang bangun (modifikasi) mesin pendingin pada mesin las *stationer* menggunakan sistem *closed flow*.
2. Publikasi ilmiah dari rancang bangun (modifikasi) mesin pendingin pada mesin las *stationer* menggunakan sistem *closed flow*.

TINJAUAN PUSTAKA

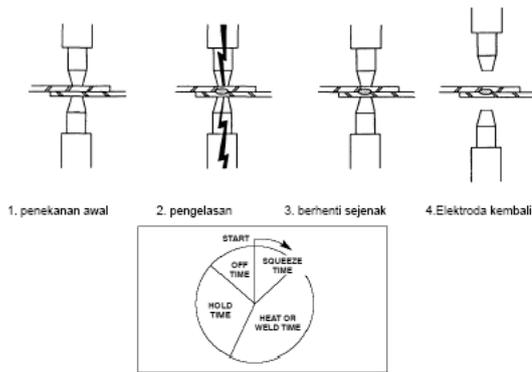
Penelitian sebelumnya

Penelitian oleh Gedeon dan Edgar terhadap variasi material dan modifikasi proses agar memperoleh kondisi yang tepat untuk pengelasan titik menunjukkan bahwa baja dengan lapisan seng yang lebih tipis memiliki rentang kondisi aplikasi yang lebih baik dibandingkan dengan baja galvanis penuh.

Penelitian untuk mengkaji pengaruh lapisan tipis timah putih (Sn) berbentuk lapisan intermetalik Cu_3Sn di bagian ujung elektroda (*electrode tip*) dalam aplikasi pengelasan titikbaja galvanis. Variabel utama yang diberikan pada penelitian ini adalah beda ketebalan lapisan tersebut. Hasil pengamatan dan pengujian menunjukkan bahwa pemberian lapisan intermetalik Cu_3Sn pada ujung elektroda dengan ketebalan terbatas, khusus dalam penelitian ini kurang dari $1 \mu m$, menghasilkan kuat tarik geser dan ukuran diameter nugget yang relatif sama (*comparable*) dengan nilai kuat tarik geser hasil las titik menggunakan elektroda tanpa lapisan intermetalik Cu_3Sn . (kurniawan, 2010)

Las Resistensi

Resistance Welding atau Las Tahanan merupakan salah satu pengembangan teknologi industri secara cepat dan efisien untuk menyambungkan pelat. Penyambungan



Gambar 2. Periode Waktu Pengelasan

d. Luas penampang elektroda (*contact area*)
 Luas penampang elektroda sangat menentukan hasil pengelasan.

Sumber panas pada pengelasan resistansi listrik

Energi panas yang diberikan pada operasi pengelasan tergantung pada aliran arus listrik, resistansi rangkaian, dan panjang waktu arus dialirkan, seperti rumus berikut ini.

$$H = I^2 R t \quad (2.1)$$

dimana : H = panas yang dihasilkan,

W -sec. atau J ($1 J = 1/1055 Btu$);

I = arus listrik, A ;

R = resistansi listrik, Ω ;

t = waktu, detik (sec.)

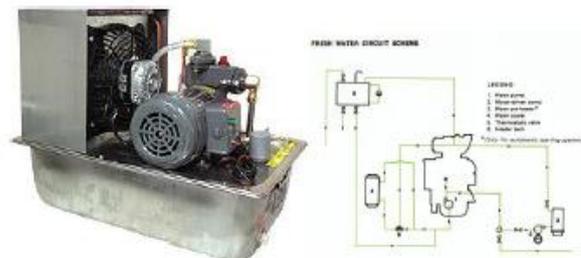
Arus yang digunakan dalam pengelasan resistansi listrik ini sangat besar (umumnya, 5000 sampai dengan 20.000 A), tetapi tegangan relatif rendah (biasanya di bawah 10 V). Panjang waktu arus dialirkan pada umumnya sangat singkat, untuk pengelasan titik sekitar 0,1 sampai dengan 0,9 detik. Alasan mengapa diperlukan arus sangat besar, adalah :

1. bilangan kuadrat dalam rumus di atas menyatakan bahwa arus mempunyai pengaruh yang besar terhadap besarnya panas yang dihasilkan,
2. resistansi listrik dalam rangkaian sangat rendah (sekitar 0,0001 Ω).
3. Resistansi listrik dalam rangkaian merupakan penjumlahan antara :
4. resistansi pada kedua elektrode,
5. resistansi pada kedua lembaran benda kerja,
6. resitansi permukaan kontak antara elektrode dan benda kerja,

7. resitansi permukaan kontak antara benda kerja dengan benda kerja yang lain.
8. Kondisi yang ideal bila resistansi terbesar dihasilkan oleh permukaan kontak ke dua benda kerja, sehingga panas tertinggi dihasilkan pada lokasi ini, sesuai dengan yang diharapkan. Resistansi pada permukaan kontak ini tergantung pada penyelesaian permukaan, kebersihan (tidak ada cat, minyak, dan pengotoran yang lain), daerah kontak, dan tekanan.

Mesin Pendingin Las

Pada proses pengelasan titik, elektroda sangat berperan sebagai penghantar arus untuk menyambung material yang umumnya berupa lembaran baja tipis. Mutu dari hasil pengelasan di samping tergantung dari pengerjaan lasnya sendiri juga sangat tergantung dari persiapannya sebelum pelaksanaan pengelasan. karena itu persiapan pengelasan harus mendapatkan perhatian dan pengawasan yang sama dengan pelaksanaan pengelasan. Persiapan umum dalam pengelasan meliputi penyediaan bahan, pemilihan mesin las, penunjukan juru.las, penentuan alat perakit dan beberapa hal lainnya lagi.



Gambar 3. Mesin Pendingin pada mesin Las TIG

Beberapa hal lain yang juga berpengaruh pada hasil pengelasan itu sendiri yaitu sistem pendinginan. Sistem pendingan berfungsi untuk menjaga suhu optimal pada pengelasan. Dengan suhu yang optimal maka hasil lasan dapat diperoleh sesuai dengan standar. Akibat tidak terdapatnya system pendinginan maka elektroda atau komponen pengelas akan mudah aus dikarenakan suhu yang semakin lama semakin tinggi dan tanpa

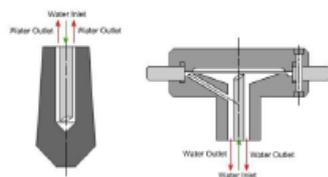
diimbangi dengan pendinginan. Pada gambar dibawah ditunjukkan sebuah mesin pendingin las yang digunakan pada mesin las TIG. Dari konsep inilah peneliti akan mencoba merancang mesin pendingin pada alas Titik.

Sistem Closed Flow

Sistem pendinginan memiliki banyak metode atau system diantaranya adalah system aliran terbuka dan system aliran tertutup. Sistem aliran terbuka yaitu merupakan sirkulasi pendinginan baik menggunakan media air, udara atau yang lain dimana input dan output terpisah. Dengan kata lain system terbuka yaitu system pendinginan yang tidak berhubungan (output dari pendinginan tidak digunakan lagi pada input). Sedangkan sistem aliran tertutup (*Closed Flow*) merupakan kebalikan dari sistem terbuka dimana output dari pendinginan digunakan kembali pada input dan terus berputar sampai proses pengelasan selesai.

Aliran Pendinginan pada Elektorde Las Titik

Dalam mesin las titik komponen utama yang sangat membutuhkan pendinginan adalah elektroda las titik. Hal ini dikarenakan elektroda merupakan komponen penyambung (berupa tahanan listrik) yang menimbulkan panas pada suhu tertentu. Oleh sebab itu sebagian besar desain dari elektroda las titik didesain dengan sistem pendinginan berupa *hole (lubang pendinginan)* seperti pada gambar 2.9. berikut.



Gambar 4. Aliran pendinginan pada elektrode las titik

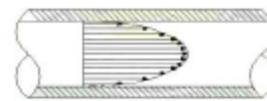
Aliran Fluida

Aliran fluida biasanya ditunjukkan dalam kecepatan dan kapasitas, hal ini berhubungan dengan penampang yang

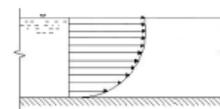
dilalui fluida tersebut. Adapaun beberapa hal tersebut diuraikan pada bagian dibawah ini.

a. Kecepatan dan Kapasitas Fluida

Penentuan kecepatan di sejumlah titik pada suatu penampang memungkinkan untuk membantu dalam menentukan besarnya kapasitas aliran sehingga pengukuran kecepatan merupakan fase yang sangat penting dalam menganalisa suatu aliran fluida. Bentuk kecepatan yang digunakan pada aliran fluida umumnya menunjukkan kecepatan yang sebenarnya jika tidak ada keterangan lain yang disebutkan (Soetanto, 2010).



Gambar 5. Profil Kecepatan Pada Saluran Tertutup
Sumber: Sagala, 2008



Gambar 6. Profil Kecepatan Pada Saluran Terbuka
Sumber: Sagala, 2008

Besarnya kecepatan akan mempengaruhi besarnya fluida yang mengalir dalam suatu selang. Jumlah dari aliran fluida dinyatakan sebagai volume, berat atau massa fluida dengan masing-masing laju aliran ditunjukkan sebagai aliran volume (m^3/s), laju aliran berat (N/s) dan laju aliran massa (kg/s). Kapasitas aliran (Q) untuk fluida yang inkompressible yaitu (Soetanto, 2010):

$$Q = A \cdot v \quad (2.1)$$

dimana:

- Q = Laju aliran volume (m^3/s).
- A = Luas penampang aliran (m^2).
- v = Kecepatan aliran fluida (m/s).

Laju aliran berat fluida (G) dirumuskan sebagai:

$$G = \gamma \cdot A \cdot v \quad (2.2)$$

dimana:

- G = Laju aliran berat fluida (N/s).
- γ = Berat jenis fluida (N/m^3).

Laju aliran massa (M) dinyatakan sebagai:

$$M = \rho \cdot A \cdot v \quad (2.3)$$

dimana:

M = Laju aliran massa fluida (kg/s).
 ρ = Massa jenis fluida (kg/m³).

b. Energi dan Head

Energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh aliran fluida karena adanya perbedaan ketinggian fluida dengan tempat jatuhnya. Energi potensial (E_p) dirumuskan sebagai berikut (Soetanto, 2010):

$$E_p = W \cdot z \tag{2.4.}$$

dimana:

W = Berat fluida (N).
 z = Beda ketinggian (m).

Energi kinetik menunjukkan energi yang dimiliki oleh fluida karena pengaruh kecepatan yang dimilikinya. Energi kinetik dirumuskan sebagai berikut (Soetanto, 2010):

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

dimana:

m = Massa fluida (kg).
 v = Kecepatan aliran (m/s).

Energi tekanan atau disebut juga energi aliran adalah jumlah kerja yang dibutuhkan untuk memaksa elemen fluida bergerak pada jarak tertentu dan berlawanan dengan tekanan fluida. Besarnya energi tekan (E_f) dirumuskan sebagai berikut (Soetanto, 2010):

$$E_f = \rho \cdot A \cdot L \tag{2.6.}$$

dimana:

ρ = Tekanan yang dialami oleh fluida (N/m²).
 A = Luas penampang aliran (m²).
 L = Panjang selang (m).

Besarnya energi tekanan dapat juga dirumuskan sebagai berikut:

$$E_f = \rho \cdot \frac{W}{\gamma}$$

dimana:

ρ = Tekanan yang dialami oleh fluida (N/m²).
 W = Berat fluida (N).
 γ = Berat jenis fluida (N/m³).

Total energi yang terjadi merupakan penjumlahan dari ketiga macam energi diatas, dirumuskan sebagai berikut (Soetanto, 2010):

$$E = Wz + \frac{1}{2} \cdot \frac{Wv^2}{g} + \frac{\rho W}{\gamma}$$

Persamaan ini dapat dimodifikasi untuk menyatakan total energi dengan head (H) dengan membagi masing-masing variabel di sebelah kanan dengan W (berat fluida), dirumuskan sebagai berikut (Soetanto, 2010):

$$H = z + \frac{v^2}{2g} + \frac{\rho}{\gamma}$$

c. Persamaan Energi

Hukum kekekalan energi menyatakan energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan namun energi dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain. Energi yang ditunjukkan dari persamaan energi total diatas, atau dikenal sebagai head pada suatu titik dalam aliran *steady* adalah sama dengan total energi pada titik lain sepanjang aliran fluida tersebut. Hal ini berlaku selama tidak ada energi yang ditambahkan ke fluida atau yang diambil dari fluida. Konsep ini dinyatakan dalam bentuk persamaan yang disebut persamaan Bernoulli (Soetanto, 2010):

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \tag{2.10}$$

dimana:

P_1 dan P_2 = Tekanan pada titik 1 dan 2.
 v_1 dan v_2 = Kecepatan aliran pada titik 1 dan 2.
 z_1 dan z_2 = Perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2.
 γ = Berat jenis fluida.
 g = Percepatan gravitasi = 9,8 m/s².

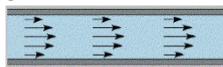
Persamaan di atas digunakan untuk menyatakan jika diasumsikan tidak ada kehilangan energi antara dua titik yang terdapat dalam aliran fluida, namun biasanya terdapat *head losses* diantara dua titik. Jika *head losses* ini dinotasikan dengan "hl" maka persamaan Bernoulli diatas dapat ditulis menjadi persamaan baru dimana dirumuskan sebagai:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + hl$$

Persamaan diatas dapat digunakan untuk menyelesaikan banyak permasalahan tipe aliran, biasanya untuk fluida *inkompressible* tanpa adanya panas tambahan. Namun persamaan ini tidak dapat digunakan untuk menyelesaikan aliran fluida yang mengalami penambahan energi untuk menggerakkan fluida oleh peralatan mekanik, misalnya pompa, turbin, dan peralatan lainnya.

d. Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran fluida yang mengalir di dalam selang/pipa dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe yaitu aliran laminer dan aliran turbulen. Aliran dikatakan laminer jika partikel-partikel fluida yang bergerak mengikuti garis lurus yang sejajar selang dan bergerak dengan kecepatan sama. Aliran disebut turbulen jika tiap partikel fluida bergerak mengikuti lintasan sembarangan di sepanjang selang dan hanya gerakan rata-rata saja yang mengikuti sumbu selang (Soetanto, 2010).



Gambar 7. Aliran Laminer



Gambar 8. Aliran Turbulen

Sumber: Sumber: Anonim (2013)

Dalam menentukan atau mengetahui tipe aliran harus melakukan perhitungan Reynold dengan mengetahui parameter-parameter yang diketahui besarnya. Bilangan Reynold (Re) dapat dihitung dengan persamaan (Soetanto, 2010):

$$Re = \frac{\rho d v}{\mu}$$

diamana:

- ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3).
- d = Diameter selang (m).
- v = Kecepatan aliran fluida (m/s).
- μ = Viskositas dinamik fluida ($Pa.s$).

Karena viskositas dinamik dibagi dengan massa jenis fluida merupakan

viskositas kinematik (ν) maka bilangan Reynold dapat juga dinyatakan:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ sehingga } Re = \frac{d v}{\nu}$$

Aliran fluida akan laminer jika bilangan Reynold kurang dari 2000 dan akan turbulen jika bilangan Reynold lebih dari 4000. Jika bilangan Reynoldnya antara 2000-4000 maka disebut aliran transisi (Soetanto, 2010).

e. Kerugian Head (Head Loss)

Head loss adalah kerugian per satuan berat fluida dalam pengaliran cairan dalam selang. *Head loss* terdiri dari (Soetanto, 2010):

1. *Mayor head loss (major losses)*.

Mayor head loss merupakan kerugian sepanjang saluran selang dinyatakan dengan rumus:

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dimana:

h_{lp} = *Mayor losses*.

f = Faktor gesekan (diperoleh dari diagram Moody).

L = Panjang selang (m).

V = Kecepatan rata-rata cairan dalam selang (m/s).

d = Diameter dalam selang (m).

g = Percepatan gravitasi.

Tabel 1. Nilai Kekerasan Dinding Untuk Berbagai selang/Pipa Komersil

Bahan	Kekasaran	
	Ft	M
Riveted Steel	0,003 - 0,03	0,0009 - 0,009
Concrete	0,001 - 0,001	0,0003 - 0,003
Wood Stave	0,0006 - 0,003	0,0002 - 0,0009
Cast Iron	0,00085	0,00026
Galvanized Iron	0,0005	0,00015
Asphalted Cast Iron	0,0004	0,0001
Commercial Steel or Wrought Iron	0,00015	0,000046
Drawn Brass or Copper Tubing	0,000005	0,0000015
Glass and Plastic	*Smooth*	*Smooth*

Sumber: Jack B. Evett, Cheng Liu.

Diagram Moody digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida di dalam selang dengan menggunakan faktor gesekan selang (f). Untuk aliran laminer dimana bilangan Renold kurang dari 2000, faktor gesekan dihubungkan dengan bilangan Reynold, dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re}$$

2. *Minor head loss (minor losses).*

Kerugian ini terjadi karena kelengkapan selang seperti belokan, siku, katup, dan lain sebagainya. Besarnya kerugian minor akibat adanya kelengkapan pipa dirumuskan sebagai:

$$h_{lf} = \sum n \cdot k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dimana:

h_{lf} = Minor losses.

n = Jumlah *fitting/valve* untuk diameter yang sama.

k = Koefisien gesekan.

v = Kecepatan aliran fluida dalam pipa.

g = Percepatan gravitasi.

3. Total losses

Total losses merupakan kerugian total dari sistem, dirumuskan sebagai:

$$h_l = f \cdot \frac{L_e}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$h_{ls} = h_{lp} + h_{lf}$ atau

dimana:

h_l = Total losses.

h_{lp} = Jumlah mayor losses (kerugian gesekan pipa dalam).

h_{lf} = Jumlah minor losses (kerugian pada *fitting* dan *valve*).

L_e = Panjang ekuivalensi *fitting* dan *valve* + panjang pipa.

i. Kerugian Head dalam Jalur selang/pipa

Dalam aliran melalui jalur pipa, kerugian juga akan terjadi apabila ukuran selang, bentuk penampang atau arah aliran berubah. Kerugian *head* di tempat-tempat transisi yang demikian itu dapat dinyatakan secara umum dengan rumus (Sularso, et al, 2006).

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan:

v = Kecepatan rata-rata di dalam pipa (m/s).

f = Koefisien kerugian.

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²).

h_f = Kerugian *head*.

Cara menentukan harga f untuk berbagai bentuk transisi pipa akan diperinci seperti di bawah ini.

1. Ujung masuk pipa.

Jika “ v ” menyatakan kecepatan aliran setelah masuk pipa, maka harga koefisien kerugian f dari rumus (2.19) untuk berbagai bentuk ujung masuk pipa menurut Weishbach sebagai berikut (Sularso, et al, 2006):

a. $f = 0,5$

b. $f = 0,25$

c. $f = 0,06$ (untuk r kecil) sampai 0.005 (untuk r besar)

d. $f = 0,56$

e. $f = 3,0$ (untuk sudut tajam) sampai 1,3 (untuk sudut 45°)

f. $f = f_1 + 0,3 \cos\theta + 0,2 \cos^2\theta$

dimana f_1 adalah koefisien bentuk dari ujung masuk dan menghasilkan harga (i) sampai (v) sesuai dengan bentuk yang dipakai.

2. Koefisien kerugian pada belokan pipa.

Ada dua macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung dan belokan patah (*miter* atau *multi-piece band*). Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus Fuller di mana f dari persamaan 2.19 dinyatakan sebagai berikut (Sularso, et al, 2006):

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

dimana:

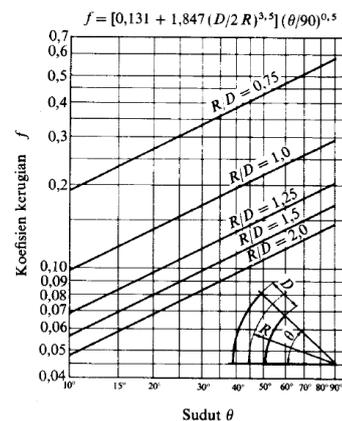
D = Diameter dalam pipa (m).

R = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m).

θ = Sudut belokan (derajat).

f = Koefisien kerugian.

Hubungan di atas digambarkan dalam diagram seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 9. Koefisien Kerugian Pada Belokan

Sumber: Sularso, et al, 2006

Dari percobaan Weishbach dihasilkan rumus yang umum dipakai untuk belokan patah sebagai berikut:

$$f = 0,946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\theta}{2}$$

dimana:

θ = Sudut belokan.

f = Koefisiensi kerugian.

Hubungan antara sudut dan koefisien kerugian diberikan dalam tabel 2.2. Adapun koefisien kerugian untuk belokan patah dengan potongan banyak (*multipiece*) diberikan pada tabel 2.3. (Sularso, *et al*, 2006).

Tabel 2. Koefisien Kerugian Belokan Pipa

θ°	5	10	15	22,5	30	45	60	90
f Halus	0,016	0,034	0,042	0,066	0,130	0,236	0,471	1,129
f Kasar	0,024	0,44	0,062	0,154	0,165	0,320	0,684	1,295

Sumber: Sularso, *et al*, 2006

3. Percabangan dan pertemuan selang.

Dalam masalah percabangan dan pertemuan selang, tidak ada hasil percobaan yang dapat diterima secara umum. Kerugian *head* untuk percabangan, gambar 2.32 (a), dapat dinyatakan dengan rumus:

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_1^2}{2g} \quad h_{f1-2} = f_2 \frac{v_1^2}{2g}$$

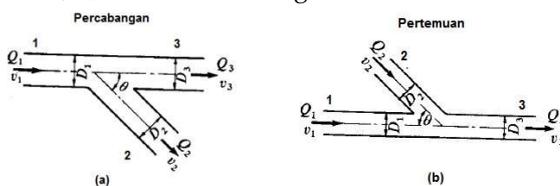
dimana:

h_{f1-3} = Kerugian *head* cabang dari 1 ke 3 (m).

h_{f1-2} = Kerugian *head* cabang dari 1 ke 2 (m).

v_1 = Kecepatan di 1 sebelum percabangan (m/s).

f_1, f_2 = koefisien kerugian.



