

PENERAPAN FLEX-SENSOR PADA LENGAN ROBOT BERJARI PENGIKUT GERAK LENGAN MANUSIA BERBASIS MIKROKONTROLER

Selamat Muslimin¹, Yudi Wijanarko¹, Djoko Subagio².

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139
Teknik Produksi Dan Proses Manufaktur, Politeknik Manufaktur Astra,
Jl. Gaya Motor Raya no 8, Sunter, Jakarta Utara 14350
email : selametuslimin@gmail.com¹, email: djokosubagio91@yahoo.co.id²

Abstrak - Lengan Robot Berjari telah banyak digunakan pada industri maupun penggunaan dalam bidang pendidikan. Perancangan lengan robot berjari dibagi atas dua bagian, bagian pengendali pada lengan manusia (*Transmitter*) dan Lengan Robot Berjari (*Receiver*). Lengan robot berjari ini berbasis mikrokontroler dengan menggunakan ATmega 32A pada pengendali dan ATtiny 2313 pada robot serta dengan media transmisi *wireless* menggunakan KYL 1020U. Jari-jari robot dikendalikan oleh *Flex Sensor Spectra Symbols 4.5 inch Series SEN 08606* dengan memanfaatkan resistivitas dari *Flex Sensor* tersebut. *Flex Sensor* adalah sensor lengkung yang fleksibel secara fisik sehingga dapat mengikuti pergerakan jari manusia. *Range* resistansi sebuah *Flex Sensor* berkisar 10 K Ω – 40 K Ω . *Flex Sensor* sebagai pengendali lengan robot berjari memiliki persentase (%) kesalahan (*error*) sebesar 13% - 37,7%. Setiap perubahan kelengkungan sebesar 1^o pada *Flex Sensor* berbanding lurus dengan kenaikan nilai resistivitas sebesar 113 Ω . Kenaikan nilai resistansi terhadap derajat kelengkungan *Flex Sensor* akan berbanding terbalik dengan kenaikan nilai arus yang dihasilkan untuk menggerakkan jari robot dengan motor mini servo HS-81. Dibutuhkan keseimbangan perancangan antara mekanik dan elektronik untuk menghasilkan kinerja lengan robot berjari yang maksimal

Kata kunci : *Flex Sensor*, resistivitas, lengan robot berjari, mikrokontroler, KYL 1020U

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi didunia telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, terutama dibidang robotika. Saat ini robot telah banyak berperan dalam kehidupan manusia. Robot adalah peralatan elektro-mekanik atau mekatronika yang menghasilkan gerakan secara otomatis atau sesuai gerakan yang diperintahkan oleh manusia. Ada berbagai macam jenis robot antara lain Robot *mobile* (bergerak), Robot manipulator (tangan), Robot *humanoid*, *Flying robot*, Robot berkaki, Robot jaringan, Robot animalia, Robot *cyborg*.¹

Dalam dunia industri, robot telah mempermudah pekerjaan manusia di sebuah pabrik atau industri. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, dan pekerjaan yang berulang, hal ini dikarenakan robot memiliki akurasi dan kecepatan yang cukup tinggi. Lengan robot merupakan salah satu robot yang banyak digunakan industri sebagai alat pemindah barang produksi. Dilihat dari sudut ekonomi industri menggunakan robot mempunyai keuntungan seperti penghematan tenaga kerja, peningkatan kualitas produk,

pengurangan biaya material dan peningkatan hasil keseluruhan.²

Robot berjari merupakan teknologi robot yang dapat membantu manusia dalam setiap pekerjaannya, lengan robot berjari men-simulasikan gerakan lengan dan jari-jari manusia. Dalam pembuatan robot berjari memerlukan 5 (lima) buah motor servo sebagai penggerak lengan robot dan 5 (lima) buah motor miniservo untuk menggerakkan jari robot, untuk menggerakkan motor servo tersebut diperlukan suatu modul *servo controller* untuk mengatur pergerakan gerak lengan robot agar dapat bergerak dengan selaras dan seimbang. Lengan robot dirancang agar dapat mengikuti gerak lengan manusia, dengan menggerakkan motor servo pada setiap sendi dan jari robot. Robot ini dikendalikan dengan menggunakan suatu pengendali berbasis mikrokontroler dengan menggunakan ATmega 32, sehingga sistem gerak dari robot ini menjadi otomatis sesuai dengan program yang telah dibuat pada pengendali.