Gambar 10. Percabangan dan Pertemuan Pipa

Sumber: Sularso, *et al*, 2006

Kerugian *head* untuk pertemuan, gambar 2.32 (b) dapat dinyatakan dengan rumus:

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_3^2}{2g} \quad h_{f2-3} = f_2 \frac{v_3^2}{2g}$$

dimana:

h_{f1-3} = Kerugian *head* temu dari 1 ke 2 (m).

h_{f2-3} = Kerugian *head* temu dari 2 ke 3 (m).

v_3 = Kecepatan di 3 setelah pertemuan (m).

f_1, f_2 = Koefisien kerugian.

Koefisien kerugian percabangan dan pertemuan pada rumus-rumus diatas diberikan pada tabel dibawah ini. Harga-harga dalam tabel ini adalah untuk jari-jari lengkung $R = 0$ pada perpotongan antara kedua bagian pipa. Koefisien kerugian ini dapat banyak dikurangi jika pada perpotongan diberi jari-jari lengkung.

METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan Penelitian

Langkah-langkah dalam pembuatan rancang bangun modifikasi mesin pendingin pada mesin las titik *stationer* sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Tahapan awal adalah melakukan pengumpulan data dengan tujuan untuk merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan penelitian ini.

Tahap 2. Perancangan dan pembuatan alat

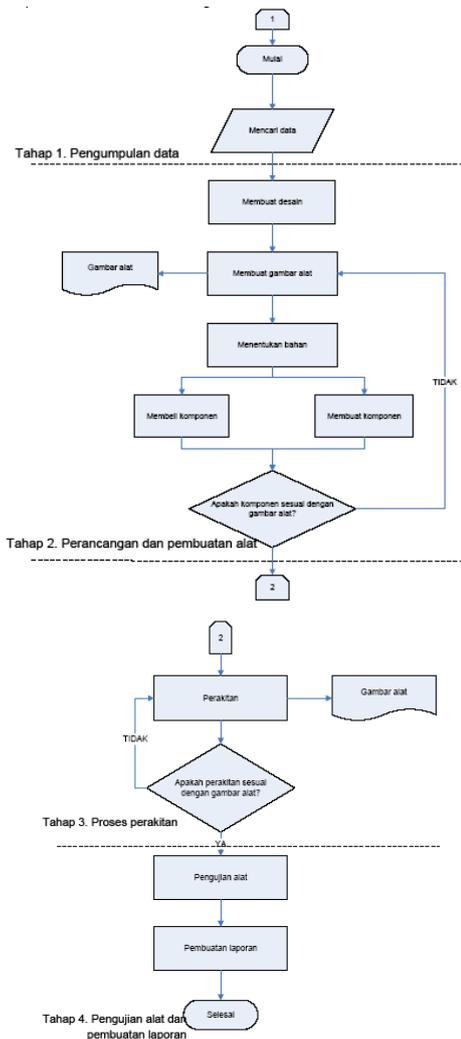
Pada tahap ini dilakukan pemodelan sistem dari data yang sudah ada dari hasil pengumpulan data sehingga data tersebut dapat dijadikan acuan dalam proses berikutnya.

Tahap 3. Proses perakitan

Pada tahap ini dilakukannya perakitan rancang bangun mesin pendingin mesin las yang sesuai dengan desain yang di buat.

Tahap 4. Pengujian alat

Pada tahap ini akan diberikan data-data hasil percobaan yang akan di buat didalam penelitian dan akan dilakukan pengujian sekaligus analisa dari sistem keseluruhan panas pengelasan dan laju pendinginan yang secara keseluruhan berfungsi.



Gambar 11. Diagram alir
Sumber: Penulis (2013)

Tahap 5. Proses pembuatan laporan

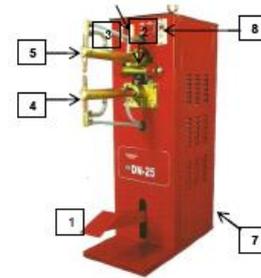
Proses perencanaan penelitian dengan rancang bangun mesin pendingin pada mesin las titik.

Lokasi dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di kampus politeknik kediri, dengan pembagian tahapan; di perpustakaan politeknik kediri, laboratorium dan bengkel program studi perawatan dan perbaikan.

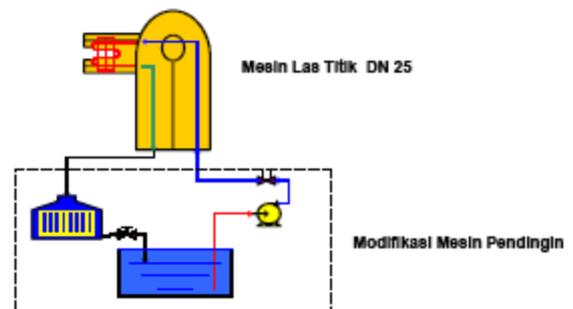
Model yang Digunakan

Rencana desain rancang bangun mesin pendingin pada mesin las titik adalah sebagai berikut:



1. Pegas untuk mengembalikan posisi elektroda
2. Tombol pengatur panas pengelasan
3. Saklar pemutus arus
4. Batang penyangga
5. Lengan atas
6. Elektroda
7. Saluran input dan output (air pendingin)
8. Pengatur waktu pengelasan (timer)

Gambar 12. Mesin Las titik Portable DN 25



Gambar 13. Rencana Sistem Pending pada mesin Pendingin Las DN25

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan

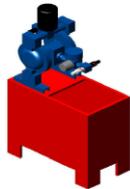
Pada proses pembuatan modifikasi mesin pendingin pada mesin las titik terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Mempersiapkan gambar kerja.
2. Mempersiapkan bahan yang akan digunakan.
3. Mempersiapkan mesin yang akan digunakan.
4. Mempersiapkan alat yang akan digunakan.
5. Proses pembuatan alat yang akan dikerjakan.
6. Proses perakitan.

Adapun tindakan yang dilakukan untuk keselamatan kerja dalam proses pembuatan rancang bangun mesin pendingin adalah melakukan proses kerja sesuai standar K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja). Langkah-langkah dalam pengerjaan sebagai berikut:

1. Persiapan Gambar Kerja.

Tahapan ini merupakan tahapan awal dalam proses pengerjaan pembuatan rangka dan instalasi sistem pmesin pendingi. Persiapan ini sangatlah penting karena gambar kerja diperlukan untuk pemahaman proses pembuatan alat tersebut.



Gambar 14. Desain Mesin Pendingin pada alas titik

Sumber: dokumen Penulis, 2013

2. Persiapan Bahan.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka bak air adalah besi siku ukuran 4 x 4 cm dengan tebal 2 mm dan bahan bak air adalah besi pelat dengan tebal 3 mm yang mempunyai dimensi panjang 38 cm, lebar 20 cm dan t 2 mm.

3. Mesin dan Alat yang digunakan.

Mesin yang digunakan dalam proses pembuatan bak air pendingin sebagai berikut:

- Las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*).
- Gerinda halus.
- Gerinda potong.
- Mesin bor tangan.

4. Proses Pembuatan.

Dalam proses pembuatan rancang bangun mesin pendingin dibedakan menjadi 3 bagian yaitu:

a. Rangka.

Dalam proses pembuatan rangka langkah-langkah yang dilakukan adalah:

b. Bak air.

Bak air dibuat dari plat dengan tebal 2 mm dengan ukuran panjang 80 cm, lebar 52 cm dan tinggi 20 cm. Dalam proses penyambungannya menggunakan las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*).

5. Proses Perakitan.

Proses selanjutnya setelah proses pembuatan adalah proses perakitan yaitu merangkai bagian-bagian sesuai dengan gambar perencanaan. Dan selanjutnya pemasangan pompa.

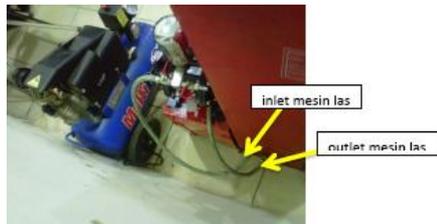
Mesin Pendingin yang telah dirakit

Mesin pendingin yang telah dirakit berikut ini menggunakan pompa air diafragma yang memiliki keunggulan dan ciri khas sebagai pompa air. Pompa air diafragma ini dapat tahan terhadap korosi dan memiliki daya pompa yang konstan tergantung tekanan yang diperoleh dari kompresor penggerakannya.



Gambar 15. Modifikasi Mesin pendingin pada Mesin las titik Stationer

Prinsip Kerja Mesin pendingin ini yaitu terdiri dari mesin pompa air, kompresor penggerak pompa, bak air penampungan dan perlengkapan lainnya. Prinsipnya pertamanya yaitu air yang berada di bak air akan dipompa oleh pompa diafragma melalui selang masuk menuju ke inlet pompa, kemudian air tersebut didorong oleh *vane (impeller)* dari pompa tersebut dengan cara ditekan oleh udara yang berasal dari kompresor. Air tersebut didorong menuju outlet pompa menuju inlet mesin las melalui selang masuk. Air yang telah masuk tersirkulasi menuju kedua arah, yang pertama tersirkulasi ke tuas las (elektroda) bagian atas yang didinginkan dan tuas bagian bawah. Setelah air tersirkulasi (mendinginkan tuas) maka air akan mengalir menuju outlet mesin las. Dari outlet mesin las air didorong kembali masuk kedalam bak air. Hal tersebut terjadi berulang-ulang sampai penggunaan mesin pendingin dimatikan. Sirkulasi tersebut itulah yang dinamakan dengan "*system closed flow*".



Gambar 16. Mesin pendingin tampak dari belakang

Analisa Panas Pengelasan pada Elektrode Las titik

Energi panas yang diberikan pada operasi pengelasan tergantung pada aliran arus listrik, resistansi rangkaian, dan panjang waktu arus dialirkan, seperti rumus berikut ini.

Tabel 3. Panas pengelasan Titik

I (Ampere)	P (Ampere kuadrat)	R (ohm)	t (detik)	H (Joule)
1	1	4	0,1	40
2	4	4	0,1	160
3	9	4	0,1	360
4	16	4	0,1	640
5	25	4	0,1	1000
6	36	4	0,1	1440
7	49	4	0,1	1960
8	64	4	0,1	2560
1	1	4	0,3	120
2	4	4	0,3	480
3	9	4	0,3	1080
4	16	4	0,3	1920
5	25	4	0,3	3000
6	36	4	0,3	4320
7	49	4	0,3	5880
8	64	4	0,3	7680
1	1	4	0,7	280
2	4	4	0,7	1120
3	9	4	0,7	2520
4	16	4	0,7	4480
5	25	4	0,7	7000
6	36	4	0,7	10080
7	49	4	0,7	13720
8	64	4	0,7	17920
1	1	4	0,9	360
2	4	4	0,9	1440
3	9	4	0,9	3240
4	16	4	0,9	5760
5	25	4	0,9	9000
6	36	4	0,9	12960
7	49	4	0,9	17640
8	64	4	0,9	23040

Sumber: Dokumen penulis, 2013

$$H = I^2 R t$$

dimana :H = panas yang dihasilkan, W-sec. atau J (1 J= 1/1055 Btu);

I = arus listrik, A;

R = resistansi listrik, Ω;

t = waktu, detik (sec.)

Dari persamaan diatas dapat diaplikasikan pada mesin las titik stationer, dimana pada spesifikasi mesin las titik tersebut memiliki waktu maksimal pengelasan sampai dengan 0,9 detik, dan arus listrik 8 (dalam 10.000 Ampere kuadrat), sedangkan resistansinya 4 (dalam 0,0001 ohm), Sehingga diperoleh panas pengelasan kuat arus dan tahanan menjadi 1 watt sebagai berikut.

Dari tabel dibawah maka dapat diketahui bahwa energy panas tertinggi adalah pada arus 8 (dalam 10.000 ampere kuadrat), resistensinya 4 (dalam 0,0001ohm), dan waktu pengelasan 90 detik diperoleh energy panas sebesar 23.040 joule atau 23.040 watt per detik atau 23,04 kW.

Analisa Data Sistem Laju Air Pendingin

Mesin pendingin rancang bangun mesin pendingin dibuat dengan tujuan untuk alat bantu proses pembelajaran khususnya untuk mengetahui kerugian mayor dan minor pada sistem selang. Berikut adalah analisa sistem aliran pada selang:

1. Kecepatan dan Kapasitas Fluida.

Diketahui:

Q = Laju aliran volume (m³/s).

A = Luas penampang aliran (m²).

v = Kecepatan aliran fluida (m/s).

Berdasarkan persamaan

$$Q = A \cdot v$$

Asumsi:

- a. Untuk selang 1/4 inchi.

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0005}{0,001}$$

$$v = 0,5 \text{ m/s}$$

2. Energi dan Head.

Diketahui:

W = Berat fluida (N)

z = Beda ketinggian (m)

- a. Berdasarkan Persamaan energi potensial adalah

$$E_p = W \cdot z$$

$$E_p = 18 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0$$

$$E_p = 0.$$

- b. Berdasarkan persamaan energi kinetik adalah

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$m = \text{Massa fluida (Kg)}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/s)}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 18 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m/s}$$

$$E_k = 4,5$$

3. Jenis Aliran.

Berdasarkan persamaan

$$Re = \frac{\rho d v}{\mu}$$

$$Re = \frac{18 \cdot 0,019 \cdot 0,5}{0,0008}$$

$$Re = 0,171$$

Karena bilangan Reynold kurang dari 4000 maka jenis alirannya adalah laminar.

dimana:

$$\rho = \text{Massa jenis fluida (kg/m}^3\text{)}.$$

$$d = \text{Diameter selang (m)}.$$

$$v = \text{Kecepatan aliran fluida (m/s)}.$$

$$\mu = \text{Viskositas dinamik fluida (Pa.s)}.$$

4. Kerugian Head (Head loss).

- a. Berdasarkan persamaan (2.14.)

kerugian *mayor* adalah

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dimana:

$$h_{lp} = \text{Mayor losses.}$$

$$f = \text{Faktor gesekan (diperoleh dari diagram Moody).}$$

$$L = \text{Panjang selang (m).}$$

$$v = \text{Kecepatan rata-rata cairan dalam selang (m/s).}$$

$$d = \text{Diameter dalam selang (m).}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi.}$$

Asumsi:

- i. Untuk selang ½ inchi.

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot \frac{0,67}{0,01} \cdot \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot 67 \cdot 1,27$$

$$h_{lp} = 0,613 \text{ m}$$

- b. berdasarkan persamaan kerugian minor adalah:

$$h_{lf} = \sum n \cdot k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{lf} = 21 \cdot 4 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{lf} = 21 \cdot 4 \cdot 0,05$$

$$h_{lf} = 4,2 \text{ m}$$

dimana:

$$h_{lf} = \text{Minor losses.}$$

$$n = \text{Jumlah fitting/valve untuk diameter yang sama.}$$

$$k = \text{Koefisien gesekan.}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran fluida dalam selang.}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi.}$$

5. Total losses.

Berdasarkan persamaan adalah:

$$h_{ls} = h_{lp} + h_{lf}$$

$$h_{ls} = 0,613 + 4,2$$

$$h_{ls} = 4,813 \text{ m}$$

dimana:

$$h_l = \text{Total losses.}$$

$$h_{lp} = \text{Jumlah mayor losses (kerugian gesekan selang dalam).}$$

$$h_{lf} = \text{Jumlah minor losses (kerugian pada fitting dan valve).}$$

6. Percabangan dan pertemuan selang.

Berdasarkan persamaan adalah

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_{f1-3} = 0,72 \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{f1-3} = 0,72 \cdot 0,031$$

$$h_{f1-3} = 0,0223$$

$$h_{f1-2} = f_2 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_{f1-2} = 0,72 \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{f1-2} = 0,72 \cdot 0,031$$

$$h_{f1-2} = 0,022$$

dimana:

$$h_{f1-3} = \text{Kerugian head temu dari 1 ke 2 (m).}$$

$$h_{f2-3} = \text{Kerugian head temu dari 2 ke 3 (m).}$$

$$v_3 = \text{Kecepatan di 3 setelah pertemuan (m).}$$

$$f_1, f_2 = \text{Koefisien kerugian.}$$

7. Kerugian head di katup.

Berdasarkan persamaan (2.29.) adalah

$$h_v = f_v \frac{v^2}{2g}$$

$$h_v = 0,09 \cdot \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_v = 0,09 \cdot 0,031$$

$$h_v = 0,0027$$

Keterangan:

v = Kecepatan rata-rata di penampang masuk katup (m/s).

f_v = Koefisien kerugian katup.

h_v = Kerugian *head* katup (m).

Dari data tabel 5.1 (tabel data beban *bending*) untuk kekuatan *bending* dihitung menggunakan rumus *bending* yang dapat ditentukan dengan persamaan :

material produk lain.

KESIMPULAN

Dari pembahasan rancang bangun mesin pendingin maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu; bahwa energi panas tertinggi adalah pada arus 8 (dalam 10.000 amper kuadrat), resistensinya 4 (dalam 0,0001ohm), dan waktu pengelasan 90 detik diperoleh energy panas sebesar 23.040 joule atau 23.040 watt per detik atau 23,04 kW. Kecepatan dan Kapasitas Fluida untuk selang 1/4 inchi adalah ($v = 0,5$ m/s), sesangkan energi potensial, ($E_p = 0$), energi kinetiknya adalah ($E_k = 4,5$), $Re = 0,171$ maka jenis alirannya adalah laminar karena bilangan Reynold kurang dari 4000. Kerugian *Head* (*Head loss*), kerugian *mayor* ($h_{lp} = 0,613$), kerugian *minor* ($h_{lf} = 4,2$ m), total *losses* ($h_{ls} = 4,813$ m), percabangan dan pertemuan selang ($h_{f1-2} = 0,022$), kerugian *head* di katup ($h_v = 0,0027$).

DAFTAR PUSTAKA

- Althouse, etc., *Modern Welding*, The Goodheart Wilcox Company, Inc. 2000
- Anonymous (2013). <http://www.usinenouvelle.com/pipe.html>. January, 24th, 2013.
- Anonymous (2013). <http://www.forgedflangesandfittings.com>. January, 24th, 2013.
- Awan. (2009). *Sains dan Teknologi*. <http://awan05.blogspot.com>, Diakses pada tanggal 27 Juli 2013
- BIDP, *Paket Pembelajaran dan Penilaian, "Welding and Thermal Cutting"*. Indonesia Australia Partnership for Skills Development, Maret 2001
- Daryanto, *Teknik Las*, Bandung: Penerbit Alfabeta, Februari 2012
- Maman Suratman, *Teknik Mengelas Asetelin, Brazing dan Las Busur Listrik*, Pustaka Grafika. Bandung, Mei 2007
- Maria F. Soetanto. (2010). *Mekanika Fluida*. Bandung: Penerbit Politeknik Negeri Bandung.
- Moniz and Miller., *Welding Skill*, Fourth Edition, American Technican Publisher, Inc. Orland Park, Illionis, 2010
- Khurmi R. S., Gupta. J. K. (2005). *A Textbook of Machine Desaign*. New Delhi: Eurasia Publising House Ltd.
- Raswari. (2007). *Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sularso, Haruo Tahara. (2006). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso and Suga, Kiyokatsu. (2008). *Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Lincoln Electric Company, *The Procedure Handbook of Arc Welding*, The Lincoln Electric Company, 1973
- Wahyu kurniawan. (2010).bagian II <http://www.scribd.com>. Diakses pada tanggal 25 Juli 2013
- Wirawan Sumbodo et al (2008). *Teknik Produksi Mesin Industri*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

PERENCANAAN PERAWATAN DAN PERBAIKAN CAR BRAKE SYSTEM TRAINER**Anang Septiantoni**

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin – Politeknik Kediri.

Abstrak

Alat peraga merupakan salah satu sarana yang digunakan untuk mendukung kegiatan dalam suatu kegiatan mengajar. Dengan menggunakan alat peraga, kegiatan mengajar akan bisa berjalan dengan baik. Hal ini sangat beralasan karena dengan alat peraga, para mahasiswa bisa mengaplikasikan teori yang diperoleh. Dalam proses pembuatan alat peraga diperlukan beberapa proses pengerjaan. Langkah-langkah proses pengerjaan itu meliputi perancangan dan pembuatan serta perencanaan perawatan dan perbaikan yang meliputi perencanaan jadwal perawatan dan perencanaan SOP. Dengan demikian kita bisa menentukan berapa estimasi biaya yang kita perlukan dalam pembuatan alat peraga tersebut. Alat peraga sistem pengereman mobil merupakan salah satu jenis sarana penunjang kegiatan belajar. Alat peraga ini sangat berguna sebagai alat peraga untuk menerapkan teori dalam mata kuliah. Berdasarkan perancangan yang dilakukan.

Kata Kunci: Perawatan, Perbaikan, Sistem Rem, Mobil.

PENDAHULUAN**Latar Belakang**

Mulai beberapa tahun ini pemerintah melalui Menteri Pendidikan dan Kebudayaan (Mendikbud) mencanangkan pendirian sekolah berbasis pendidikan vokasi. Pendidikan vokasi adalah pendidikan yang berjalan di bidang kejuruan seperti di tingkat sekolah menengah yaitu Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dan di tingkat perguruan tinggi yaitu Politeknik. Pemerintah sekarang membangun beberapa tempat pendidikan yang bersifat vokasi daripada pendidikan yang bersifat akademis. Pendidikan akademis adalah pendidikan yang berjalan di bidang akademik seperti di tingkat sekolah menengah yaitu Sekolah Menengah Atas (SMA) dan di tingkat perguruan tinggi yaitu Universitas. Standar yang digunakan di pendidikan vokasi ini sesuai dengan standar yang dibutuhkan oleh dunia kerja atau industri.

Alat peraga berfungsi untuk menggantikan mesin aslinya dengan model yang lebih ringkas. Alat peraga mempunyai

banyak sekali keunggulan seperti lebih praktis, lebih mudah dipahami, dan alat ini pasti lebih murah dibanding dengan aslinya. Jadi keberadaan alat peraga sangatlah dibutuhkan dalam dunia pendidikan vokasi khususnya Teknik Mesin. Salah satu bidang dalam Teknik Mesin khususnya Otomotif, yang sangat penting untuk dipelajari yaitu sistem rem. Sistem rem sangatlah penting bagi sebuah kendaraan, yaitu berfungsi untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan serta memberikan kemungkinan dapat memparkir kendaraan di tempat yang menurun. Sistem rem adalah sebuah sistem yang sangat penting dimana sistem ini digunakan untuk alat keselamatan pengendara. Sehingga dibutuhkan alat peraga sistem rem, yaitu untuk memberi pengetahuan tentang bagaimana merencanakan perawatan dan perbaikan sistem rem, khususnya pada mobil.

Perawatan adalah suatu kegiatan untuk mencegah sejak dini kerusakan-kerusakan yang akan terjadi dengan memeriksa peralatan secara periodik menggunakan

indera maupun alat canggih. Tujuan perawatan adalah mempertahankan sistem operasi pada kondisi siap kerja (Politeknik Kediri, 2009). Perbaikan adalah suatu kegiatan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi dengan mengganti komponen-komponen yang rusak. Oleh karena itu, pada Laporan Akhir ini akan dibahas mengenai perencanaan perawatan dan perbaikan sistem rem pada mobil. Alat ini akan digunakan sebagai alat peraga proses pembelajaran di Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri .

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut; "Bagaimana perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga sistem rem mobil?".

Batasan Masalah

Dalam perawatan dan perbaikan sistem rem mobil dibatasi beberapa persoalan sebagai berikut:

1. Tidak membahas perancangan dan pembuatan alat peraga sistem rem mobil.
2. Alat peraga ini menggunakan penggerak motor bakar.

Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan Laporan Akhir ini sebagai berikut: "Dapat merencanakan perawatan dan perbaikan alat peraga sistem rem mobil".

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Rem

Rem cakram diciptakan pada tahun 1902 dan dipatenkan oleh pembuat mobil *Birmingham Frederick William Lanchester*. Desain aslinya punya dua cakram yang menempel satu sama lain untuk menghasilkan gesekan dan memperlambat mobilnya ke bawah. Sampai tahun 1949 rem cakram

tidak muncul pada sebuah mobil produksi sekalipun. Akhirnya pada tahun 1954 meluncurkan Citroen DS yang si pertama. *semi-automatic gearbox, active headlights* dan *composite body panels* (Banaran, 2010)

Sistem rem dirancang untuk memperlambat dan menghentikan kendaraan atau memungkinkan parkir pada tempat yang menurun. Peralatan ini sangat penting untuk keamanan berkendara dan juga berhenti ditempat manapun, dan dalam berbagai kondisi dapat berfungsi dengan baik dan aman. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini biasanya diubah menjadi panas karena gesekan (Restu, 2010).

Prinsip Kerja Sistem Rem

Rem merupakan salah satu bagian kendaraan yang sangat penting pada sebuah kendaraan baik roda dua maupun roda empat yang saat ini banyak digunakan oleh masyarakat dari perkotaan sampai pedesaan. Rem ini dapat mengatur kecepatan ataupun menghentikan lajunya kendaraan sesuai dengan yang kita harapkan, pengaturan kecepatan ataupun diberhentikannya lajunya kendaraan ini diatur melalui suatu gesekan antara komponen rem dengan roda yang berputar (Andun *et al*, 2005).



Gambar 1. Rangkaian Rem pada Kendaraan
Sumber: Anonim (2013)

Syarat-syarat penggunaan sebuah rem sebagai berikut (Andun *et al*, 2005):

1. Dapat bekerja dengan cepat.
2. Apabila beban pada semua roda sama, maka daya pengereman harus sama

dengan atau gaya pengereman seimbang dengan beban yang diterima oleh masing-masing roda.

3. Dapat dipercaya dan mempunyai daya tahan cukup.
4. Mudah disetel dan diperbaiki pengemudi waktu pengereman.

Komponen Sistem Rem

Komponen sistem rem terdiri dari (Farid, 2000):

1. Master Silinder.

Master silinder (*master cylinder*) mengubah gerak pedal rem ke dalam tekanan hidraulik. Master silinder terdiri dari *reservoir tank*, yang berisi minyak rem, demikian juga piston dan silinder, yang membangkitkan tekanan hidraulik. Cara kerja pedal rem didasarkan pada prinsip tuas yang mengubah tekanan pedal rem yang kecil menjadi besar. (Restu, 2010):

2. Booster Rem.

Booster rem berfungsi untuk melipat gandakan (dua sampai empat kali) daya penekanan pedal rem, sehingga daya pengereman yang lebih besar dapat diperoleh. Tenaga penekanan pedal rem dari seorang pengemudi tidak cukup kuat untuk segera dapat menghentikan kendaraan. Booster rem melipat gandakan daya penekanan pedal, sehingga daya pengereman yang lebih besar dapat diperoleh. Booster rem dapat dipasang menjadi satu dengan master silinder (tipe integral) atau dapat juga dipasang terpisah dari master rem itu sendiri. Tipe integral ini banyak digunakan pada kendaraan penumpang dan truk kecil. Booster melipat gandakan tekanan yang di berikan pedal rem terasa ringan tetapi tekanan yang dihasilkan untuk proses pengereman besar.

3. Pedal Rem.

Pedal rem adalah median untuk menekan master silinder, master silinder akan menghasilkan tekanan hidraulis.

Cara kerja pedal rem didasarkan pada prinsip tuas yang mengubah tekanan pedal rem yang kecil menjadi besar.

Klasifikasi Rem

Berdasarkan penggunaannya di sebuah kendaraan, rem dibedakan menjadi dua yaitu rem kaki dan rem tangan. Berdasarkan pelayanannya, rem kaki diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu rem tromol dan rem cakram.

Rem Tromol

Rem tromol adalah salah satu konstruksi rem yang cara pengereman kendaraan dengan menggunakan tromol (*brake drum*), sepatu rem (*brake shoe*), dan silinder roda (*wheel cylinder*). Pada dasarnya tromol yang berputar ketika pengereman sepatu rem yang di dalam tromol akan bersentuhan di bagian dalam tromol dan menimbulkan gesekan (Andun *et al*, 2005).



Gambar 2.5. Rem Tromol

Sumber: Anonim (2013)

Berikut ini adalah nama dari komponen rem tromol yaitu (Andun *et al*, 2005):

1. Silinder Roda (*Wheel Cylinder*).

Fungsi dari silinder roda adalah untuk menekan sepatu rem (*brake shoe*) ke rem tromol (*brake drum*). Di dalam silinder roda terpasang satu atau dua buah piston beserta seal tergantung dari konstruksi rem tromolnya. Bila *brake* pedal diinjak, tekanan minyak rem dari master silinder disalurkan ke semua *wheel* silinder, tekanan didalam *wheel* silinder menekan piston ke arah luar dan selanjutnya piston menekan *brake shoe* menekan *brake shoe* menggesek tromol sehingga roda berhenti.

Bila brake pedal dilepas maka, *brake shoe* kembali ke posisi semula oleh tarikan pegas, roda bebas.

2. Sepatu Rem (*Brake Shoe*).

Sepatu rem (*brake shoe*) berfungsi untuk menahan putaran *brake drum* melalui gesekan. Pada bagian luar *brake shoe* terbuat dari asbes dengan tembaga atau campuran plastik yang tahan panas.



Gambar 2.7. Sepatu Rem dan Kanvas.

Sumber: www.motorplus.otomotifnet.com (2013)

3. Pegas Pengembali (*Return Spring*).

Pegas pengembali berfungsi untuk mengembalikan sepatu rem (*brake shoe*) ke posisi semula pada saat tekanan silinder roda turun.

4. *Backing Plate*

Backing plate berfungsi sebagai tumpuan untuk menahan putaran drum sekaligus sebagai dudukan silinder roda.



Gambar 2.9. *Backing Plate*

Sumber: www.thingsforthe thing.com (2013)

5. Piston Rem (*Piston Brake*).

Piston rem adalah komponen dalam *wheel cylinder* yang menerima tekanan dari minyak rem untuk diteruskan menekan kampas rem guna melakukan pengereman. Seperti telah dijelaskan di atas bahwa jumlah piston rem

dalam satu *wheel cylinder* hanya ada satu, yaitu ke arah penekanan kampas rem bagian depan.

6. Penyetel Rem.

Penyetel rem adalah komponen rem yang berguna mengatur jarak antara tromol dengan kampas rem. Pada tipe ini penyetel rem dipasangkan pada bagian bawah pada ujung kampas rem depan dan kampas rem belakang. Sementara bagian atas dari kampas rem depan dan belakang dipasangkan pada piston rem. Penyetel rem pada tipe rem tromol ini dibuat mengambang terhadap *backing plate*.

7. *Spring Retainer*.

Spring retainer adalah komponen rem yang berguna mengkaitkan kampas rem ke *backing plate*.

Semua rem memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan rem tromol sebagai berikut (Restu, 2010):

1. Kelebihan Rem Tromol.

Kelebihan rem tromol, adalah tidak gampang dimasuki kotoran karena posisinya tertutup, sehingga meringankan dalam perawatan terutama pembersihannya. Disamping itu, kinerja rem juga lebih lembut dan permukaan kampas rem lebih lebar.

2. Kekurangan Rem Tromol.

Kekurangan rem tromol adalah pada daya pengereman tidak sekuat rem cakram, karena tidak seluruh permukaan kampas rem menempel pada tromol roda, sehingga daya pengereman hanya mencapai lebih kurang 70%. Rem tromol juga gampang panas karena menggunakan sistem tertutup. Kelemahan lainnya, tidak segera kering apabila terkena air sehingga sistem pengereman terganggu.

2.1.3.2. Rem Cakram

Rem cakram terdiri dari komponen yang utama cakram (*disc rotor*) yang terbuat dari

besi tuang yang berputar dengan roda dan dijepit oleh komponen di dalam *caliper* sehingga mengakibatkan terjadi daya pengereman. Rem cakram mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya konstruksi sederhana, penggantian *pad* mudah, tanpa penyetelan, bidang gesek selalu terkena udara sehingga radiasi panasnya sangat baik dan *water recovery* sangat baik karena air akan terlempar keluar dari permukaan cakram dan *pad* karena adanya gaya sentrifugal. Pada dasarnya cakram yang berputar ketika pengereman *pad* yang di luar cakram akan bersentuhan di bagian luar cakram dan menimbulkan gesekan (Restu, 2010).



Gambar 2.13. Rem Cakram

Sumber: www.image.importtuner.com (2013)
 Semua rem memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan rem cakram sebagai berikut (Restu, 2010):
 1. Kelebihan Rem Cakram.

Rem cakram dapat digunakan dari berbagai suhu, sehingga hampir semua kendaraan menerapkan sistem rem cakram sebagai andalannya. Selain itu rem cakram tahan terhadap genangan air sehingga pada kendaraan yang

telah menggunakan rem cakram dapat menerjang banjir. Kemudian rem cakram memiliki sistem rem yang berpendingin di luar (terbuka) sehingga pendinginan dapat dilakukan pada saat mobil melaju, ada beberapa cakram yang juga dilengkapi oleh ventilasi (*ventilatin disk*) atau cakram yang

memiliki lubang sehingga pendinginan rem lebih maksimal digunakan. Kegunaan rem cakram banyak dipergunakan pada roda depan kendaraan karena gaya dorong untuk berhenti pada bagian depan kendaraan lebih besar dibandingkan di belakang sehingga membutuhkan pengereman yang lebih pada bagian depan. Namun saat ini telah banyak mobil yang menggunakan rem cakram pada keempat rodanya.

2. Kekurangan Rem Cakram.

Rem cakram yang sifatnya terbuka memudahkan debu dan lumpur menempel, lama kelamaan lumpur (kotoran) tersebut dapat menghambat kinerja pengereman sampai merusak komponen pada bagian *caliper*, seperti *piston* bila dibiarkan lama. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pembersihan sesering mungkin.

Adapun komponen-komponen utama rem cakram adalah sebagai berikut (Andun *et al*, 2005):

1. Cakram.

Pada rem cakram komponen cakram atau piringan merupakan bagian yang secara langsung menghasilkan pengereman dengan adanya gesekan dengan *pad*. Cakram atau piringan terbesar dari besi tuang yang mampu menahan panas akibat gesekan dan tahan korosi (Restu, 2010).



Gambar 2.14. Cakram

Sumber: www.kiosban.com (2013)

2. Caliper.

Bagian yang tidak bergerak dari rem *pad* cakram adalah *caliper*, dimana terdapat silinder-silinder rem berikut sepatu rem dan pirodonya. Apabila pedal rem diinjak maka

silinder-silinder rem akan bekerja secara hidraulik sehingga sepatu-sepatu rem atau *pad* akan menjepit, manahan dan menghentikan cakram rem yang sedang berputar (Restu, 2010).



Gambar 2.15. Caliper

Sumber: www.e2ndycom.com (2013)

3. Sepatu Rem (*Pad Brake*)

Pad rem dalam sistem rem cakram merupakan bagian yang secara langsung berhubungan atau bergesekan dengan cakram yang akhirnya menghasilkan pengereman. *Pad* terbuat dari *metallic fiber* dicampur serbuk tembaga yang mampu menahan panas akibat gesekan serta memiliki kekerasan yang cukup tinggi. Untuk mengetahui keausan maksimum suatu *pad* akibat gesekan maka pada *pad* diberi celah pembatas agar diketahui keausan *pad*. Bila pedal sudah aus maka perlu diganti, hal ini untuk mengetahui pengereman kendaraan yang baik. Keausan *pad* menyebabkan *clearance* antara *pad* dan rotor terlalu renggang sehingga saat rem bekerja melalui penekanan piston maka gesekan akan berkurang dan cakram akan kurang terjepit *pad*. Hal ini menyebabkan pengereman tidak berlangsung baik (Restu, 2010).



Gambar 2.16. Sepatu Rem

Sumber: www.bursamuslim.com (2013)

4. Piston Rem (*Piston Brake*)

Piston rem adalah komponen dalam *caliper* yang menerima tekanan dari minyak rem

untuk diteruskan ke *pad* rem lalu menekan *disc rotor* guna melakukan pengereman (Restu, 2010).



Gambar 2.17. Piston Rem

Sumber: www.hvccycle.com (2013)

5. Anti *Squel Shim*.

Pada beberapa *pad* terdapat anti *squel shim* yang berfungsi untuk mencegah bunyi saat pengereman (Restu, 2010).



Gambar 2.18. Anti *Squel Shim*

Sumber: www.ks-international.com (2013)

6. *Torque Plate*.

Torque plate fungsinya adalah untuk tempat kedudukan *caliper* (Restu, 2010).



Gambar 2.19. *Torque Plate*

Sumber: www.autopartsnetwork.com (2013)

7. *Slide Pin (Main Pin)*.

Slide pin (main pin) fungsinya adalah untuk kedudukan *caliper* dan *torque plate*. Pada umumnya *caliper tipe floating* menggunakan *slide pin (main pin)* karena pada saat pengereman *caliper* juga terjadi pergerakan sehingga *slide pin* akan bekerja pada saat pengereman (Restu, 2010).



Gambar 2.20. *Slide Pin (Main Pin)*.
Sumber: www.hemiperformance.com (2013)
8. *Piston Seal*.

Piston seal adalah suatu komponen alat yang digunakan untuk mencegah cairan oli di dalam *caliper* agar tidak terjadi kebocoran pada dinding piston saat piston diberi tekanan oleh cairan oli pada saat pengereman. *Piston seal* terbuat dari bahan karet elastis tidak mudah rusak jika terkena oli (Restu, 2010).



Gambar 2.21. *Piston Seal*
Sumber: www.daemar.com (2013)
Tipe-tipe rem cakram yaitu sebagai berikut (Andun *et al*, 2005):
1. Tipe Tetap (*Fixed Caliper Type*).

Tipe *caliper* ini konstruksinya terpasang dua silinder yang bekerja secara hidroponik menekan *pad* dari dua arah. Prinsip kerjanya ialah pada saat terjadi tekanan akibat hidroponik *oil pressure* maka piston akan mendorong kedua *pad* dan pegas karet hingga *pad* menekan cakram. Pada saat tekanan hilang maka pegas karet akan mengembang (reaksi) dan kedudukan *pad* rem kembali pada keadaan semula.



Gambar 2.22. Rem Cakram Tipe *Fixed Caliper*
Sumber: www.otomotif.web.id (2013)
2. *Floating Caliper Type*.

Pada tipe ini hanya dilengkapi satu silinder yang terpasang pada *slide pins* yang bekerja secara hidrolik. Piston akan bergerak menekan dari sisi dalam, sedangkan *caliper* terpasang tetap pada knakel kemudi. Akibat tekanan ini maka *pad* akan terdorong dengan pegas karet. Ketika tekanan hilang maka *pad* akan kembali ke posisi semula.



Gambar 2.23. Rem Cakram Tipe *Floating Caliper*
Sumber: www.tutorialotomotif.wordpress.com (2013)
2.1.3.3. Rem Tangan

Rem tangan adalah suatu komponen yang digunakan untuk memarkir kendaraan. Rem tangan terbagi menjadi dua tipe, yaitu tipe roda belakang dan tipe *center brake*. Tipe roda belakang umumnya digunakan pada kendaraan ringan atau kendaraan penumpang, sedangkan pada angkutan berat umumnya menggunakan *center brake* seperti terdapat pada truck (Andun *et al*, 2005).



Gambar.2.24. Tuas dan Rem Tangan.

Sumber: www.socalsac.com (2013)

Cara kerja mekanisme rem tangan pada dasarnya sama untuk tipe rem tangan roda belakang dan tipe *center brake*. Tuas rem tangan ditempatkan berdekatan dengan tempat duduk pengemudi, hal ini supaya memudahkan pengemudi dalam mengoperasikan rem tangan. Dengan menarik tuas rem tangan, maka rem bekerja melalui *parking brake cable, intermediate lever, pull rod, equalizer*. *Parking brake cable* kiri dan kanan tuas rem tangan dilengkapi dengan *ratchet* untuk mengatur tuas pada suatu pengetesan. Pada beberapa tuas rem tangan, baut penyetelannya diletakan dekat dengan tuas rem untuk memudahkan penyetelan (Andun *et al*, 2005).

Kabel rem tangan memindahkan gerakan tuas ke tromol rem *sub-assembly* pada roda belakang dibagi tengah kabel diberi *equalizer* untuk menyamakan daya kerja pada roda kiri dan kanan tuas *intermediate (intermediate level)* dipasang untuk menambah daya pengoperasian .



Gambar 2.25. Kabel Rem.

Sumber : www.lulusoso.com (2013)

2.1.4. Minyak Rem

Diperlukan untuk menjamin kondisi kerja kendaraan dalam waktu yang lama tetapi yang utama dalam sistem rem diantaranya ialah harus dapat dipercaya. Minyak rem adalah cairan yang tidak mengandung minyak bumi yang sebagian besar terdiri dari alkohol dan susunan kimia dan ester (zat yang membuat orang tidak sadar). Berikut ini persyaratan kualitas minyak rem yang diperlukan (Andun *et al*, 2005):

1. Titik didih yang rendah.

Rem akan menjadi panas dengan adanya gesekan karena penggunaan yang berulang kali. Ada kalanya minyak rem dapat menjadi uap menyebabkan fluida berbusa. Bila ini terjadi injakan yang berlaku pada pedal rem hanya menekan minyak rem yang sudah menjadi uap dan tidak ada tenaga yang bekerja pada silinder roda. Kejadian ini disebut *vapor load* sama dengan terhalang uap untuk mencegah hal ini diperlukan titik didih yang tinggi.

2. Mencegah karat pada logam dan karet.

Kerapatan akan berkurang bila minyak rem merusak *seal* dan ini akan menyebabkan kebocoran, hal ini akan berlanjut dengan hilangnya tenaga hidraulik. Minyak rem dibuat dari bahan sintetis dengan maksud agar tidak merusak dan menghindari karat pada logam.

3. Viskositas.

Minyak rem harus memiliki kekentalan (viskositas) untuk meneruskan tekanan dengan perubahan temperatur yang bervariasi.

Adapun tipe dan penanganan minyak rem adalah sebagai berikut (Andun *et al*, 2005):

1. Tipe Minyak Rem.

Minyak rem mempunyai 4 klasifikasi FMVSS (*Federal Motor Vehicle Safety Standart*).