Sistem kendali gerak robot dikendalikan oleh 5 buah *Flex Sensor* sebagai sensor gerak pada jari dan Potensiometer sebagai kendali gerak pada lengan robot. Namun dewasa ini penggunaan lengan robot masih

¹ <http://id.wikipedia.org/wiki/Robot>

² D. Sharon, J. Harstein, dan G. Yantian. *Robot dan Otomasi Industri*. Jakarta : PT. Gramedia. 1992. Hlm. 293

bergantung pada *wiring* pengendali ke robot, sebagai inovasi dalam perancangan Laporan Akhir ini sistem pengiriman data atau sinyal untuk menggerakkan robot tersebut menggunakan sistem wireless dengan KYL 1020u.

Berdasarkan dari pertimbangan diatas maka penulis membuat Laporan Akhir dengan judul : **“Penerapan *Flex Sensor* Pada Lengan Robot Berjari Pengikut Gerak Lengan Manusia Berbasis Mikrokontroler“**

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang ada dirumuskan sebagai berikut :

- Bagaimana cara merancang lengan robot berjari pengikut gerak lengan manusia secara elektronik dan mekanik.
- Bagaimanana cara kerja dan karakteristik *Flex Sensor* pada lengan robot berjari dapat mengikuti gerak lengan manusia.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada Laporan Akhir ini adalah penerapan karakteristik *flex sensor* pada lengan robot berjari pengikut gerak lengan manusia.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1. Tujuan

Merancang lengan robot berjari pengikut gerak lengan manusia dengan menerapkan *Flex Sensor* sebagai komponen utama pengendali penggerak jari yang fleksibel.

1.4.2. Manfaat

- Mengetahui cara merancang lengan robot berjari pengikut gerak lengan manusia secara elektronik dan mekanik.
- Mengetahui cara kerja dan karakteristik *Flex Sensor* pada lengan robot berjari dapat mengikuti gerak lengan manusia.

1.5 Metodologi Penulisan

- Metode Observasi
Metode ini dilakukan dengan cara mengamati lengan robot berjari serupa sebagai acuan referensi.
- Metode Study Literatur.
Data dikumpulkan dari buku pustaka yang dan mencari informasi dari internet (cyber).
- Metode Interview
Metode ini dilakukan dengan cara tanya jawab atau mendiskusikan materi kepada Pembimbing Laporan Akhir dan yang ahli dibidangnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi Robot Manipulator yang berbentuk mirip dengan lengan manusia dan berfungsi membantu pekerjaan manusia yaitu dengan mengaplikasikan lengan robot tersebut didalam dunia industri, dapat digunakan sebagai pemindah barang dengan berat barang berskala besar, dengan kecepatan dan ketepatan yang akurat, pengendaliannya pun bisa berupa otomatis atau secara manual. Otomatis robot merupakan robot yang dapat bergerak sesuai dengan sistem gerakanya tanpa harus ada campur tangan manusia. Manual robot merupakan robot yang bergerak sesuai dengan sistem gerakanya tapi dengan bantuan operator sebagai pengendalinya.

Lengan robot pada umumnya terdiri dari bahu, persendian dan tangan yang bisa berupa sebuah gripper atau tangan yang memiliki jari seperti halnya tangan manusia sebagai pengambil objek. Bagian tangan robot dikenal sebagai manipulator tangan, yaitu sistem gerak yang berfungsi untuk manipulasi (memegang, mengambil, mengangkat, memindahkan, mengolah) objek. Untuk melakukan pengambilan objek lengan robot ini dilengkapi dengan *gripper* (pemegang) yang berupa jari-jari seperti halnya jari manusia. Lengan robot didesain agar dapat mengikuti gerak sesuai dengan gerakan yang dilakukan oleh gerakan lengan manusia, input pengontrol dibuat dengan potensiometer untuk persendian lengan dan *Flex Sensor* yang diletakkan pada jari-jari manusia dengan cara membuat pengendali yang sesuai dengan bentuk lengan dan jari-jari manusia agar dapat digunakan sebagai penggerak sendi-sendi pada lengan robot.

2.1 Konsep Dasar Manipulator Robot

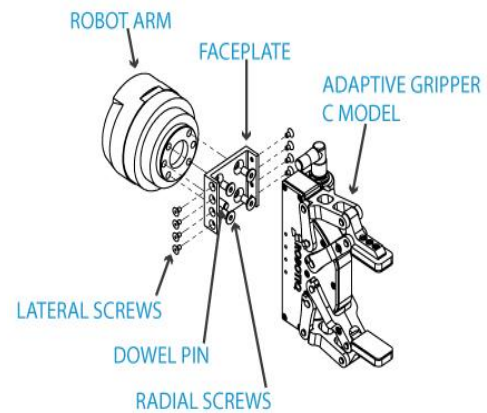
Manipulator merupakan sistem mekanik yang menunjukkan pergerakan dari robot. Sistem mekanik ini terdiri dari susunan link (rangka) dan joint (engsel) yang mampu menghasilkan gerakan yang terkontrol, sebagai rangkaian umpan balik terbuka maupun rangkaian umpan balik tertutup yang dihubungkan dengan sendi-sendi dan dapat melakukan gerakan-gerakan secara bebas. Beberapa istilah dalam manipulator robot yaitu :³

1. *Joint* (Sendi) yaitu koneksi antar *link* yang dapat menentukan pergerakan. Pada gambar 1 merupakan contoh *joint* (sendi) pada robot.

³http://cuteowl9.kemakom.org/upload/Pengenalan_Robotika.pdf



Gambar 1. Joint (sendi) pada lengan robot
(Sumber : <http://yudhistira-suryanto--fst08.web.unair.ac.id/>)



Gambar 2 Contoh Gripper Pencengkrum
(Sumber :

<http://support.robotiq.com/display/AGC/3.2+Mechanical+connections>)

2. *Link* merupakan bagian-bagian kerangka yang kaku yang dihubungkan secara bersamaan sehingga membentuk suatu rangkaian kinematic.

2.1.1 Bagian-bagian manipulator lengan robot

Secara umum manipulator lengan robot itu terdiri dari :⁴

– Mekanikal tangan (*Mechanical Arm*).

Merupakan pembentukan utama konstruksi pada lengan robot, dimana pembentukannya disesuaikan dengan kebutuhan dari lengan robot dan pengendali lengan robot tersebut.

– *End Effector*

Merupakan suatu komponen pada lengan robot yang mempunyai fungsi mencengkrum suatu objek tertentu untuk di pegang atau di pindahkan. Jenis-jenis *End-Effector* diantara lain *Gripper* dan *Tools*. Namun pada Laporan Akhir ini menggunakan tipe *Gripper* sebagai *End Effector* Robot.

– *Gripper* (Pencengkrum) :

Merupakan suatu piranti yang digunakan untuk mencengkrum suatu objek. Pada gambar 2 merupakan contoh *Gripper* dengan tipe pencengkrum.

2.1.2 Derajat Kebebasan (*Degrees Of Freedom*)

Derajat kebebasan pada robot dapat diartikan sebagai jumlah gerakan independen yang dapat dibuat oleh suatu objek terhadap sistem koordinat yang dapat menyebabkan perubahan posisi atau orientasi. Dalam menentukan jumlah derajat kebebasan yang dimiliki oleh sebuah robot, tidak dapat dilakukan hanya dengan menghitung jumlah persendian (*joint*) yang dimiliki oleh robot, karena tidak semua gerakan independen yang dibuat oleh persendian dapat dikategorikan sebagai derajat kebebasan. Terdapat enam gerakan independen yang dapat dibuat oleh suatu objek yang disebut sebagai derajat kebebasan yaitu tiga gerakan translasi T1, T2, T3 sepanjang aksis OX, OY dan OZ, dan tiga gerakan rotasional R1, R2, R3 pada aksis OX, OY dan OZ.

DOF pada robot merupakan setiap gerakan linier atau putaran sepanjang atau sekitar pada sebuah sumbu (*axis*). Pada kasus robot industri spesifik robot manipulator merupakan sebuah rangkaian terbuka, dan karena tiap posisi sendi biasanya ditetapkan dengan variabel tunggal maka jumlah sendi sama dengan nilai derajat kebebasan.