Kesemuanya ini didasarkan titik didih

Tabel 2.1. Klasifikasi Dasar Titik Didih

Type / Item	Dot 3 (SAE J1703)	Dot 4	Dot 5	SAE J1702 (Extremely cold areas)
Boiling point (ERBP) 0° C (0° F)	205 (401) or Greater	230 (446) or Greater	260 (500) or Greater	150 (302) or Greater
Wet boiling point 0° C (0° F)	1400 (284) or Greater	155 (311) or Greater	180 (356) or Greater	

Sumber: Andun *et al*, (2005)

2. Tindakan Penanganan Minyak Rem.

Penanganan yang harus dilakukan pada minyak rem, sebagai berikut (Andun *et al*, 2005):

a. Jangan Mencampur Minyak Rem.

Mencampur minyak rem dengan kemampuan yang berbeda akan menurunkan titik didih minyak. Dan juga reaksi kimia suatu saat akan

terjadi, menyebabkan komposisinya berubah atau memburuknya minyak rem.

b. Jangan Tercemar oleh Air.

Bila minyak rem tercemar dengan air atau minyak lain yang tidak sejenis maka akan menurunkan titik didih dan memburuknya minyak rem.

c. Jangan Tercemar dengan Oli atau Pembersih Oli.

Mineral oli dan pembersih oli mempengaruhi komponen karet. Saat anda membongkar komponen rem, hati-hati membuka oli mesin atau pembersih oli pada tempatnya.

d. Simpanlah Minyak Rem Ditempat yang Sesuai.

Untuk mencegah minyak rem dari penyerapan air, ia harus ditempatkan dikaleng yang tertutup rapat selama penyimpanan. Hal ini juga mencegah tercemar dari debu dan kotoran.

2.2. Perawatan (*maintenance*)

Secara umum pengertian perawatan (*maintenance*) dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga komponen transmisi dan mengadakan kegiatan pemeliharaan, perbaikan, maupun penggantian sebagian peralatan yang diperlukan agar sarana fasilitas pada kondisi yang diharapkan dan selalu dalam kondisi siap pakai. Dalam melaksanakan kegiatan perencanaan perawatan diperlukan suatu

jadwal perawatan yang baik dan benar dengan segala pertimbangan dari berbagai aspek, karena apabila jarak antara kegiatan perawatan terlalu dekat akan berdampak pada biaya yang tidak efisien dan apabila jarak antara kegiatan perawatan terlalu jauh akan mengakibatkan kinerja mesin yang kurang baik.

Tujuan Perawatan

Kendaraan bermotor terdiri dari *part* yang berjumlah banyak. *Part* tersebut dapat menjadi aus, melemah atau korosi sehingga kinerjanya menurun sesuai dengan kondisi atau jarak penggunaannya. *Part-part* kendaraan bermotor tersebut telah diperkirakan kinerjanya akan menurun, sehingga memerlukan perawatan secara berkala, perlu penyetelan atau penggantian untuk mempertahankan kinerjanya. Dengan melakukan perawatan berkala, dapat dicapai hasil berikut ini, sehingga memastikan kepercayaan dan rasa ketenangan hati pelanggan:

1. Menjaga kondisi mesin atau alat yang optimal, dan mempertahankan kerja mesin untuk siap pakai.
2. Untuk menjaga kesiapan pengoprasian dari seluruh peralatan pada waktu diperlukan. Sehingga proses produksi bisa berjalan lancar.
3. Menjaga kondisi mesin mendekati umur yang ditentukan oleh pabrik pembuat mesin tersebut.
4. Dapat menekan biaya perawatan seminimal mungkin.
5. Mencegah kerusakan yang fatal sehingga proses produksi terhambat.
6. Menjaga keselamatan kerja bagi operator saat pengoprasian. (Modul manajemen perawatan, 2005)

Pengertian Manajemen Perawatan

Pengertian manajemen perawatan adalah pengelolaan pekerjaan perawatan dengan melalui suatu proses perencanaan, pengorganisasian serta pengendalian operasi perawatan untuk memberikan performasi mengenai fasilitas industri. Gagasan yang muncul mengenai pokok-pokok pikiran dalam perencanaanya.

Sedangkan pengorganisasiannya mencakup penerapan dari metode manajemen dan dengan cara sistematis. Dengan demikian jelaslah bahwa tercapainya tujuan perawatan perawatan di industri atau bengkel-bengkel kerja seta unit kerja lainnya, tidak hanya ditunjang dengan fasilitas dan teknik perawatan saja, namun diperlukan menejemen yang memadai (Sudradjat, 2011)

2.2.3. Klasifikasi Perawatan

Dalam istilah perawatan disebutkan ada dua pekerjaan yaitu istilah “perawatan” dan “perbaikan” perawatan dimaksudkan sebagai aktifitas untuk pencegahan kerusakan, sedangkan istilah perbaikan dimaksudkan sebagai tindakan untuk memperbaiki kerusakan. Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan perawatan, dibagi menjadi dua cara yaitu: perawatan yang direncanakan (*Plained Maintance*) dan perawatan yang tidak direncanakan (*Unplained Maintance*). Secara sistematis pembagian perawatan bisa dilihat pada bagan berikut:

1. *Preventive maintenance*

Preventive maintenance adalah salah satu komponen penting dalam aktifitas perawatan. *Preventive maintenance* adalah aktivitas perawatan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan atau mencegah terjadinya kerusakan pada sebuah sistem atau komponen, dimana sebelumnya sudah dilakukan perawatan dan pengawasan yang sistematis, deteksi, dan koreksi, agar sistem atau komponen tersebut dapat

mempertahankan kapabilitas fungsionalnya. Beberapa tujuan *preventive maintenance* adalah mendeteksi lebih awal terjadinya kegagalan/kerusakan, meminimalisasi terjadinya kerusakan

Tabel 2.1. Nilai Rata-Rata Derajat Kerumitan Perawatan

No	Type of Production	Average Repair Complexity of Equipment
1	Rolling Mills (steel)	15
2	Turbine (Steam and Hydro)	14
3	Boiler	12
4	Steam Turbine for Ships	11.5
5	Aviation Engines, Heavy Diesel Engine, Heavy Machine Tools	11
6	Automobile, Heavy Tractors, Ship, Aircraft	10
7	Tractor	9.5
8	Railway Wagon	9
9	Machine Tool (Medium)	9
10	Ball or Roller Bearing Motor Cycle	8.5
11	Heavy Electrical Machines, Electric Trains, Precision Instrument	8.5
12	Cycles Tractor Spare Part, Machine for Chemicals, Industrial Paper from Wood Pulp	8
13	Compressor, Hydraulic Machine, Light Machine Tools	8
14	Tools and Cutters	7.5
15	Textile, Food Industries Later, Fire Protection Equipment	
16	Gas Apparatus	7
17	Low Voltage Apparatus	7
18	Weighing Instrument	7
19	Electrical Instrument	7
20	Earth Moving Machinery Showers, Bulldozers ect.	6
21	Watches and Light Instruments	5.5

a. Perawatan harian

Suatu kegiatan perawatan yang dilakukan setiap hari terhadap komponen mesin yang memerlukan pengawasan dan perawatan harian seperti pengecekan jumlah oli dan kualitas oli.

b. Perawatan berkala

Suatu kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala terhadap komponen mesin yang memerlukan pengawasan dan perawatan secara berkala seperti pengecekan *wire* pada kopleng dan transmisi.

c. Inspeksi

Suatu kegiatan memeriksa yang merupakan panduan kegiatan yang bersifat operasional maupun *managerial*, yang meliputi kegiatan *review, survey, check, measure, detection, examination, data collection, analize, documentation, reporting test, recording, dan auditing* atau *verification*.

d. *Small repair*

Suatu kegiatan perbaikan mesin dimana kegiatan tersebut tidak perlu membongkar atau *overhaul*.

e. Pelumasan dan penyetelan

Suatu kegiatan perawatan yang bertujuan mencegah keausan pada komponen dan mengembalikan kinerja mesin ke kondisi semula

2. *Time directed maintenance*

Time directed maintenance dapat dilakukan apabila variabel waktu dari komponen atau sistem diketahui. Kebijakan perawatan yang sesuai untuk diterapkan pada *time directed maintenance* adalah *periodic maintenance* dan *on condition maintenance*. *Periodic maintenance* (*hard time maintenance*) adalah perawatan pencegahan yang dilakukan secara terjadwal. Penggantian sebuah komponen atau sistem berdasarkan *interval* waktu tertentu. *On condition maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan kebijakan operator. *Time directed* yang bertujuan pencegahan langsung pada sumber kerusakan sebagai contoh tindakan *overhaul* dan penggantian sukucadang pada transmisi.

3. *Condition Maintenance*

Condition Maintenance merupakan perawatan pencegahan yang dilakukan berdasarkan kondisi tertentu dari suatu komponen atau sistem untuk mengantisipasi sebuah komponen atau sistem agar tidak mengalami kerusakan. Karena variabel waktunya pasti tidak diketahui, kebijakan yang sesuai kondisi tersebut adalah *predictive maintenance*. *Predictive maintenance* merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan menggunakan sistem monitoring. *Condition directed* yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan atau gejala-gejala kerusakan

4. *Failure finding*

Failure finding merupakan kegiatan perawatan pencegahan bertujuan untuk mendeteksi kerusakan yang tersembunyi, dilakukan dengan cara memeriksa fungsi tersembunyi (*hidden function*) secara periodik untuk

memprediksi kapan suatu komponen mengalami kerusakan.

5. *Run to failure*

Run to failure tergolong sebagai perawatan pencegahan karena faktor ketidak sengajaan yang bisa terjadi dalam peralatan. Disebut juga sebagai *no schedule maintance* karena dilakukan jika tidak ada tindakan pencegahan yang efektif dan efisien yang dapat dilakukan jika tindakan pencegahan terlalu mahal atau dampak kegagalan tidak terlalu esensial (tidak terlalu berpengaruh).

6. *Condition Based Maintenance*

Condition Based Maintenance merupakan perawatan pencegahan yang dilakukan berdasarkan kondisi tertentu dari suatu komponen atau sistem, yang bertujuan untuk mengantisipasi sebuah komponen atau sistem agar tidak mengalami kerusakan. Karena variabel waktunya pasti tidak diketahui, kebijakan yang sesuai kondisi tersebut adalah *predictive maintenance*. *Predictive maintenance* merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan menggunakan sistem monitoring.

7. *Corrective maintenance*

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mengatasi kerusakan yang ditemukan selama masa waktu *preventive maintenance* pada umumnya, *corrective maintenance* bukanlah aktifitas perawatan yang terjadwal, karena dilakukan setelah sebuah komponen mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mengembalikan performa transmisi ke kondisi semula. Dalam kegiatan ini terdapat *flow chart* atau bagan alur merupakan metode untuk menggambarkan tahap-tahap penyelesaian masalah (prosedur), beserta aliran data dengan simbol-simbol standar yang mudah dipahami. berikut simbol yang digunakan dalam *flow chart*

Tabel 2.2 simbol . *flow chart*

SIMBOL	NAMA	FUNGSI
	TERMINATOR	Permulaan/akhir program
	GARIS ALIR (FLOW LINE)	Arah aliran program
	PREPARATION	Proses inisialisasi/pemberian harga awal
	PROCESS	Proses perhitungan/proses pengolahan data
	INPUT/OUTPUT DATA	Proses input/output data, parameter, informasi
	PREDEFINED PROCESS (SUB PROGRAM)	Permulaan sub program/proses menjalankan sub program
	DECISION	Perbandingan pernyataan, penyeleksi data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya
	ON PAGE CONNECTOR	Penghubung bagian-bagian flowchart yang berada pada satu halaman
	OFF PAGE CONNECTOR	Penghubung bagian-bagian flowchart yang berada pada halaman berbeda

Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik. Yang termasuk dalam cakupan *Corrective maintenance* adalah:

a. *Repair Equipment*

Equipment termasuk disini adalah: Pompa, Compressor, Blower, Konveyor Boiler dan alat pendukung lainnya. Prinsip nya yang dikerjakan disini adalah bersifat tidak terlalu mendesak pengerjaan di *Repair Equipment*

b. *Recondition*

Kegiatan mengembalikan kondisi mesin ke kondisi semula setelah setelah *performance* mesin menurun. Seperti *balancing, realignment,* dan penggantian *seal*

c. *Cleaning*

Kegiatan yang dilakukan untuk menciptakan kondisi bersih, rapi, dan nyaman dengan menghilangkan benda-benda asing yang termasuk pada mesin dari pencegahan adanya sumber kontaminasi

d. *Overhaul* Kegiatan membongkar total seluruh komponen serta diperiksa dari kerusakan dan keausan, biasanya pada

overhaul diikuti dengan penggantian *bearing,* penggantian *gland packing, seal,* pembubutan.

8. Perawatan *prediktif*

Perawatan *prediktif* ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari system peralatan. Perawatan *prediktif* dilakukan dengan bantuan alat baik panca indra maupun dengan alat monitor mesin

9. Perawatan berjalan

Dimana perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus menerus dalam melayani proses produksi

10. Perawatan setelah terjadi kerusakan (*Break Down Maintenance*)

Pekerjaan perawatan dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan, dan untuk perbaikan harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya.

11. Perawatan darurat (*Emergency Maintenance*)

Adalah pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga. (modul manajemen perawatan)

METODOLOGI

Tahapan Pelaksanaan

Tahapan langkah pelaksanaan perawatan dan perbaikan sistem rem mobil ditunjukkan pada diagram alir pelaksanaan sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Perencanaan Perawatan dan Perbaikan
Sumber: Dokumen Penulis



Gambar 3.3. Diagram Alir Perbaikan
Sumber: Dokumen Penulis

Tahap Perawatan

Perencanaan perawatan sistem rem merupakan langkah-langkah untuk merencanakan perawatan sistem rem. Yang direncanakan tersebut adalah perawatan sistem rem yang akan digunakan



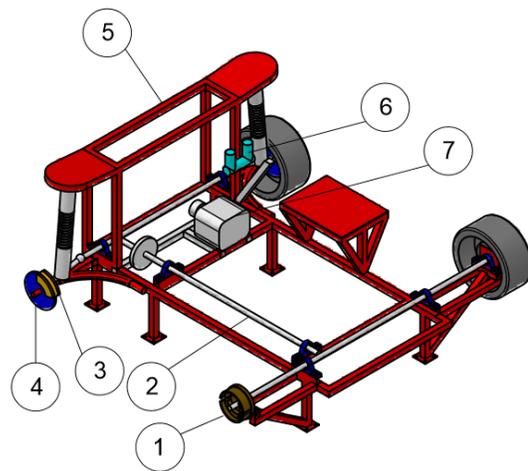
Gambar 3.2. Diagram Alir Perawatan
Sumber: Dokumen Penulis

Tahapan Perbaikan

Perencanaan perbaikan sistem rem merupakan langkah-langkah untuk merencanakan perbaikan sistem rem. Yang direncanakan tersebut adalah perbaikan sistem rem yang akan digunakan

Prinsip Kerja

Alat peraga sistem rem ini di buat menggunakan penggerak manual, untuk memudahkan pembelajaran tentang sistem rem. Alat peraga ini di buat untuk mengetahui kerja sistem rem dan membuat jadwal perawatan terhadap sistem rem. Alat peraga ini menggunakan dua jenis rem yaitu rem tomol (*drum brake*) dan rem cakram (*disc brake*).



Gambar 3.4. Alat Peraga
Sumber: Dokumen Penulis

Keterangan:

1. Tromol.
2. Poros.
3. Kaliper.
4. Cakram.
5. Kerangka.

6. Master Silinder Pusat.

PEMBAHASAN

Perawatan Pada Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil.

Dalam sistem perawatan dan perbaikan alat peraga sistem pengereman pada mobil terdapat 4 kategori yang merupakan tahapan dasar dalam perawatan dan perbaikan, yaitu Inspeksi (*Inspection*), Reparasi Kecil (*Small Repair*), Reparasi Menengah (*Medium Repair*), dan perbaikan total (*Complete Repair*), dengan penjelasan masing-masing pekerjaan sebagai berikut:

1. Inspeksi (*Inspection*).

Kegiatan yang dilakukan saat inspeksi adalah:

- a. Membersihkan seluruh kebersihan Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil.
- b. Membersihkan motor penggerak dari kotoran dan debu.
- c. Membersihkan selang bertekanan dari kotoran dan debu.
- d. Membersihkan Master Silinder Pusat dari kotoran dan debu.
- e. Membersihkan Tromol dari kotoran dan debu.
- f. Membersihkan Cakram dari kotoran dan debu.
- g. Membersihkan sabuk dan puli dari kotoran dan debu
- h. Membersihkan gigi payung dari kotoran dan debu.

2. Reparasi Kecil (*Small Repair*).

Kegiatan yang dilakukan saat reparasi kecil adalah:

- a. Pemeriksaan sambungan selang tekanan apabila ada kebocoran atau selang tersumbat.
 - b. Mengencangkan sabuk penggerak.
3. Reparasi Menengah (*Medium Repair*).

Kegiatan yang dilakukan saat perawatan adalah:

- a. Memeriksa kebocoran pada master silinder pusat.
 - b. Memeriksa kondisi sepatu rem karena pemakaian rutin ganti bila tebal sepatu rem sudah melebihi batas minimal yaitu 2 mili meter.
 - c. Memeriksa selang dari penyumbatan dan kebocoran ganti selang bila terjadi kebocoran.
 - d. Memeriksa kebocoran pada master silinder roda.
4. Perbaikan Total (*Complete Overhaul*).

Kegiatan yang dilakukan saat perbaikan total adalah:

- a. *Overhaul* master silinder pusat, ganti bila ada komponen yang rusak atau aus.
- b. *Overhaul* master silinder roda, ganti komponen yang rusak atau aus.
- c. Penggantian sabuk dan puli yang sudah rusak.
- d. Penggantian gigi payung yang sudah rusak atau aus.

Jadwal Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

Dalam melaksanakan kegiatan perawatan dan perbaikan sistem pengereman diperlukan suatu jadwal dan siklus yang berfungsi untuk mengatur tentang kapan waktu pelaksanaan kegiatan perawatan akan dilakukan dan apa saja yang dilakukan. Dalam pembahasan diketahui *repair complexity* pada pengereman: 7 (tabel 2.1). *shift* kerja: 1, sehingga siklus perawatan dapat ditentukan sebagai berikut:

Tabel 4.1. Siklus Perawatan

Repair Complexity	Siklus Perawatan			t (Bulan)	T (Tahun)	
	Siklus	M	S			I
0 s/d 30	O - I ₁ - S ₁ - I ₂ - S ₂ I ₃ - M ₁ - I ₄ - S ₃ - I ₅ S ₄ - I ₆ - M ₂ - I ₇ - S ₅ I ₈ - S ₆ - I ₉ - O	2	6	9	3	5

Tabel 4.2. Jadwal Perawatan Alat Peraga Sistem pengereman mobil.

No.	Komponen	Tahun (2013)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Motor Penggerak				O ₁				I ₁
2.	Selang bertekanan				O ₁				I ₁
3.	Master Silinder Pusat				O ₁				I ₁
4.	Tromol				O ₁				I ₁
5.	Cakram				O ₁				I ₁
7.	Puli & Sabuk				O ₁				I ₁
8.	Gigi Payung				O ₁				I ₁

No.	Komponen	Tahun 2015							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Motor Penggerak	I ₄							I ₅
2.	Selang bertekanan	I ₄			SR ₃				I ₅
3.	Master Silinder Pusat	I ₄							I ₅
4.	Tromol	I ₄							I ₅
5.	Cakram	I ₄			SR ₃				I ₅
7.	Puli & Sabuk	I ₄			SR ₃				I ₅
8.	Gigi Payung	I ₄							I ₅

No.	Komponen	Tahun 2016									
		5	6	7	8	9	10	11	12		
1.	Motor Penggerak				I ₇						
2.	Selang bertekanan				I ₇			SR ₅			
3.	Master Silinder Pusat				I ₇						
4.	Tromol				I ₇			SR ₅			
5.	Cakram				I ₇			SR ₅			
7.	Puli & Sabuk				I ₇			SR ₅			
8.	Gigi Payung				I ₇						

No.	Komponen	Tahun 2017							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Motor Penggerak	I ₈			SR ₆				I ₉
2.	Selang bertekanan	I ₈			SR ₆				I ₉
3.	Master Silinder Pusat	I ₈							I ₉
4.	Tromol	I ₈							I ₉
5.	Cakram	I ₈							I ₉
7.	Puli & Sabuk	I ₈			SR ₆				I ₉
8.	Gigi Payung	I ₈							I ₉

Keterangan:

I = Inspeksi

SR = *Small Repair*

MR = *Medium Repair*

O = *Overhaull*

Kegiatan perawatan meliputi Inspeksi, *Small Repair*, *Medium Repair* serta *Complete Repair* dapat dilihat pada penjadwalan di atas. Kegiatan pertama adalah *Complete Repair* dilakukan pada minggu pertama, selanjutnya adalah kegiatan Inspeksi, sedangkan *Small*

Repair dilakukan setelah dua kali Inspeksi dan untuk *Medium Repair* dilakukan setiap dua kali *Small Repair* ditambah dua kali Inspeksi dan kegiatan *Complete Repair* dilakukan setelah dua kali *Medium Repair* ditambah satu kali *Small Repair* dan empat kali Inspeksi. Berikut adalah urutan kegiatan di atas: CO1 – I1 – SR1 – I2 – SR2 – I3 - MR1- I4 – SR3 – I5 – SR4 – I6 – MR2 – I7 – SR5 – I8 – SR6 – I9 – CO2.

Perawatan dan perbaikan yang di perlukan dari bulan April 2013 sampai bulan OKTOBER adalah 9 kali Inspeksi, 6 kali *Small Repair*, 2 kali *Medium Repair* dan 2 kali *Complete Overhaull*.