2.2 Aktuator Robot

Aktuator merupakan suatu elemen yang mengkonversikan besaran listrik analog menjadi besaran lain, misalnya kecepatan putaran dan merupakan perangkat elektromagnetik daya gerakan sehingga dapat digunakan oleh penggerak sebuah robot. Jenis yang pokok dari penggerak adalah relai, solenoid, dan motor.⁵

Aktuator yang sering digunakan sebagai penggerak robot diantaranya : motor dc magnet permanen, motor dc

⁴ D. Sharon, J. Harstein, dan G. Yantian. *Robot dan Otomasi Industri*. Jakarta : PT. Gramedia. 1992. Hlm. 139

⁵ Frank D.Petruzella, *Elektronik Industri*, Yogyakarta : ANDI, 2001, hlm. 191.

brushles, motor dc servo, *pneumatic*, dan masih banyak lagi. Penggerak yang digunakan pada lengan robot ini ialah motor dc servo.

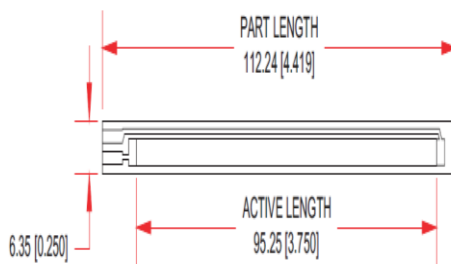
2.3 Flex Sensor

Fenomena analog yang biasa diukur di dalam sistem internal robot berhubungan dengan posisi, kecepatan, percepatan dan kemiringan/kecondongan. Sedangkan yang diukur dari luar sistem robot banyak berhubungan dengan penetapan posisi koordinat robot terhadap referensi ruang kerja.⁶

Flex Sensor merupakan sebuah sensor fleksibel yang memiliki panjang 4,5 inch. Sensor tekuk ini dipatenkan oleh *Spectra Symbol*. Hambatan sensor fleksibel ini berubah ketika bantalan logam berada diluar tekukan. Spesifikasi :⁷

1. Cakupan suhu : -35° C sampai +80° C
2. Hambatan datar : 10K Ohm
3. Toleransi hambatan : ±30%
4. Cakupan hambatan tekukan : 60K Ohm
5. Nilai *power* : 0,5 Watt dst. 1 Watt sampai batas maksimal.

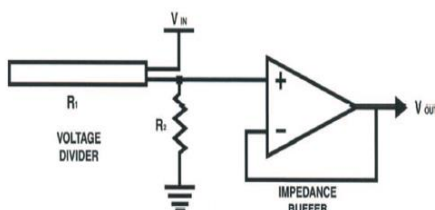
Berikut pada gambar 3 adalah diagram dimensi sebuah *Flex Sensor* :



Gambar 3. Diagram Dimensi *Flex Sensor* Series SEN 08606 (Sumber :

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Flex.pdf>)

dan pada gambar 4, berikut ini adalah rangkaian dasar dari *Flex Sensor*,



$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

Gambar 4. Rangkaian Dasar *Flex Sensor* (Sumber : <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Flex.pdf>.)

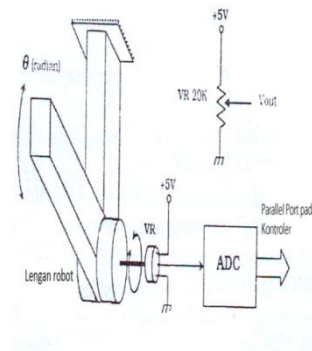
2.4 Potensiometer

Pada pergerakan sendi lengan robot berjari dibutuhkan potensiometer yang berfungsi sebagai kontrol posisi untuk mengatur pergerakan motor servo yang akan dikendalikan oleh Mikrokontroler ATmega 32A.

Potensiometer adalah sensor analog yang paling sederhana namun sangat berguna untuk mendeteksi posisi putaran, misalnya kedudukan sudut aktuator berdasarkan nilai resistansi pada putaran porosnya. Pada gambar 5, merupakan gambar yang menunjukkan rangkaian potensiometer sebagai pengendali posisi pada lengan robot. Untuk mendapatkan hasil yang linier potensiometer yang dipakai berjenis Potensiometer Linier.

Potensiometer poros merupakan hambatan variable yang dapat dirubah nilai hambatannya dengan cara memutar batang porosnya. Perputaran ini akan menggeser kedudukan hambatannya sehingga hambatan yang terbaca berbeda-beda. Potensiometer memiliki 3 kaki dan sebuah pemutar yang berguna untuk merubah hambatan yang ada didalamnya. Bentuk dan bagian potensiometer dapat dilihat pada gambar 6.