Rencana Perawatan Komponen Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil terdiri dari komponen utama dan komponen pendukung yang digunakan untuk menjalankan alat peraga

Tabel 4.3. Perawatan Komponen Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

No.	Komponen	Perawatan
1.	Motor Penggerak	a. Membersihkan <i>body</i> dari debu dan kotoran. b. Memeriksa ketinggian oli. c. Membersihkan <i>filter</i> udara. d. Membersihkan busi dari kotoran. e. Mengganti oli mesin.
2.	Selang	a. Bersihkan bagian luar selang dari debu dan kotoran. b. Cek kebocoran selang, bila terjadi kebocoran segera ganti selang.
3.	Bantalan	a. Bersihkan bagian luar selang dari debu dan kotoran. b. Cek keadaan biring, bila terjadi kerusakan ganti bantalan
4.	Master Silinder Pusat	a. Bersihkan <i>body</i> luar dari kotoran dan debu dengan kain lap atau majun. b. Pengecekan sambungan dari kebocoran, bila bocor segera ganti selang bertekanan dengan yang baru.
5.	Kaliper	a. Bersihkan <i>body</i> dari debu dan kotoran.

4.1.4. Troubleshooting Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

Dalam pengoperasian alat peraga Sistem pengereman mobil berkemungkinan terjadi masalah yang terjadi (*troubleshooting*). Berikut ini adalah permasalahan yang sering terjadi pada Alat Peraga Sistem pengereman mobil: Tabel 4.4. Troubleshooting Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

No.	Troubleshooting	Pemeriksaan	Penanganan
1.	Motor Penggerak	Bensin habis.	Mengisi bensin pada tangki.
2.	Putaran poros rendah.	Terjadi slip.	Mengatur ketegangan sabuk.
		Terjadi slip.	Mengganti sabuk dengan yang baru.
		Terjadi slip.	Mengganti puli dengan yang baru.

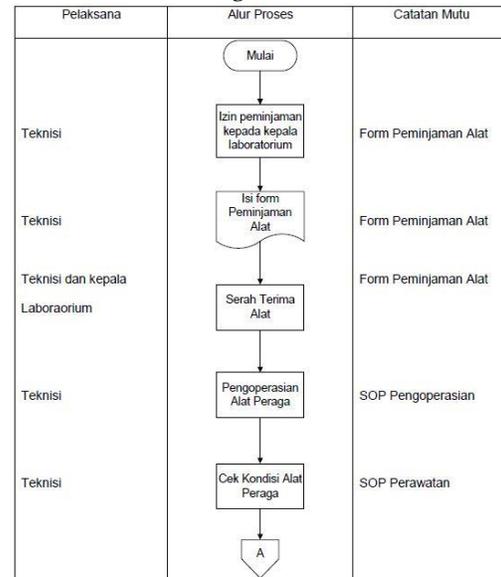
3.	Pengereman kurang pakem	Minyak rem kurang	Tambah minyak rem
		Periksa kebocoran katup master silinder pusat.	Segera ganti kebocoran k
		Periksa kebocoran yang terjadi pada kaliper.	Ganti bagian pelindung sil roda yang bc
		Periksa kebocoran yang terjadi pada tomol.	Ganti bagian pelindung sil roda yang bc
		Periksa kebocoran yang	Ganti selang dengan yang
			terjadi pada selang

Standard Operational Procedure Penggunaan, *Standard Operation Procedure* Pengoperasian, *Standard Operational Procedure* Perawatan, *Standard Operational procedure* Perbaikan. Berikut ini penjelasan dari masing-masing *Standard Operational Procedure* dari masing-masing *Standard Operational Procedure* (SOP) Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

4.1.5.1. Standard Operational Procedure (SOP) Penggunaan Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

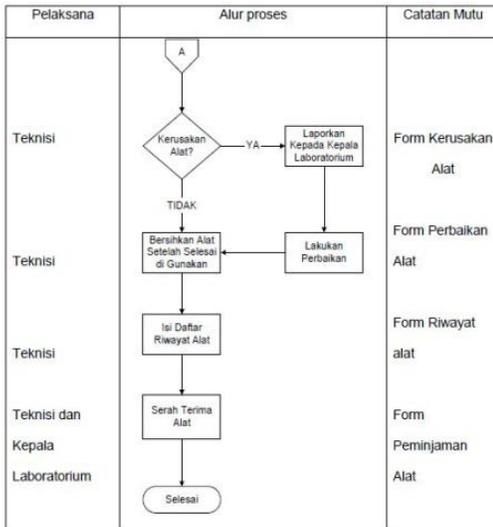
Standard Operational Procedure (SOP) Penggunaan Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil ini dijelaskan dalam bentuk Flowchart sebagai berikut:

Tabel 4.5. SOP Penggunaan



4.1.5. Standard Operasional Procedure (SOP) Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil

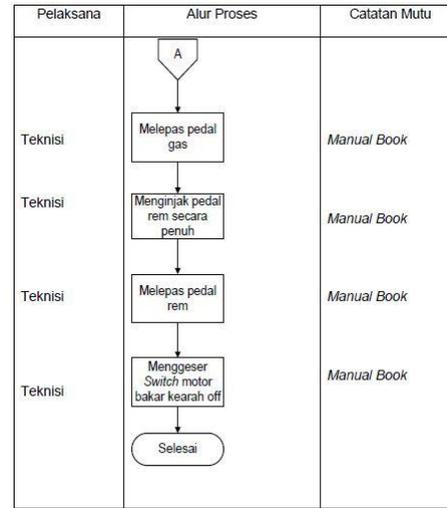
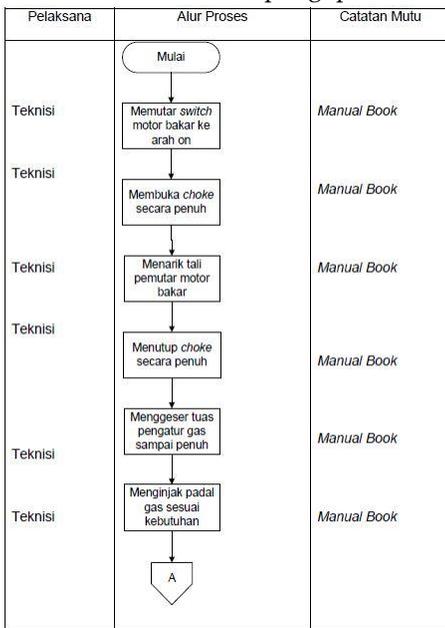
Standard Operasional Procedure (SOP) Alat Peraga Sistem pengereman mobil terdiri dari



4.1.5.2. Standard Operational Procedure (SOP) Pengoperasian Alat Peraga Sistem pengereman mobil

Standard Operational Procedure (SOP) Pengoperasian Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil adalah sebagai berikut:

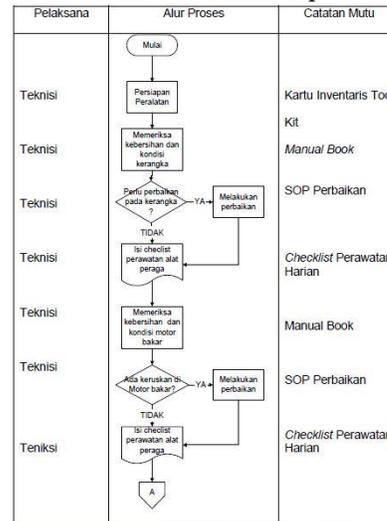
Tabel 4.6. Alur Proses pengoperasian

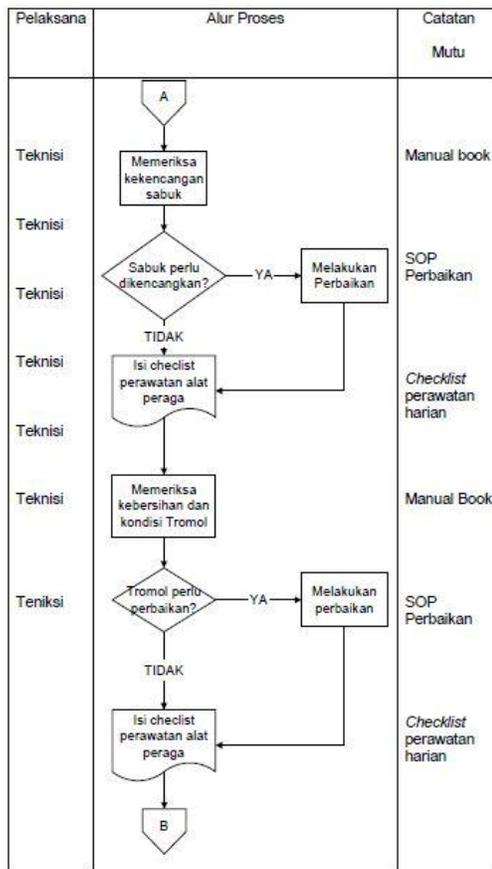


4.1.5.3. Standard Operational Procedure (SOP) Perawatan Alat Peraga Sistem pengereman mobil

Standard Operational Procedure (SOP) Perawatan Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7. Alur proses perawatan

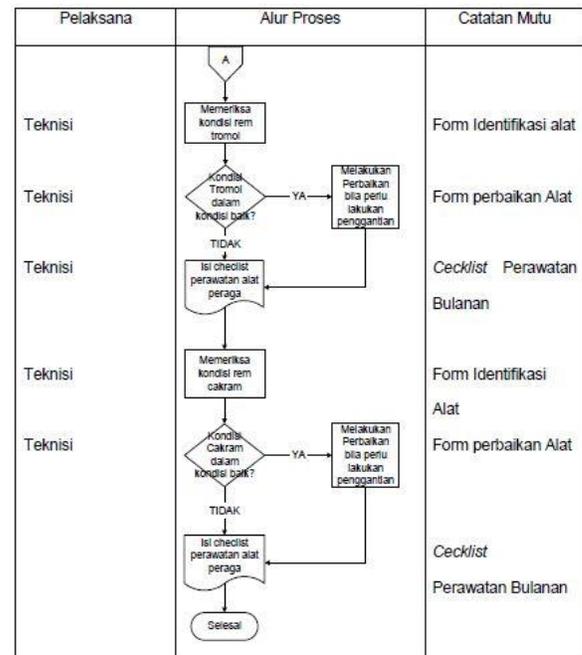
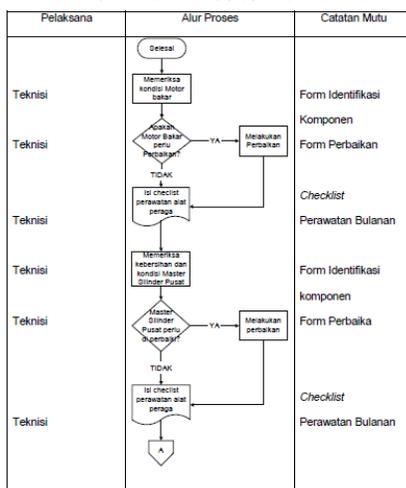




4.1.5.4. Standard Operational Procedure (SOP) Perbaikan Alat Peraga Sistem pengereman mobil

Standard Operational Procedure (SOP) Perbaikan Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil adalah sebagai berikut:

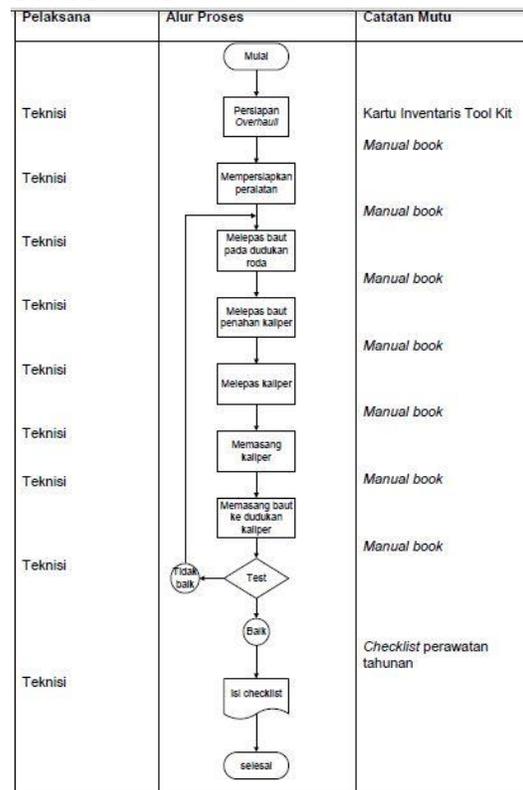
Tabel 4.8. Alur Proses Perbaikan

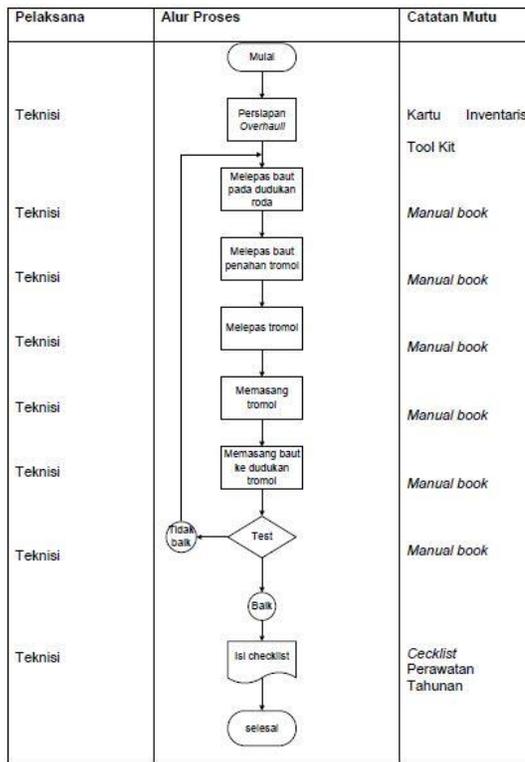


4.1.5.5. Standard Operational Procedure (SOP) Overhaul

Standard Operational Procedure (SOP) Overhaul Alat Peraga Sistem Pengereman Mobil adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9. SOP Overhaul





4.2. Keselamatan Dan kesehatan Kerja

Dalam Melakukan setiap pekerjaan perawatan dan perbaikan sangat dibutuhkan pedoman tentang pentingnya kesehatan dan keselamatan kerja sehingga resiko kecelakaan dapat di perkecil. Adapun pedoman kesehatan dan keselamatan kerja perawatan dan perbaikan Alat Peraga Sistem pengereman mobil Adalah sebagai berikut:

1. Pastikan Kondisi badan dalam keadaan sehat dan baik.
2. Pakailah Helm *safety* untuk menghindari benda yang dapat menjatuhkan kepala.
3. Pakailah pakaian kerja yang baik dan terkancing rapi.
4. Bila rambut panjang tata dengan rapi agar tidak mengganggu pekerjaan.
5. Pastikan menggunakan pelindung tangan yang berfungsi dengan baik.

6. Gunakan Masker untuk melindungi hidung dan mulut dari debu.

7. Gunakan sepatu *safety* untuk melindungi kaki.

8. Pakailah pelindung mata agar terhindar dari loncatan yang mungkin dapat melukai mata.

9. Pakailah pelindung dada untuk menghindari benda-benda yang dapat melukai dada.

10. Bersihkan dan rapikan kembali tempat kerja setelah melakukan kegiatan kerja.

4.3. Perencanaan Biaya Perawatan

Perhitungan biaya terhadap Alat peraga perawatan dan perbaikan dilakukan sampai lima tahun kedepan yaitu dari 2013 sampai dengan 2017.

Dalam perhitungan biaya untuk tahun yang akan datang digunakan rumus bunga sederhana berdasarkan persamaan

Dalam perhitungan biaya perawatan dan perbaikan digunakan rumus umum:

$$F = P (1 + i)^n$$

..... (1.1.)

Sumber: Robert j. kodoatie.(2005).Analisi ekonomi Teknik. Yogyakarta:ANDI.

F = Nilai uang masa sekarang. n = Periode penelaahan.

P = Nilai uang sekarang.

i = Tingkat suku bunga per periode..

4.3.1. Biaya preventive maintenance

Biaya *preventive maintenance* ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk tahun 2013 sampai 2017. Dibawah ini adalah biaya *preventive maintenance* pada alat peraga.

Biaya mekanik

Mekanik ini bekerja dalam waktu 1/3 jam atau selama 20 menit, mekanik bekerja selama 5 tahun dengan satu bulan bekerja selama 26 hari dengan gaji 1 jamnya Rp 7.000-

Tabel 4.10. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali inspeksi (Tahun 2013)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Memeriksa Motor Penggerak	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memeriksa Selang bertekanan	1/4 jam	Rp 1.750
3.	Memeriksa Master Silinder Pusat	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Memeriksa Tromol	3/4 jam	Rp 5.250
5.	Memeriksa Cakram	3/4 jam	Rp 5.250
7.	Memeriksa Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
8.	Memeriksa Gigi Payung	1/4 jam	Rp 1.750
Jumlah		2 3/4 jam	Rp 19.250

Jadi dalam melakukan inspeksi selama 1 tahun maka didapat total biaya Rp 19.250

Tabel 4.11. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *small repair* (Tahun 2013)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Memperbaiki Sambungan Selang Bertekanan yang bocor	1/4jam	Rp 1.750
2.	Mengatur Kekencangan Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
3.	Pemberian Greas pada Gigi Payung	1/6 jam	Rp 1.150
Jumlah		4/6 jam	Rp 4.650

Dalam biaya mekanik akan didapatkan dari inspeksi + *small repair*

Biaya Rp 19.250 + Rp 4.650 = Rp 23.900

Tabel 4.12. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali inspeksi (Tahun 2014)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Memeriksa Motor Penggerak	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memeriksa Selang bertekanan	1/4 jam	Rp 1.750
3.	Memeriksa Master Silinder Pusat	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Memeriksa Tromol	3/4 jam	Rp 5.250
5.	Memeriksa Cakram	3/4 jam	Rp 5.250
7.	Memeriksa Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
8.	Memeriksa Gigi Payung	1/4 jam	Rp 1.750
Jumlah		2 3/4 jam	Rp 19.250

Jadi dalam melakukan inspeksi selama 1 tahun maka didapat total biaya Rp 19.250

Tabel 4.13. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *small repair* (Tahun 2014)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Mengganti busi motor bakar	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memperbaiki Sambungan Selang Bertekanan yang bocor	1/4jam	Rp 1.75
3.	Mengatur Kekencangan Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.75
4.	Pemberian Greas pada Gigi Payung	1/6 jam	Rp 1.15
Jumlah		5/6 jam	Rp 6.40

Biaya yang diperlukan dalam 1 kali *small repair* tahun 2014 adalah Rp 6.400

Tabel 4.14. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *medium repair* (Tahun 2014)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
2.	Mengganti Sambungan Selang Bertekanan yang bocor	2 jam	Rp 14.000
3.	Mengganti Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Penggantian Gigi Payung	1 jam	Rp 7.000
Jumlah		3 1/4 jam	Rp 22.750

Dalam biaya mekanik akan didapatkan dari 2x inspeksi + *small repair* + *medium repair*
 Biaya Rp 19.250 x 2 + Rp 6.400 + Rp 22.750 = Rp 67.650

No	Komponen	Hagar
1	Selang Minyak Rem	Rp 75.000
2	Penggantian sabuk	Rp 16.000
3	Gigi Payung	Rp 62.500
Jumlah		Rp 153.500

Biaya perawatan yang dibutuhkan untuk tahun 2014 dengan biaya mekanik + biaya komponen

Rp 67.650 + Rp 153.500 = Rp 221.150

Biaya perawatan 2014,

$$F = p (1 + 1)^n$$

$$F = Rp 221.150 (1 + 1)^2$$

$$F = Rp 221.150 \times 4$$

$$F = Rp 884.600$$

Tabel 4.15. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali inspeksi (Tahun 2015)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Memeriksa Motor Penggerak	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memeriksa Selang bertekanan	1/4 jam	Rp 1.750
3.	Memeriksa Master Silinder Pusat	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Memeriksa Tromol	3/4 jam	Rp 5.250
5.	Memeriksa Cakram	3/4 jam	Rp 5.250
7.	Memeriksa Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
8.	Memeriksa Gigi Payung	1/4 jam	Rp 1.750
Jumlah		2 3/4 jam	Rp 19.250

Jadi dalam melakukan inspeksi selama 1 tahun maka didapat total biaya Rp 19.250

Tabel 4.16. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *small repair* (Tahun 2015)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Mengganti busi motor bakar	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memperbaiki Sambungan Selang Bertekanan yang bocor	1/4jam	Rp 1.750
3.	Mengatur Kekencangan Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Pemberian Greas pada Gigi Payung	1/6 jam	Rp 1.150
5.	Mengganti Sepatu Tromol	3/4 jam	Rp 5.250
6.	Mengganti Sepatu Cakram	2/4 jam	Rp 3.500
	Jumlah	2 1/6 jam	Rp 15.150

Biaya yang diperlukan dalam 1 kali *small repair* tahun 2015 adalah Rp 15.150

Dalam biaya mekanik akan didapatkan dari inspeksi x 2 + *small repair* x 2

Biaya Rp 19.250 x 2 + Rp 15.150 x 2 = Rp 68.800

No	Komponen	Harga
1	Penggantian sambungan selang	Rp 40.000
2	Minyak rem	Rp 65.000
	Total	Rp 105.000

Biaya perawatan yang dibutuhkan untuk tahun 2015 dengan biaya mekanik + biaya komponen

$$Rp 68.800 + Rp 105.000 = Rp 173.800$$

Biaya perawatan 2015,

$$F = p (1 + 1) n$$

$$F = Rp 173.800 (1 + 1) 3$$

$$F = Rp 173.800 \times 6$$

$$F = Rp 1.042.800$$

Tabel 4.17. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali inspeksi (Tahun 2016)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Memeriksa Motor Penggerak	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memeriksa Selang bertekanan	1/4 jam	Rp 1.750
3.	Memeriksa Master Silinder Pusat	1/4 jam	
4.	Memeriksa Tromol	3/4 jam	
5.	Memeriksa Cakram	3/4 jam	
7.	Memeriksa Puli & Sabuk	1/4 jam	
8.	Memeriksa Gigi Payung	1/4 jam	
	Jumlah	2 3/4 jam	

Jadi dalam melakukan inspeksi selama 1 tahun maka didapat total biaya Rp 19.250

Tabel 4.18. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *small repair* (Tahun 2016)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Mengganti busi motor bakar	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memperbaiki Sambungan Selang Bertekanan yang bocor	1/4jam	Rp 1.750
3.	Mengatur Kekencangan Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Pemberian Greas pada Gigi Payung	1/6 jam	Rp 1.150
	Jumlah	5/6 jam	Rp 6.400

Biaya yang diperlukan dalam 1 kali *small repair* tahun 2016 adalah Rp 6.400

Tabel 4.19. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *medium repair* (Tahun 2016)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
2.	Mengganti Sambungan Selang Bertekanan yang bocor	2 jam	Rp 14.000
3.	Mengganti Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Penggantian Gigi Payung	1 jam	Rp 7.000
	Jumlah	3 1/4 jam	Rp 22.750

Dalam biaya mekanik akan didapatkan dari 2x inspeksi + *small repair* + *medium repair*

$$Biaya Rp 19.250 \times 2 + Rp 6.400 + Rp 22.750 = Rp 67.650$$

No	Komponen	Hagar
1	Selang Minyak Rem	Rp 75.000
2	Penggantian sabuk	Rp 16.000
3	Gigi Payung	Rp 62.500
	Jumlah	Rp 153.500

Biaya perawatan yang dibutuhkan untuk tahun 2016 dengan biaya mekanik + biaya komponen

$$Rp 67.650 + Rp 153.500 = Rp 221.150$$

Biaya perawatan 2014,

$$F = p (1 + 1) n$$

$$F = Rp 221.150 (1 + 1) 4$$

$$F = Rp 221.150 \times 8$$

$$F = Rp 1.769.200$$

Tabel 4.20. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali inspeksi (Tahun 2017)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Memeriksa Motor Penggerak	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memeriksa Selang bertekanan	1/4 jam	Rp 1.750
3.	Memeriksa Master Silinder Pusat	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Memeriksa Tromol	3/4 jam	Rp 5.250
5.	Memeriksa Cakram	3/4 jam	Rp 5.250
7.	Memeriksa Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
8.	Memeriksa Gigi Payung	1/4 jam	Rp 1.750
Jumlah		2 3/4 jam	Rp 19.250

Jadi dalam melakukan inspeksi selama 1 tahun maka didapat total biaya Rp 19.250
 Tabel 4.21. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *small repair* (Tahun 2017)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Mengganti busi motor bakar	1/4jam	Rp 1.750
2.	Memperbaiki Sambungan Selang Bertekanan yang bocor	1/4jam	Rp 1.750
3.	Mengatur Kekencangan Puli & Sabuk	1/4 jam	Rp 1.750
4.	Pemberian Greas pada Gigi Payung	1/6 jam	Rp 1.150
Jumlah		5/6 jam	Rp 6.400

Biaya yang diperlukan dalam 1 kali *small repair* tahun 2017 adalah Rp 6.400
 Tabel 4.22. Gaji teknisi dalam kegiatan 1 kali *overhaull* (Tahun 2017)

No	Komponen	Waktu perawatan (jam)	Biaya (@ Rp7.000)
1.	Master Silinder pusat	1 jam	Rp 7.000
2.	Tromol	2/4 jam	Rp 3.500
3.	Kaliper	3/4 jam	Rp 5.250
Jumlah		2 1/4 jam	Rp 15.750

Dalam biaya mekanik akan didapatkan dari 2x inspeksi + *small repair* + *overhaull*
 Biaya Rp 19.250 x 2 + Rp 6.400 + Rp 15.750 = Rp 60.650

No	Komponen	Hagar
1	Klep Master Silinder Pusat	Rp 150.000
2	Klep master silinder roda & karet penutup	Rp 100.000
3	Karet penutup master silinder roda cakram	Rp 75.000
Jumlah		Rp 325.000

Biaya perawatan yang dibutuhkan untuk tahun 2017 dengan biaya mekanik + biaya komponen

$$\text{Rp } 60.650 + \text{Rp } 325.000 = \text{Rp } 385.650$$

Biaya perawatan 2014,

$$F = p (1 + i)^n$$

$$F = \text{Rp } 385.650 (1 + 1)^5$$

$$F = \text{Rp } 385.650 \times 10$$

$$F = \text{Rp } 3.856.500$$

Dalam perencanaan perawatan dan perbaikan Alat peraga dapat disimpulkan bahwa biaya *overhaull* Sistem Pengereman Mobil pada tahun 2013 – 2017 adalah:

$$\text{Biaya Rp } 23.900 + \text{Rp } 884.600 + \text{Rp } 1.042.800 + \text{Rp } 1.769.200 + \text{Rp } 3.856.500 = \text{Rp } 7.577.000$$

KESIMPULAN

Dalam merencanakan langkah-langkah perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga sistem pengereman mobil sebagai alat bantu proses pembelajaran dapat di simpulkan langkah-langkah perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga sistem rem sebagai berikut:

1. Kegiatan perencanaan perawatan dan perbaikan yang di perlukan dari *Complate Overhaul* 1 ke *Complate Overhaull* 2 memerlukan 9 kali inspeksi, 6 kali *Small Repair*, 2 kali *Medium Repair*.

2. Estimasi biaya *preventive maintenance* dari total perawatan 2013 sampai 2017 sebesar
 Biaya Rp 23.900+ Rp 884.600+ Rp 1.042.800+ Rp 1.769.200+ Rp 3.856.500= Rp 7.577.000

DAFTAR PUSTAKA

Hamzah, Amir. (1981). <http://fairuzelsaid.wordpress.com/2011/05/24/pengertian-dan-tujuan-alat-peraga-pendidikan/> February, 1st, 2013.
 Anonymous, (2009). Manajemen Perawatan. Kediri: Politeknik Kediri.
 Kodoatie, Robert J. (2005), Analisis Ekonomi Teknik II, Yogyakarta: Andi.

- Savanero. (2011). [www.id.scribd.com doc 57733052](http://www.id.scribd.com/doc/57733052) Sejarah Kampas Rem. February, 22th,2013
- Banara. (2010). [www.iwanbanaran.com 2010/10/01/asal-muasal-rem-cakram-yuk-kita-kupas- sama -sama](http://www.iwanbanaran.com/2010/10/01/asal-muasal-rem-cakram-yuk-kita-kupas-sama-sama). February, 22th, 2013
- Restu, Ema Adi. (2010). www.bebasbolank7.blogspot.com/2010/11/sistem-rem. February, 10th,2013
- Andun, Adhari, dan Agus Prasetyo. (2005). Overhoule Komponen Sistim Rem, Progam Keahlian Teknik Mekanik Otomotif
- Farid. (2000). Modul Pelatian Otomotif, Casis dan Transmisi. Malang: PPPTM
- Sudradjat, Ating,Ir., MT. 2011. Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri. PT Refika Aditama. February,14th. 2013.
- ModulTppmesinperkakas (2012)
- Robert j. kodoatie. (2005). Analisi ekonomi Teknik. Yokyakarta ANDI.

PERENCANAAN PERAWATAN DAN PERBAIKAN ALAT PERAGA PERAWATAN INSTALASI POMPA JENIS POMPA SENTRIFUGAL - KAPASITAS 30 L/MIN

Wahyu Sulistya

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin - Politeknik Kediri

Abstrak

Alat peraga perawatan instalasi pompa merupakan salah satu sarana yang digunakan untuk mendukung kegiatan dalam suatu kegiatan pembelajaran. Agar alat peraga tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai setiap waktu, maka perlu adanya tindakan perencanaan perawatan dan perbaikan yang harus diberikan untuk alat peraga tersebut. Dalam perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga perawatan instalasi pompa diperlukan beberapa langkah-langkah pekerjaan. Langkah-langkah pekerjaan itu meliputi pencarian literatur dari berbagai sumber (Buku dan Internet) dan pengumpulan data-data alat peraga perawatan instalasi pompa. Berdasarkan perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga perawatan instalasi pompa yang telah dilakukan, didapatkan hasil kegiatan perawatan 32 kali Inspeksi, 10 kali *Small Repair* dan 5 kali *Medium Repair* untuk mencapai *Complete Repair* yang kedua. *Standard Operational Procedure* (SOP) Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa yang digunakan, yaitu terdiri dari SOP Penggunaan, SOP Pengoperasian, SOP Perawatan dan SOP Perbaikan. Dari perhitungan biaya perawatan, didapatkan biaya perawatan harian adalah sebesar Rp 900.000,-, total biaya kegiatan bulanan adalah sebesar Rp 204.000,-, biaya *Preventive Maintenance* pada tahun 2012 adalah Rp 1.308.000,-, biaya *Preventive Maintenance* untuk tahun 2013 adalah Rp 1.504.200,-, biaya *Preventive Maintenance* untuk tahun 2014 adalah Rp 1.729.830,-, biaya *Overhaul* pompa tahun 2014 adalah Rp 136.217,5.

Kata Kunci: Perawatan, Instalasi Pompa.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pompa merupakan salah satu jenis mesin yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Zat cair tersebut contohnya adalah air, oli atau minyak pelumas, atau fluida lainnya yang memiliki sifat tak mampu dimampatkan. Pompa juga dipakai pada motor bakar yaitu sebagai pompa pelumas, bensin atau air pendingin. Jadi pompa sangat penting untuk kehidupan manusia secara langsung yang dipakai dirumah tangga atau secara tidak langsung seperti pada pemakaian pompa di industri.

Mengingat pentingnya manfaat pompa bagi kehidupan manusia, maka perlu adanya pemahaman yang baik mengenai

pompa dan instalasinya. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu adanya suatu kurikulum pembahasan tentang pompa dan instalasinya, serta langkah perawatan dan perbaikan dalam dunia pendidikan. Untuk menunjang hal tersebut, maka penting adanya suatu Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa dalam dunia pendidikan, guna memperjelas makna bahan pelajaran sehingga lebih mudah dalam memahaminya. Melihat permasalahan tersebut maka dibuatlah Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa sebagai alat bantu proses pembelajaran.

Alat peraga ini menggunakan Jenis pompa air yang pada umumnya dipakai dirumah tangga dengan jenis pompa sentrifugal kapasitas 30L/min. Alat peraga ini menggunakan dua buah pompa dengan

spesifikasi yang sama, dengan jumlah lebih dari satu pompa air yang digunakan nantinya instalasi pompa yang dibuat dapat dirangkai secara seri maupun secara paralel. Sehingga dapat diketahui perbedaan antara sistem kerja rangkaian instalasi pompa secara seri dengan sistem kerja rangkaian instalasi pompa secara paralel. Agar alat peraga tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai setiap waktu untuk proses pembelajaran, penting adanya tindakan perawatan dan perbaikan yang harus diberikan.

Perencanaan perawatan dan perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa tersebut berisikan langkah-langkah pekerjaan perawatan dan perbaikan komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa, Jadwal Perencanaan perawatan dan perbaikan yang dilakukan, *Standard Operational Procedure* (SOP) dan Estimasi Biaya Perawatan yang dikeluarkan. Perencanaan perawatan dan perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa tersebut dilakukan dari *Overhaul* ke *Overhaul*, direncanakan dengan periode perawatan dari *Overhaul* ke *Overhaul* selama dua tahun. Untuk mengetahui estimasi biaya yang dikeluarkan dalam perawatan dan perbaikan yang dilakukan, maka diambil dan dimunculkan periode perawatan tahun 2012-2014.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut: "Bagaimana membuat Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Jenis Pompa Sentrifugal Kapasitas 30L/Min Periode 2012-2014?".

Batasan Masalah

Dalam Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Jenis Pompa Sentrifugal Kapasitas

30L/Min Periode 2012-2014 diperlukan beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Membahas langkah-langkah perencanaan perawatan dan perbaikan komponen utama dan komponen penunjang Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.
2. Membuat jadwal perawatan dan perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.
3. Membuat *Standard Operational Procedure* (SOP) penggunaan, pengoperasian, perawatan dan perbaikan.
4. Menentukan estimasi biaya perawatan dan perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.
5. Tidak merencanakan perhitungan perencanaan pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.

Tujuan

Tujuan dari Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga ini sebagai berikut: Dapat membuat Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Jenis Pompa Sentrifugal Kapasitas 30L/Min Periode 2012-2014.

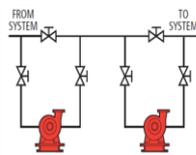
TINJAUAN PUSTAKA

Instalasi Pompa

Instalasi memiliki arti suatu proses yang dilakukan dengan cara menggabungkan, menyatukan dan mengumpulkan suatu komponen dengan syarat-syarat yang telah ada yang bertujuan untuk memudahkan jalannya suatu aktifitas atau fungsi tertentu. Perencanaan instalasi merupakan segala bentuk penyusunan rencana yang berkaitan dengan kegiatan penginstalasian yang akan dilakukan. Dimana "rencana" berarti suatu usaha yang belum dilakukan dengan cara menyusun langkah-langkah untuk tujuan tertentu (Tim Dosen, 2011).

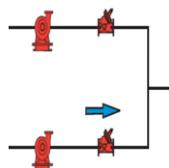
Dalam penggunaannya, instalasi pompa dapat dirangkai secara seri dan secara paralel sesuai dengan kebutuhan, untuk

mewujudkannya diperlukan lebih dari satu pompa dalam pemasangannya. Pemasangan rangkaian instalasi pompa secara seri digunakan untuk keperluan pemindahan fluida cair yang relatif jauh atau tinggi dalam arti "head" yang besar, maka diperlukan pemasangan pompa secara seri dengan kapasitas pompa relatif sama (anonim, 2012). Head adalah bentuk energi yang dinyatakan dalam satuan panjang "m" (SI). Head pada persamaan diatas terdiri dari head ketinggian "Z", head kecepatan " $v^2/2g$ ", dan head tekanan " $P/\rho g$ " (Anis, Karnowo, 2008).



Gambar 1. Rangkaian Instalasi Pompa Seri
Sumber: Bell, Gossett (2010)

Sedangkan pemasangan rangkaian instalasi pompa secara paralel memberikan solusi yang terbaik untuk persoalan yang menyangkut kapasitas atau debit air yang dihasilkan, dengan kata lain pemasangan rangkaian instalasi pompa secara paralel digunakan untuk menambah kapasitas karena peningkatan kebutuhan akan zat cair. Rangkaian instalasi pompa secara paralel dipergunakan dua atau lebih pompa yang tipe, jenis, ukuran dan data teknis yang sama (anonim, 2012).



Gambar 2. Rangkaian Instalasi Pompa Paralel
Sumber: Bell, Gossett (2010)

Pompa

Dalam penggunaannya pompa memiliki dua kegunaan utama, antara lain; dapat memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lainnya (misalnya air dari *aquifer* bawah tanah ke tangki penyimpanan air), dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar sistem

(misalnya air pendingin atau pelumas yang melewati mesin-mesin dan peralatan).

Pompa memiliki berbagai macam ukuran untuk penggunaan yang luas. Pompa-pompa dapat digolongkan menurut prinsip operasi dasarnya seperti pompa dinamik atau pompa pemindahan positif. Berikut ini merupakan klasifikasi dari jenis-jenis pompa.

a. Pompa Perpindahan Positif

Pompa Perpindahan Positif yaitu pompa yang bekerja menghisap zat cair, kemudian menekan zat cair tersebut, selanjutnya zat cair dikeluarkan melalui katup atau lubang keluar (Anis, Karnowo, 2008).

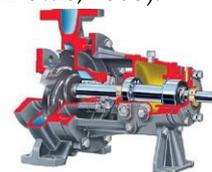
1. Pompa *Reciprocating*
2. Pompa *Rotary*

b. Pompa Dinamik

Pompa Dinamik juga dikarakteristikan oleh cara pompa tersebut beroperasi. *Impeller* yang berputar mengubah energi kinetik menjadi tekanan atau kecepatan yang diperlukan untuk memompa fluida (Anonim, 2006). Secara umum Pompa dinamik dibagi mejadi dua, yaitu Pompa Sentrifugal dan Pompa dengan efek khusus.

1. Pompa Sentrifugal

Pada Pompa Sentrifugal terdapat sudu-sudu *impeller* yang berfungsi mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ketempat yang lebih tinggi. *Impeller* dipasang pada poros pompa yang berhubungan dengan motor penggerak, biasanya motor listrik atau motor bakar. Poros pompa akan berputar apabila penggeraknya berputar. (Anis, Karnowo, 2008).



Gambar 3. Jenis Pompa Sentrifugal
Sumber: Anis, Karnowo (2008)

- a) Pompa Jenis Rumah
- b) Pompa Jenis Difuser,
- c) Pompa Jenis Turbin

Perpipaan

Perpipaan adalah suatu alat yang fungsi atau kegunaannya sebagai tempat mengalirnya zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Bahan-bahan pipa secara umum terbuat dari; *carbon steel*, *carbon moly*, *galvanees*, *ferro nikel*, *stainless steel*, PVC (paralon) dan *Chrome moly*. Sedangkan bahan-bahan pipa secara khusus dikelompokkan sebagai berikut; *vibre glass*, aluminium, *wrought iron* (besi tanpa tempa), *copper* (tembaga), *red brass* (kuningan merah), *monel* (timah tembaga), *inconel* (besi timah chrom) (Raswari, 2007).

Katup (Valve)

Katup digunakan untuk mengatur aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat sebagian dari jalannya aliran. Katup merupakan salah satu komponen penting dalam sistem perpipaan. Dibawah ini ada berbagai macam katup yang biasa digunakan di dunia industri dan rumah tangga (Raswari, 2007).

1. Katup Pintu (*Gate Valves*)
2. Katup Cek (*Check Valves*)
3. Katup Bola (*Ball Valves*).

Sambungan

Sambungan berfungsi sebagai pengendalian dan instrumentasi lainnya dari suatu sistem instalasi pompa. Sambungan perpipaan dapat dikelompokkan. Sambungan cabang merupakan sambungan antara pipa dengan pipa, apakah dalam penyambungannya memerlukan alat bantu penyambung lainnya atau dapat dihubungkan secara langsung, hal ini tergantung kebutuhan serta perhitungan kekuatan (Raswari, 2007).



Gambar 4. Jenis Samb. Pipa Tipe *Fitting*
Sumber: Raswari (2007)

Alat Peraga

Alat peraga adalah suatu alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga dengan

tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar siswa lebih efektif dan efisien (Sudjana, 2002). Alat peraga sering disebut audio visual, dari pengertian alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga. Alat tersebut berguna agar pelajaran yang disampaikan guru lebih mudah dipahami oleh siswa. Dalam proses belajar mengajar, alat peraga dipergunakan dengan tujuan membantu guru agar proses belajar siswa lebih efektif dan efisien (Sanjaya, 2008).

Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktifitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai.

Pengertian Manajemen perawatan adalah pengelolaan pekerjaan perawatan dengan melalui suatu proses perencanaan, pengorganisasian serta pengendalian operasi perawatan untuk memberikan performasi mengenai fasilitas industri (Sudradjat, 2011).

Tujuan Perawatan

Perawatan merupakan kegiatan yang sangat penting untuk dilakukan dengan berbagai alasan dan tujuan-tujuan untuk dilakukannya suatu perawatan pada suatu fasilitas (mesin dan peralatan), secara umum perawatan bertujuan untuk:

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas (mesin dan peralatan) secara ekonomis maupun teknis, sehingga dalam penggunaannya dapat dilaksanakan seoptimal mungkin.
2. Memperpanjang usia kegunaan fasilitas.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan dalam keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan kerja, keamanan dalam penggunaannya (Sudradjat, 2011).

Kebijakan Perawatan

Dalam pelaksanaan perawatan, mengenal dua bentuk kebijakan dasar dari program perawatan yang umum dikenal, yaitu perawatan kerusakan (*corrective maintenance*) dan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) (Sudradjat, 2011). Berikut ini merupakan bentuk kebijakan perawatan.

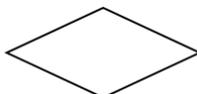
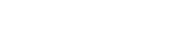
Dari bagan bentuk kebijakan perawatan di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*),
2. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*),
3. 3. Perawatan Terjadwal (*Scheduled Maintenance*),
4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*).

Prosedur Perawatan

Prosedur perawatan adalah urutan dari aktivitas-aktivitas perawatan yang perlu dilaksanakan untuk pemeliharaan terencana maupun tidak terencana, terutama pada perawatan yang terencana prosedur ini biasanya ditampilkan dalam bentuk-bentuk diagram alir, sehingga proses dari semua aktifitas akan terlihat dengan jelas urutan dan langkah-langkahnya (Sudradjat, 2011).