Potensiometer menggunakan kawat halus yang dililit pada batang metal. Ketelitian potensiometer tergantung dari ukuran kawat. Kawat yang digunakan biasanya adalah kawat nikelin. Penggunaan potensiometer untuk pengontrolan posisi cukup praktis karena hanya membutuhkan satu tegangan eksitasi dan biasanya tidak membutuhkan pengolahan sinyal yang rumit.

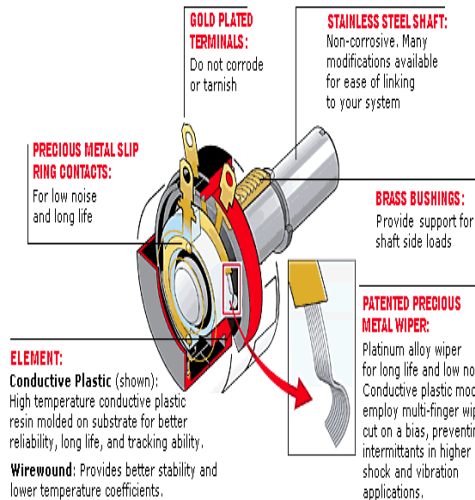


Gambar 5. Potensiometer sebagai pengendali posisi (Sumber : Endra P., *Robotika : Desain, Kontrol, dan kecerdasan Buatan*, Yogyakarta : ANDI, 2006, hlm. 60)

⁶ Endra P., *Robotika : Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta : ANDI, 2006, hlm. 59.

⁷ Maria V. Dan Dwi W.U, *Rancang Bangun Jari Tangan Robot Pengikut Pergerakan Jari Tangan Manusia*, Jurnal, Palembang : ST MIK MDP, 2013, hlm.2.

Potensiometer yang dipakai dalam Laporan Akhir ini adalah Potensiometer Linier. Potensiometer linier adalah potensiometer yang perubahannya berbanding lurus dengan tegangan output yang dihasilkan. Untuk keperluan sensor posisi, potensiometer memiliki resolusi terbatas yaitu 0,2 – 0,5%.



Gambar 6. Penampang potensiometer bagian dalam (Sumber : <http://www.etsystems.com/singledesign.asp>)

2.5 Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah motor DC kecil yang diberi sistem gear dan potensiometer sehingga dia dapat menempatkan *horn* servo pada posisi yang dikehendaki. Motor servo prinsipnya mempunyai sistem *close loop*, sehingga dapat mempertahankan *horn* pada posisinya. Motor servo terdiri dari sebuah motor dc kecil, sistem kombinasi *gear* yang berfungsi mengatur kecepatan motor dc, sebuah potensiometer, dan sebuah rangkaian controller.

Secara umum dapat difenisikan bahwa motor Servo memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi perubahan yang cepat dalam hal posisi, kecepatan, dan akselerasi. Motor Servo juga dikehendaki handal beroperasi dalam lingkup torsi yang berubah-ubah.⁸ Bentuk fisik motor servo dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 7. Motor Servo (Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/motor-servo/>)

Secara umum motor servo terdiri atas 2 jenis yaitu motor servo *standard* dan motor servo *continuous*. Motor servo *continuous* dapat bergerak sampai satu putaran penuh sebesar 360 derajat, sedangkan motor servo *standard* hanya dapat bergerak sampai setengah putaran yaitu 180 derajat.

2.6 Mikrokontroler

Penggunaan mikrokontroler pada pembuatan lengan robot ini memiliki peran yang sangat penting karena digunakan sebagai komponen utama seperti halnya otak sebagai pusat perintah untuk kerja-kerja semua organ pada manusia atau tempat pengolahan program yang dibuat untuk menggerakkan lengan robot. Pada alat ini penulis menggunakan mikrokontroler jenis AVR karena memiliki keunggulan dari segi kemampuan dan harga.

Mikrokontroler biasanya dikelompokkan dalam satu keluarga, setiap jenis mikrokontroler memiliki sistem dan fungsinya masing-masing.

Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Mikrokontroler yang digunakan dalam laporan akhir ini adalah mikrokontroler AVR jenis ATmega 32 dan jenis ATtiny 2313, digunakannya ATmega 32A dan ATtiny 2313 karena sesuai dengan kapasitas penggunaannya pada alat yang di buat dan keduanya memiliki fasilitas sistem timer. Di dalam mikrokontroler terdapat bagian-bagian proses pengolahan data yang diterima, diantaranya:

1. **CPU (Central Processing Unit)**
Tempat terjadinya proses pengolahan data yang diterima.
2. **RAM (Random Access Memory)**
Tempat menyimpan data sementara sebelum diproses oleh CPU.
3. **EPROM (Eraseable Programmable Read Only Memory)**
Tempat menyimpan data pada saat *Chip Running* dan tidak terhapus meskipun catu daya mati.
4. **IO (Input/Output)**

⁸ Endra P., *Robotika : Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta : ANDI, 2006, hlm. 87.



Tempat berkomunikasi dengan perangkat keras yang terhubung.

5. Timer

Sebuah *timer/counter* yang dapat mencacah sumber pulsa/clock

6. Interrupt Controller

Tempat mengatur dan menampung permintaan mendadak saat *running*.

2.6.1 ADC (Analog Digital Converter)

ADC adalah suatu prosedur yang dilakukan dalam memproses sinyal analog dengan alat digital dimana sinyal analog di konversi menjadi suatu deret angka yang mempunyai presisi terbatas. Proses inialisasi ADC meliputi proses penentuan clock, tegangan referensi, format output data, dan metode pembacaan. Ada 3 proses yang terjadi pada saat pengkonversian Analog ke Digital, yaitu:⁹

1. *Pencuplikan*. Ini merupakan konversi sinyal waktu kontinu menjadi sinyal waktu diskrit yang diperoleh dengan mengambil cuplikan sinyal waktu-kontinu pada saat waktu diskrit.
2. *Kuantitas*. Ini adalah konversi sinyal yang bernilai-kontinu waktu-diskrit menjadi sinyal (digital) bernilai-diskrit, nilai setiap cuplikan sinyal digambarkan dengan suatu nilai terpilih dari himpunan berhingga yang mungkin.
3. *Pengkodean*. Dalam proses pengkodean setiap nilai diskrit digambarkan dengan barisan biner.

Input pada mikrokontroler dihubungkan dengan 8 (delapan) channel analog multiplexer yang digunakan untuk *single ended input* channels. Masukkan analog ADC tegangan harus lebih besar dari 0 volt dan lebih kecil dari pada tegangan referensi yang dipakai. Tegangan referensi ADC dapat dipilih antara lain pada pin AREF pin AVCC, atau menggunakan tegangan referensi internal sebesar 2,56 Volt.

Pada alat ini penulis menggunakan 8 bit ADC untuk mencacah tegangan sebesar 5 volt. Nilai bit tergantung dengan kemampuan mikrokontroler yang digunakan. Apabila menggunakan 8 bit ADC maka rentang output yang dihasilkan adalah dari 0 sampai 255.

Penggunaan ADC pada lengan robot ditentukan menggunakan channel mode *single conversion* melalui program yang ada pada mikrokontroler. Mode *single conversion* adalah mode yang biasa digunakan apabila ingin menggunakan banyak kanal. Mode *single conversion* sama dengan penghubungan input ADC dengan dua buah input ADC.

2.7 Bahasa Pemrograman C

2.7.1 Struktur Pemrograman C

Struktur penulisan bahasa C secara umum terdiri atas 4 blok, yaitu :

- a. Header
- b. Deklarasi konstanta global dan atau variabel global
- c. Fungsi dan atau prosedur
- d. Program utama

2.7.2 Preprocessor

a. Preprocessor `#include`.

Biasanya digunakan untuk menyertakan *file header* (.h) atau *file library*. File *include* berguna untuk memberitahu *compiler* agar membaca file yang di *include*-kan lebih dahulu agar mengenali definisi-definisi yang di gunakan dalam program sehingga tidak dianggap *error*.

Cara penulisan :

`#include < >` untuk lokasi standar file yang telah disetting oleh tools biasanya pada *folder include* atau *folder direktori compiler*.

`#include " "` untuk lokasi file yang kita tentukan sendiri.

File header io.h adalah file yang berisi segala informasi/atau defnisi tentang register-register fungsi khusus dan *bit-bit* atau *pin-pin* mikrokontroler.

b. Preprocessor `#define`.