Tabel 1. Simbol Diagram *Flowchart*

SIMBOL	KETERANGAN
	Mulai atau selesai
	Kegiatan
	
	Keputusan
	Prosedur

Sumber: Sudradjat (2011)

Perencanaan Perawatan

Faktor penunjang keberhasilan perencanaan perawatan akan terkait dengan; ruang lingkup pekerjaan, lokasi pekerjaan, prioritas pekerjaan, metode, kebutuhan komponen dan material, kebutuhan peralatan, kebutuhan tenaga kerja, baik secara kualitas dari *skill* maupun kuantitasnya

Langkah-langkah dalam menyusun perencanaan perawatan umumnya meliputi:

1. Mendefinisikan persoalan dan menetapkan *equipment* yang akan direncanakan secara jelas sesuai tujuan dan ketetapan/kebijaksanaan organisasi perusahaan.
2. Melakukan pengumpulan informasi dan data yang berkaitan dengan seluruh kegiatan yang mungkin akan terjadi.
3. Melakukan analisis terhadap berbagai informasi dan data yang telah dikumpulkan dan mengklasifikasikannya berdasarkan kepentingan.
4. Menetapkan batasan dari perencanaan perawatan.
5. Menentukan berbagai alternatif rencana yang mungkin dapat dilakukan, yang kemudian memilihnya untuk kemudian rencana tersebut dipakai.
6. Menyiapkan langkah pelaksanaan secara rinci termasuk penjadwalannya.
7. Melakukan pemeriksaan ulang terhadap rencana tersebut sebelum dilaksanakan (Sudradjat, 2011).

Klasifikasi Perencanaan Perawatan

Berikut ini merupakan klasifikasi-klasifikasi tentang perencanaan perawatan:

1. Klasifikasi perencanaan perawatan yang didasarkan pada jenisnya, terdiri dari:
 - a. Perencanaan tahunan (*annual maintenance plans*), yang meliputi anggaran, rencana inspeksi, persiapan, pengaturan sub-kontrak, pengaturan tenaga kerja, dan lain-lain.
 - b. Perencanaan bulanan (*monthly maintenance plans*), perencanaan ini

didasarkan pada perencanaan tahunan yang meliputi persiapan, dan pelaksanaan pekerjaan perawatan, pengembangan, pengaturan beban kerja, dan lain-lain.

- c. Perencanaan mingguan dan harian (*weekly maintenance plans*), menyangkut rencana pelaksanaan, pengaturan tenaga kerja, pengendalian progress pelaksanaan pekerjaan perawatan, dan lain-lain.
 - d. Perencanaan kerja yang bersifat terpisah (*major maintenance project*), meliputi jadwal perbaikan secara periodik, modifikasi, ataupun *Overhaul*.
2. Klasifikasi perencanaan perawatan berdasarkan metode, menyangkut:
- a. Perawatan terjadwal,
 - b. Perawatan prediksi,
 - c. Perawatan berdasarkan kerusakan (*breakdown maintenance*).
3. Klasifikasi perencanaan perawatan berdasarkan waktu pelaksanaan, bisa meliputi:
- a. Pekerjaan perawatan dan perbaikan yang direncanakan untuk dilaksanakan pada saat mesin/peralatan tidak beroperasi seperti di hari libur, *over time*, dll.
 - b. Rencana pekerjaan yang bisa dilakukan pada saat mesin berjalan (Sudradjat, 2011).

Penjadwalan Pekerjaan Perawatan

Penjadwalan dalam sistem kerja perawatan merupakan rencana kerja yang tersusun dan saling terkait satu sama lainnya dengan berbasis waktu guna mengefektifkan kerja, sehingga akan diperoleh hasil yang baik.

Tujuan dari penjadwalan perawatan adalah; meningkatkan utilitas sumber yang dimiliki, meningkatnya utilitas berarti berkurangnya waktu menganggur sumber tersebut dan mengurangi jumlah pekerjaan yang menunggu dan jumlah pekerjaan yang terlambat. Dalam sistem perawatan terdapat

empat kategori yang merupakan tahapan dasar dalam melakukan pekerjaan perawatan, yaitu Inspeksi (*Inspection*), Reparasi Kecil (*Small Repair*), Reparasi Menengah (*Medium Repair*), dan Perbaikan Menyeluruh (*Complete Repair*).

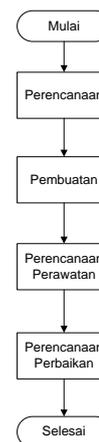
Biaya Perawatan

Biaya/ongkos perawatan dalam undang-undang perpajakan didefinisikan sebagai pengeluaran atau belanja untuk perbaikan dan pemulihan dari kinerja peralatan, dalam hal ini masih mencakup pemotongan biaya. Biaya perawatan dan perbaikan secara finansial dapat diklasifikasikan sebagai “Ongkos Pengeluaran” (*expenses expenditure*) dan secara umum diklasifikasikan kedalam biaya material, biaya buruh, biaya pembayaran perbaikan dan sebagainya

METODOLOGI

Metode Penyusunan Tugas Akhir

Dalam melaksanakan pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa diperlukan berbagai langkah-langkah proses pengerjaan, diantaranya dapat dilihat pada langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut:

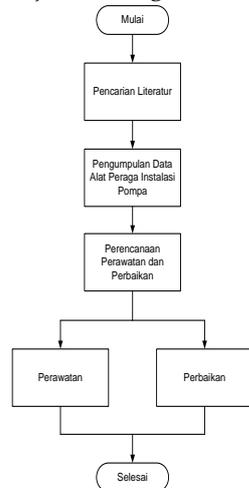


Gambar 5. Langkah-Langkah Penyusunan Tugas Akhir

Metode Pekerjaan Perawatan dan Perbaikan

Metode yang digunakan dalam pembuatan Perencanaan Perawatan Dan

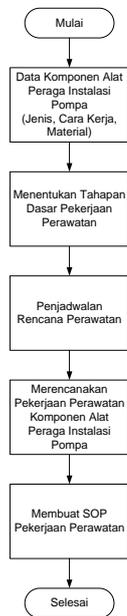
Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa ditunjukkan melalui langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 6. Langkah-Langkah Perencanaan Perawatan dan Perbaikan

Metode Perencanaan Perawatan

Metode yang digunakan dalam Perencanaan Perawatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa ditunjukkan melalui langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut:

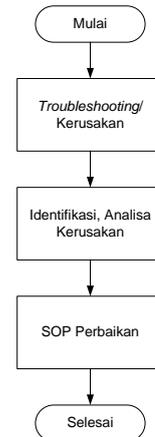


Gambar 7. Langkah-Langkah Perencanaan Perawatan

Metode Perencanaan Perbaikan

Metode yang digunakan dalam Perencanaan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa ditunjukkan

melalui diagram alir (flowchart) sebagai berikut:



Gambar 8. Langkah-Langkah Perencanaan Perbaikan

Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa memiliki fungsi dapat membantu memperjelas makna tentang fungsi dan macam-macam pengaplikasian rangkaian instalasi pompa dalam kehidupan, sehingga ketercapaian target proses kegiatan belajar mengajar tentang instalasi pompa yang lebih efektif dan efisien dapat terpenuhi.



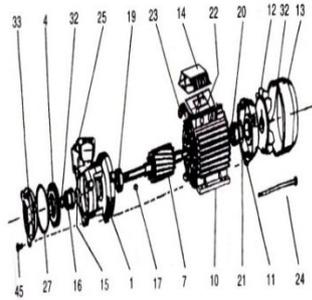
Gambar 9. Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Jenis Komponen-Komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Ditinjau berdasarkan uraian tentang komponen-komponen utama dan berbagai jenis dari tiap komponen-komponen utama

instalasi pompa diatas, komponen-komponen dari Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa ini adalah sebagai berikut:

1. Pompa, Dibawah ini merupakan konstruksi dari pompa yang digunakan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Konstruksi Pompa Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Sumber: *Manual Book Pompa Air Sunrise*

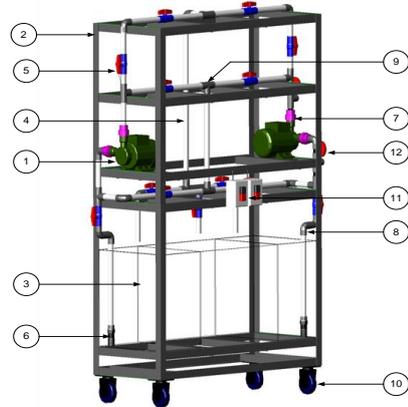
Keterangan:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1 = Pump body | 19 = Ball bearing |
| 4 = Impeller | 20 = Ball bearing |
| 7 = Shaft | 21 = Spring washer |
| 10 = Motor body | 22 = Terminal block |
| 11 = Motor end cover | 23 = Capacitor |
| 12 = Fan | 24 = Tie bolt |
| 13 = Fan cover | 25 = Filling plug |
| 14 = Terminal cover | 27 = "O" ring |
| 15 = Splash guard | 32 = Locking ring |
| 16 = Mechanical seal | 33 = End cover |
| 17 = Shaft key | 45 = Screw |

2. Penggerak Pompa, adalah jenis pompa dengan penggerak motor listrik.
3. Perpipaan, disimpulkan material pipa yang digunakan untuk Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa tersebut adalah material pipa jenis pipa PVC.
4. Katup, maka dapat disimpulkan bahwa katup yang digunakan pada sistem instalasi perpipaan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa adalah katup jenis *Ball Valve* (Katup Bola).
5. Sambungan, maka dapat disimpulkan bahwa sambungan yang digunakan pada sistem instalasi perpipaan Alat Peraga Instalasi Pompa ini menggunakan tipe sambungan dengan menggunakan *fittings* (alat penyambung).

Komponen-Komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Berikut ini komponen-komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.



Gambar 11. Komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Keterangan:

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1 = Pompa | 9 = Sambungan pipa T |
| 2 = Rangka | 10 = Roda |
| 3 = Bak penampung | 11 = Saklar |
| 4 = Pipa | 12 = Manometer bordon |
| 5 = Katup/valve | |
| 6 = Foot valve/tusen klep | |
| 7 = Water mur | |
| 8 = Sambungan pipa L | |

PEMBAHASAN

Perawatan Dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Dalam sistem perawatan dan perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa terdapat empat kategori yang merupakan tahapan dasar dalam melakukan pekerjaan perawatan dan perbaikan, yaitu Inspeksi (*Inspection*), Reparasi Kecil (*Small Repair*), Reparasi Menengah (*Medium Repair*), dan Perbaikan Menyeluruh (*Complete Repair*), dengan penjelasan masing-masing pekerjaan sebagai berikut:

1. Inspeksi (*Inspection*)

Pekerjaan yang dikerjakan adalah sebagai berikut:

- a. Memeriksa keseluruhan kebersihan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.
 - b. Memeriksa sambungan baut dan mur, rangka dari serangan karat.
 - c. Memeriksa kekuatan kekencangan sambungan baut dan mur pada rangka.
 - d. Memeriksa kekuatan kekencangan baut dan mur pada dudukan pompa.
 - e. Memeriksa adanya bunyi dan getaran pompa yang berlebihan.
 - f. Memeriksa minyak pelumas pada bantalan (*ball bearing*) poros pompa.
 - g. Memeriksa kebocoran rumah pompa.
 - h. Memeriksa sistem kelistrikan pada pompa.
 - i. Memeriksa kekencangan sambungan terminal kabel pada saklar (*switch*) *push button*.
 - j. Memeriksa kebocoran pada instalasi pipa dan sambungan pipa.
 - k. Memeriksa kinerja mekanisme katup.
 - l. Memeriksa kebocoran bak penampung.
 - m. Memeriksa minyak pelumas pada mekanisme bantalan roda.
 - n. Memeriksa kekencangan baut dan mur pengikat roda ke rangka.
2. Reparasi Kecil (*Small Repair*)
Pekerjaan yang dikerjakan adalah sebagai berikut:
- a. Melakukan pekerjaan inspeksi secara keseluruhan.
 - b. membersihkan setiap komponen-komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa dari debu, kotoran, air dan bercak air yang telah mengering sisa dari pengoperasian.
 - c. Bersihkan dengan ampelas halus apabila terdapat karat pada sambungan baut dan mur, atau gunakan *grease* untuk melumasi permukaannya.
 - d. Kencangkan sambungan baut dan mur pada rangka apabila mengalami penurunan kekencangan.
 - e. Kencangkan baut dan mur pada dudukan pompa apabila mengalami penurunan kekencangan.
 - f. Lumasi bantalan (*ball bearing*) pompa.
 - g. Kencangkan baut pengunci *end cover* apabila terjadi kebocoran.
 - h. Bersihkan dan kencangkan sambungan kabel pada *terminal block* pompa.
 - i. Periksa sistem kelistrikan pada pompa menggunakan multimeter (AVO meter).
 - j. Membersihkan terminal sambungan kabel pada saklar (*switch*), dan pemeriksaan kondisi kabel dan sambungan steker dari kecacatan.
 - k. Kencangkan sambungan kabel pada saklar (*switch*) *push button* apabila lepas atau kendur.
 - l. Tutup kebocoran apabila terjadi kebocoran pada instalasi pipa dan sambungan pipa menggunakan lem khusus pipa PVC.
 - m. Tutup kebocoran apabila terjadi kebocoran pada bak penampung menggunakan lem kaca.
 - n. Lumasi bantalan roda meja.
 - o. Kencangkan baut dan mur pengikat roda apabila kendur.
3. Reparasi Menengah (*Medium Repair*)
Pekerjaan yang dikerjakan adalah sebagai berikut:
- a. Melakukan pekerjaan inspeksi dan pekerjaan reparasi kecil secara keseluruhan.
 - b. Membersihkan rumah pompa dan *impeller* dari kerak dan kotoran yang menempel pada permukaan *impeller*.
 - c. Memeriksa mekanisme *seal* (*Mechanical seal*) rumah pompa dari kebocoran, dan ganti apabila kondisi telah cacat atau rusak.
 - d. Memeriksa dan membersihkan "O" ring pada penutup (*end cover*) *impeller* pompa dari kebocoran, dan ganti apabila kondisi telah cacat atau rusak.
 - e. Pengujian kinerja pompa.

- f. Pengecatan body pompa, body motor listrik dan rangka apabila kondisi lapisan cat telah rusak.
4. Perbaikan Menyeluruh (*Complete Repair*) Pekerjaan yang dikerjakan adalah sebagai berikut:
- a. Melakukan pekerjaan inspeksi, pekerjaan reparasi kecil dan pekerjaan reparasi menengah secara keseluruhan.
 - b. *Overhaul* pompa, memeriksa, membersihkan dan memperbaiki atau mengganti komponen-komponen dari pompa yang telah rusak atau cacat.
 - c. Memperbaiki instalasi pipa yang mengalami kecacatan (pecah, retak atau robek) dengan metode pengeleman, pengelasan plastik (PVC) dan penggantian apabila kondisi tidak memungkinkan untuk dilakukan perbaikan dengan metode pengeleman maupun metode pengelasan plastik (PVC).

Jadwal Perawatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Untuk melaksanakan pekerjaan perawatan dan perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa ini, diperlukan penjadwalan kegiatan yang terencana. Penjadwalan berfungsi sebagai petunjuk kerja bagi teknisi (pelaksana pekerjaan perawatan) dalam melakukan pekerjaan perawatan dan perbaikan.

Kegiatan perawatan meliputi Inspeksi, *Small Repair*, *Medium Repair* serta *Complete Repair* dapat dilihat pada penjadwalan diatas. Kegiatan pertama kali adalah *Complete Repair* alat peraga pada minggu kedua, kemudian kegiatan Inspeksi, sedangkan kegiatan *Small Repair* dilaksanakan setiap dua kali menjalankan Inspeksi, untuk kegiatan *Medium Repair* dilaksanakan setiap dua kali *Small repair* serta ditambah dua kali Inspeksi. Kegiatan *Medium Repair* dapat dilaksanakan setiap dua kali pelaksanaan *Small Repair* ditambah dua kali Inspeksi dan kegiatan *Complete*

Repair dilaksanakan setelah lima kali *Medium Repair* ditambah dua kali Inspeksi. Berikut ini adalah urutan kegiatan diatas:

- CR1 - I1 - I2 - SR1 - I3 - I4 - SR2 - I5 - I6 - MR1 - I7 - I8 - SR3 - I9 - I10 - SR4 - I11 - I12 - MR2 - I13 - I14 - SR5 - I15 - I16 - SR6 - I17 - I18 - MR3 - I19 - I20 - SR7 - I21 - I22 - SR8 - I23 - I24 - MR4 - I25 - I26 - SR9 - I27 - I28 - SR10 - I29 - I30 - MR5 - I31 - I32 - CR2.

Perawatan dan Perbaikan yang diperlukan dari *Complete Repair* 1 sampai *Complete Repair* 2 adalah 32 kali Inspeksi, 10 kali *Small Repair* dan 5 kali *Medium Repair*.

Rencana Perawatan Komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa terdiri dari beberapa komponen utama dan komponen pendukung. Perawatan komponen utama dan komponen pendukung Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Perawatan komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

No.	Komponen	Perawatan
1.	Pompa	a. Membersihkan body pompa dari debu dan kotoran yang menempel pada body pompa menggunakan majun atau lap bersih dan kering, kuas. b. Pengecekan sistem kelistrikan pada pompa. c. Memeriksa adanya bunyi dan getaran pompa yang berlebihan. d. Memberi minyak pelumas pada bantalan (ball bearing) pompa. e. Membersihkan rumah pompa dan impeller dari kerak dan kotoran. f. Pengecekan kebocoran rumah pompa yang disebabkan kerusakan mekanisme seal (mechanical seal) dan lajat. g. Memeriksa dan membersihkan "O" ring tutup rumah (end cover) pompa. h. Kencangkan baut pada studikan pompa apabila mengalami penurunan kelentangan.
2.	Pipa dan sambungan pipa	a. Membersihkan permukaan pipa dan sambungannya dari debu dan kotoran yang menempel menggunakan majun atau lap bersih dan kering. b. Pengecekan kebocoran pipa dan lakukan pengeleman sambungannya yang disebabkan kecacatan dan rusaknya lem.
3.	Katup	a. Membersihkan permukaan katup dari debu dan kotoran yang menempel menggunakan majun atau lap bersih dan kering, kuas. b. Memeriksa kebocoran dari pengeleman sambungannya. c. Memeriksa kondisi mekanisme kerja katup.
4.	Bak penampung	a. Membersihkan dari debu, kotoran dan air sebelum dan sesudah digunakan menggunakan majun atau lap basah, camote, dan sela segera menggunakan lap kering dan bersih. b. Memeriksa kebocoran pengeleman sambungan. c. Memeriksa kebocoran saluran pembuangan air pada bak penampung.
5.	Kelistrikan	a. Periksa sistem kelistrikan pada pompa menggunakan multimeter (AVO meter). b. Membersihkan permukaan luar dan dalam saklar (switch) menggunakan majun dan kuas bersih dan kering, dan pemeriksaan kondisi kabel dan steker dari kecacatan. c. Kencangkan sambungan terminal kabel pada saklar (switch) push button apabila lepas atau kendur.
6.	Rangka	a. Membersihkan permukaan rangka dari debu, kotoran dan sisa air yang mengering yang menempel pada permukaan rangka menggunakan majun bersih dan kering. b. Mengecat permukaan rangka yang telah mengalami kerusakan lapisan cat dan karat. c. Memeriksa kelentangan sambungan baut dan mur rangka dan dudukan pompa. d. Mengencangkan baut dan mur rangka dan klem pipa yang mengalami penurunan kelentangan atau kendur.
7.	Roda	a. Memeriksa minyak pelumas (grease) pada bantalan roda. b. Memberi minyak pelumas pada bantalan roda. c. Memeriksa dan kencangkan baut dan mur pengikat roda.

Troubleshooting Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Dalam pengoperasian Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa dimungkinkan terjadi permasalahan-permasalahan (*Troubleshooting*) yang akan terjadi. Berikut

ini dijelaskan berbagai permasalahan (*Troubleshooting*) yang mungkin terjadi pada Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.

Tabel 3. *Troubleshooting* Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

No.	Gejala/troubleshooting	Pemeriksaan	Penanganan
1.	Terjadi kebocoran pada sambungan pipa.	Periksa kondisi pengalaman sambungan pipa.	Tutupi kebocoran menggunakan lem pipa PVC.
2.	Terjadi kebocoran pada permukaan pipa	Periksa kondisi permukaan pipa dari kecacatan (retak, pecah, robek).	a. Tutup keretakan menggunakan lem pipa PVC. b. Tutup keretakan dengan metode pengelasan plastik. c. Ganti bagian pipa yang rusak apabila kondisi telah rusak berat, cara melapasnya dengan memanas sambungan permukaan pipa yang akan diganti menggunakan api dari kawat api atau lilin.
3.	Terjadi kebocoran pada rumah pompa.	a. Periksa kecanggihan baut pengunci rumah pompa. b. Periksa kondisi mekanisme seal (Mechanical seal) dan O-ring pada penutup rumah pompa (end cover).	a. Kencangkan baut pengunci tutup rumah pompa (end cover) perlahan-lahan dan merata secara bergantian. b. Ganti dengan yang baru apabila kondisinya telah rusak.
4.	Terjadi kebocoran pada bak penampung.	a. Periksa kondisi permukaan bak penampung. b. Periksa kerapatan pengalaman sambungan kaca. c. Periksa kerapatan seal sambungan sock drat pada saluran pembuangan air.	a. Tutup kebocoran apabila terjadi keretakan pada permukaan bak penampung menggunakan lem khusus kaca. b. Tambahkan lem khusus pada sambungan kaca. c. Kencangkan sambungan.
5.	Terjadi kerusakan pada mekanisme katup.	a. Periksa kerapatan sambungan katup. b. Periksa kondisi mekanisme katup.	a. Tambahkan lem pada sambungan katup dengan pipa menggunakan lem pipa PVC. b. Ganti katup apabila mekanisme kerja katup telah rusak.
6.	Air tidak dapat mengalir meskipun pompa hidup/bereoperasi.	a. Periksa drat kebocoran sambungan pipa pada saluran pipa hup. b. Periksa kerapatan sambungan foot saher dengan sock drat. c. Periksa kondisi seal perekat sambungan drat mekanisme foot saher. d. Periksa jumlah air pada rumah pompa.	a. Rekatkan dengan kuat sambungan antar pipa, rekatkan menggunakan lem PVC atau menggunakan metode pengelasan plastik apabila permukaan pipa mengalami kecacatan. b. Tambahkan lapisan perekat pada permukaan drat dengan seal tape. c. Ganti seal dan foot saher apabila telah cacat atau rusak. d. Isi rumah pompa dengan air melalui lubang yang tersedia pada rumah pompa sampai penuh.
7.	Air keluar lemah/ air keluar sedikit.	a. Periksa kondisi impeller. b. Periksa kondisi tutup rumah pompa (end cover).	a. Ganti dengan impeller baru apabila kondisinya telah cacat atau rusak. b. Ganti dengan penutup rumah pompa baru apabila kondisinya telah cacat atau rusak (mengalami penambahan volume).
8.	Pompa air tidak mau beroperasi, meskipun kabel listrik telah disambungkan ke sumber daya listrik.	a. Periksa sumber listrik dari stop kontak atau dari saklar menggunakan kapas. b. Pastikan penutup saklar benar-benar terpasang dengan kuat. c. Periksa sambungan terminal kabel listrik pada saklar, dan kecanggihan atau sambungan apabila kendor atau terlepas. d. Periksa sistem keselamatan pompa menggunakan multimeter (AVO meter) dari saklar.	a. Masukkan ujung tepan kedalaman stop kontak. b. Pasang penutup saklar dengan kuat dan benar. c. Kencangkan atau sambungkan sambungan kabel pada terminal saklar apabila kendor atau terlepas. d. Cabut kabel dari sumber daya listrik dan setting multimeter pada pengukuran hambatan (Ohm meter Ω), hubungkan kedua jarum konektor multimeter pada ujung kedua kabel pompa. Apabila jarum penunjuk multimeter bergerak maka kondisi kawat lilitan tidak bermasalah. Apabila jarum tidak bergerak maka dapat dipastikan kawat putus atau terfajar, kapasitor telah rusak. e. Bongkar motor listrik ganti kapasitor, atau ganti lilitan gulungan kawat induksi elektromagnet dengan cara penggulungan ulang.

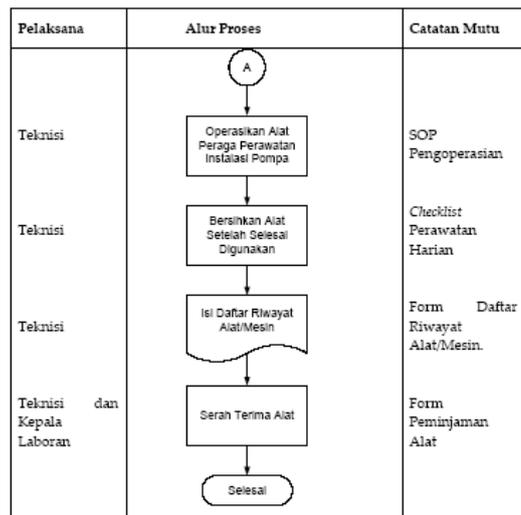
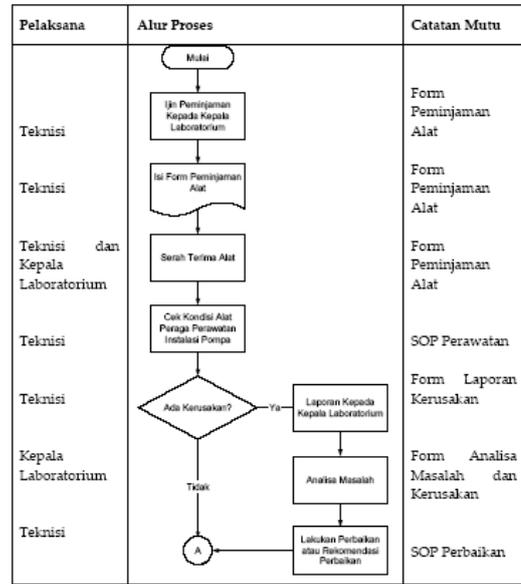
Standard Operational Procedure (SOP) Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Standard Operational Procedure Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa terdiri dari *Standard Operational Procedure* Penggunaan, *Standard Operational Procedure* Pengoperasian, *Standard Operational Procedure* Perawatan, *Standard Operational Procedure* Perbaikan. Berikut ini penjelasan dari masing-masing *Standard Operational Procedure* (SOP) Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa diatas.

Standard Operational Procedure (SOP) Penggunaan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Standard Operational Procedure (SOP) Penggunaan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa dijelaskan dengan diagram alir (*flowchart*) berikut ini:

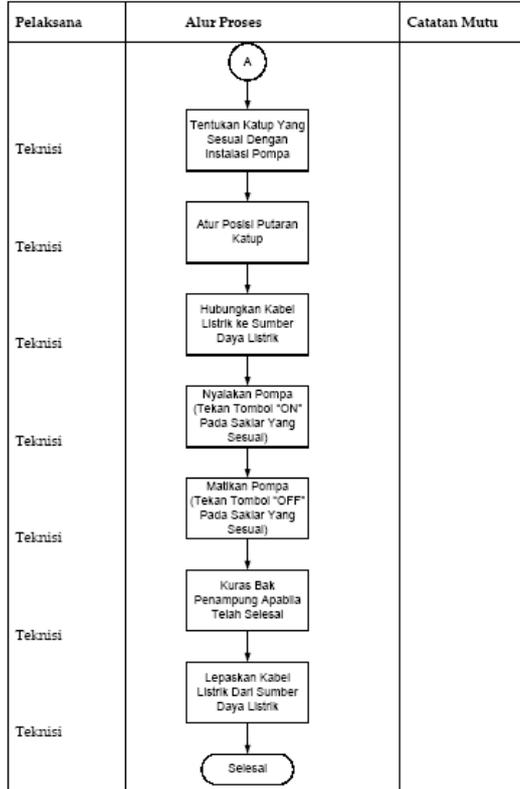
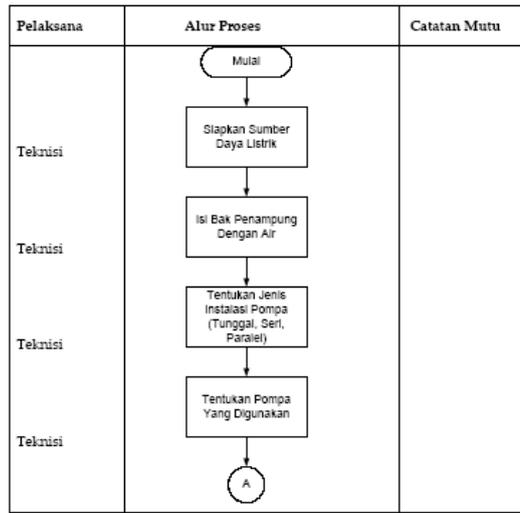
Tabel 4. Alur Proses Penggunaan



Standard Operational Procedure (SOP) Pengoperasian Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Standard Operational Procedure (SOP) Pengoperasian Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa dijelaskan dengan diagram alir (*flowchart*) berikut ini:

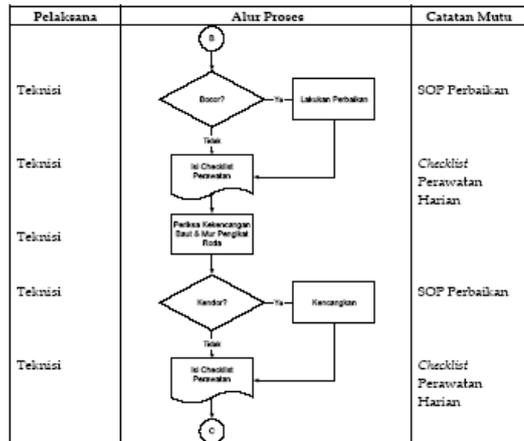
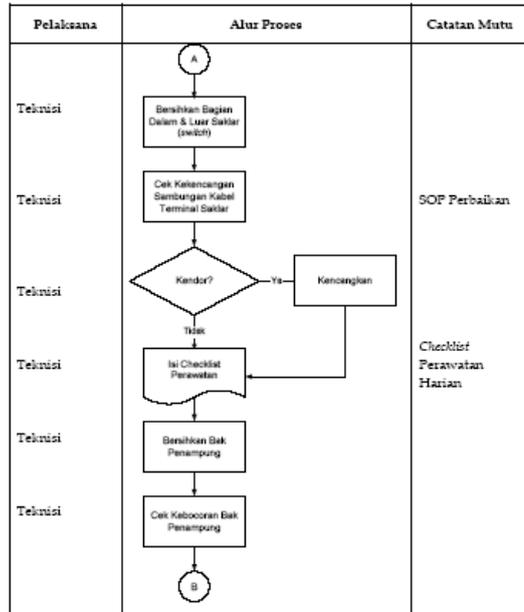
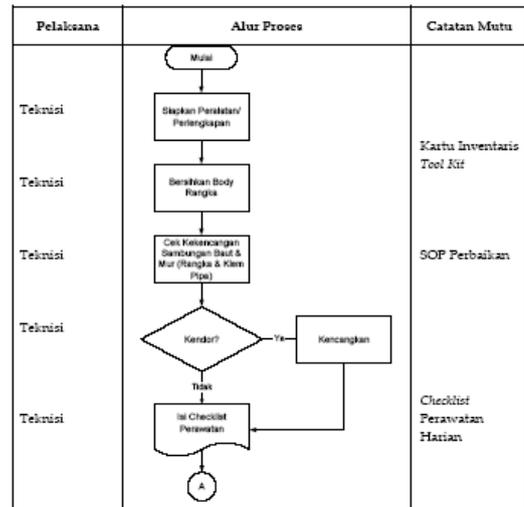
Tabel 5. Alur Proses Pengoperasian

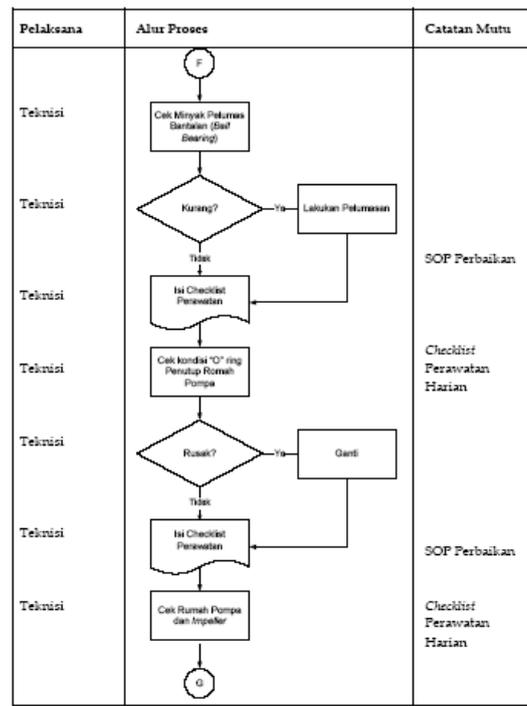
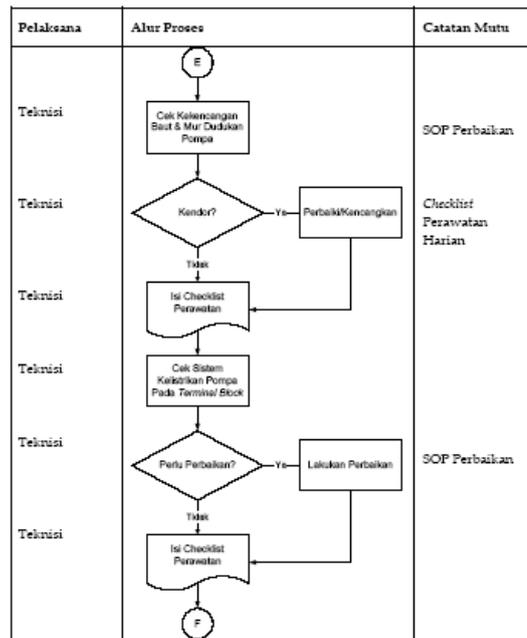
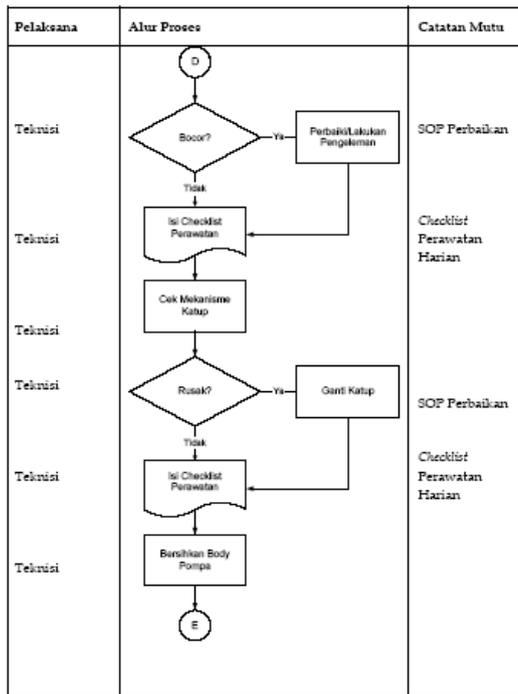
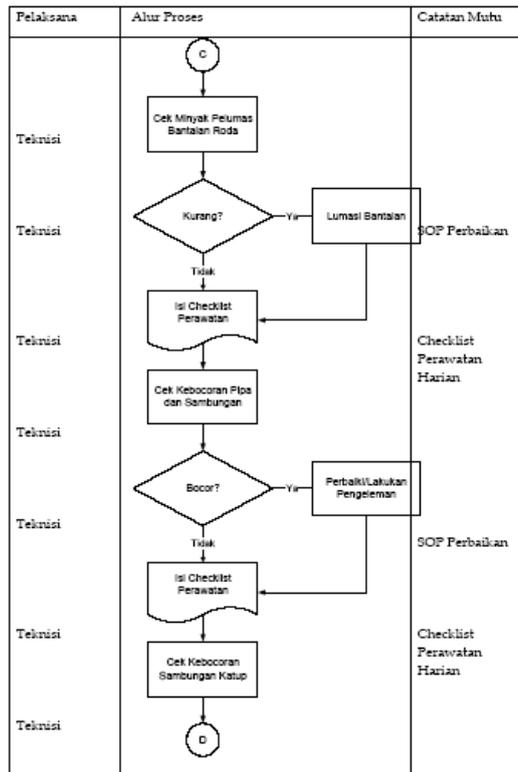


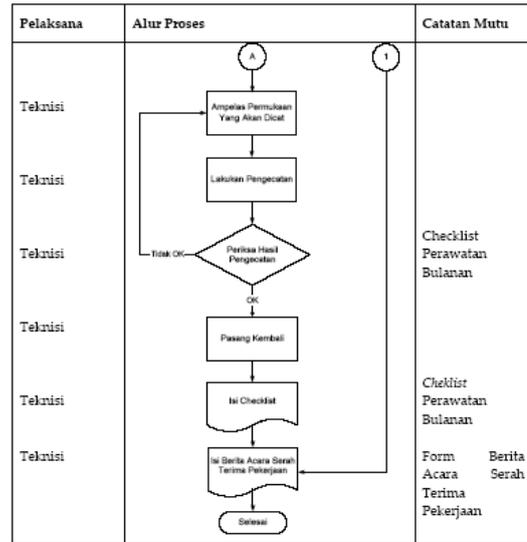
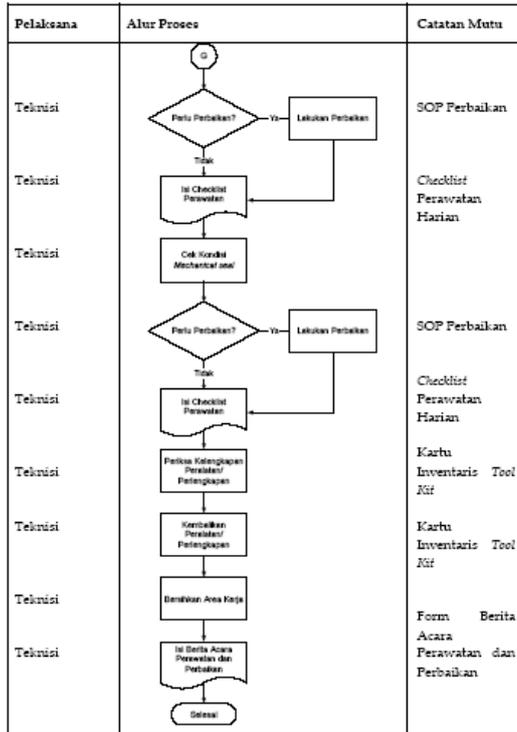
Standard Operational Procedure (SOP) Perawatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Standard Operational Procedure (SOP) Perawatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa dijelaskan dengan diagram alir (flowchart) berikut ini:

Tabel 6. Alur Proses Perawatan







KESIMPULAN

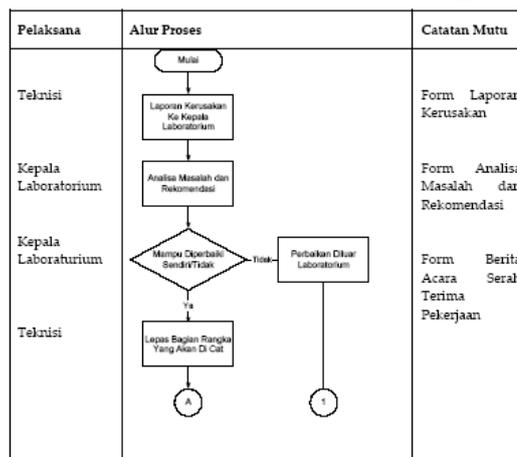
Dalam merencanakan langkah-langkah Perencanaan Perawatan Dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Jenis Pompa Sentrifugal Kapasitas 30L/Min Periode 2012-2014 dapat disimpulkan perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga perawatan instalasi pompa sebagai berikut:

1. Kegiatan perawatan dan perbaikan meliputi; Inspeksi (*Inspection*), Reparasi Kecil (*Small Repair*), Reparasi Menengah (*Medium Repair*), dan Perbaikan Menyeluruh (*Complete Repair*), Perawatan dan Perbaikan yang diperlukan dari *Complete Repair* 1 sampai *Complete Repair* 2 adalah 32 kali Inspeksi, 10 kali *Small Repair* dan 5 kali *Medium Repair*.
2. *Standard Operational Procedure* (SOP) Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa yang digunakan, yaitu terdiri dari SOP Penggunaan, SOP Pengoperasian, SOP Perawatan dan SOP Perbaikan.
3. Dari perhitungan biaya perawatan pada BAB Pembahasan, didapatkan biaya perawatan harian adalah sebesar Rp 900.000,-, total biaya kegiatan bulanan adalah sebesar Rp 204.000,-, biaya *Preventive Maintenance* pada tahun 2012 adalah Rp 1.308.000,-, biaya *Preventive Maintenance* untuk tahun 2013 adalah Rp 1.504.200,-, biaya *Preventive Maintenance*

Standard Operational Procedure (SOP) Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Standard Operational Procedure (SOP) Perbaikan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa dijelaskan dengan diagram alir (*flowchart*) berikut ini:

Tabel 9. Alur Proses Perbaikan Rangka



untuk tahun 2014 adalah Rp 1.729.830,-, biaya *Overhaul* pompa tahun 2014 adalah Rp 136.217,5,-.

DAFTAR PUSTAKA

- Anis, S. ST., MT. dan Karnowo, ST., MT. (2008). *Dasar Pompa* Universitas Negeri Semarang. Semarang: PKUPT UNES.
- Anonim. (2001). Office of Industrial Technologies. Pump Life Cycle Costs: A guide to LCC analysis for pumping systems. <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubsmotors.html>. Diakses tanggal 9 Mei 2012.
- Anonim. (2006). Pompa dan Sistem Pemompaan. <http://www.energyefficiencyasia.org>. Diakses tanggal 9 Mei 2012.
- Anonim. (2012). Pengertian Periode. <http://www.elbirtus.info/2012/07/pengertian-periode.html#ixzz26dXBVNHe>. Diakses tanggal 16 September 2012.
- Anonim. (2012). Tugas Instalasi Pompa. <http://www.scribd.com>. Diakses tanggal 9 Mei 2012.
- Ating Sudradjat, IR. MT. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Bell and Gossett. (2010). Parallel and Series Pump Application. <http://www.bellgossett.com>. Diakses tanggal 2 Agustus 2012.
- Hicks, T.G. P. E. dan T.W. Edwards, P. E. (1971). *Teknologi Pemakaian Pompa*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- I Nyoman Pujawan. (2009). *Ekonomi Teknik Edisi Kedua*. Surabaya: Guna Widya.
- Pompa Air Sunrise. (2012). Manual Book Pompa Air Sunrise. Indonesia.
- Raswari, IR. (2007). *Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Raswari, IR. (2007). *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Robert J. Kodoatie. (2005). *Analisi Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: ANDI.
- Sanjaya. (2008). Pengertian Alat Peraga. <http://www.sarjanaku.com/2011/03/pengertian-alat-peraga.html>. Diakses tanggal 8 juni 2012.
- Sularso, IR. MSME. dan Prof. Dr. Haruo Tahara. (2004). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Tim Dosen. (2011). Perencanaan Instalasi dan Perawatan Pabrik. Kediri: Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri.

Jurnal Teknik Mesin (JTM)

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin
Politeknik Kediri

Jl. Mayor Bismo 27 Kediri 64121

Telp./Fax. (0354) 683128

Email : jtm@poltek-kediri.ac.id

ISSN 2252-4444



9 772252 444017