Digunakan untuk mendefinisikan konstanta atau makro.

Cara penulisan :

`#define indentifier konstanta`

Contoh : `#define Max 100`

Tiap kemunculan `max` akan di ganti dengan angka 100

`#define indentifier macro`

Contoh : `#define kuadrat (x) x*x`

Setiap kemungkinan kudrat (x) akan digantikan `x*x` misalnya `temp=kuadrat(6)`, sehingga `temp` akan berisi 36.

2.8 UBEC

UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*) adalah rangkaian elektronik eksternal yang berfungsi memberikan daya dari baterai dan berfungsi sebagai regulasi tegangan hingga 5/6 Volt. UBEC digunakan pada lengan robot berjari dikarena spesifikasi UBEC yang menghasilkan tegangan 5/6 V yang sesuai kebutuhan pada inputan motor servo dan memiliki arus keluaran yang stabil sehingga tidak mudah merusak komponen. Bentuk fisik dari sebuah UBEC dapat dilihat pada gambar 2.17 dan Spesifikasi UBEC yaitu :

⁹ Proakis,J.G, Manolakis,D.G, 1997, "Pemrosesan Sinyal Digital Jilid I", PT. Prenhallindo, Jakarta.

- a. Input Voltage : 5,5 – 28 V
- b. Output Voltage : 5/6 V
- c. Arus : 25 Ampere
- d. Tipe Regulator : Switching



Gambar 8. Bentuk Fisik UBEC

(Sumber : <http://www.rcworld.com.au/media/download.pdf>)

2.9 KYL 1020U

KYL 1020U digunakan sebagai media transmisi untuk mengirimkan data yang terdeteksi oleh sensor-sensor secara nirkabel. Untuk dapat mengirimkan data serial melalui udara minimal diperlukan suatu device yang dapat melakukan proses penumpangan data serial digital ke frekuensi pembawa dengan frekuensi yang lebih tinggi untuk kemudian dipancarkan ke udara. Salah satu contoh device yang dapat melakukan hal tersebut adalah modul KYL 1020U Wireless Transceiver. Modul KYL 1020U Wireless Data Transceiver dapat mengirimkan dan menerima data serial melalui media udara, dengan frekuensi 433/868/915 MHz dan baud rate air sebesar 9600bps.

Modul tersebut bekerja dengan supply antara 3,3 sampai 5 VDC. Dalam satu modul bisa digunakan sebagai pengirim dan sekaligus penerima. Data serial yang akan dipancarkan melalui RF diumpamakan ke modul KYL 1020U oleh mikrokontroler secara serial. Begitu pula data yang di terima, akan di ambil oleh mikrokontroler secara serial. Jarak yang bisa ditempuhnya sekitar 100 m – 5Km. Baudrate di udara 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps, atau 38400 bps. Modulasi GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) sehingga sangat anti interferensi dan BER (Bit Error Rate) yang rendah.¹⁰

Pada gambar 8 merupakan bentuk fisik dari KYL 1020U, dimana Tx dan Rx merupakan satu kesatuan dari modul KYL 1020U.



Gambar 9. Bentuk Fisik KYL 1020U (Sumber : <http://journal.pcr.ac.id/paper/PenghematanDayaPadaSensorNodeMenggunakanMetodePengaturanWaktuKirimData.pdf>)

III. RANCANG BANGUN ALAT

Perancangan adalah tahap terpenting dari seluruh proses pembuatan alat. Tahap pertama yang paling penting dalam perancangan adalah membuat diagram blok rangkaian, kemudian memilih komponen dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan. Untuk pemilihan komponen ini diperlukan *data book* serta petunjuk lain yang dapat membantu dalam mengetahui spesifikasi dari komponen tersebut sehingga komponen yang didapat merupakan pilihan yang tepat bagi alat yang akan dibuat.

Tahap perancangan ini dimulai dari pembuatan diagram blok rangkaian, pemilihan komponen pengaturan tata letak komponen (pembuatan *layout*), pemasangan komponen sampai dengan proses *finishing*.

Perancangan alat ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan hasil akhir yang baik seperti yang diharapkan serta mudah didapatkan dipasaran. Selain itu, dengan adanya perancangan tersebut akan mempermudah kita mencari dan memperbaiki kerusakan peralatan atau rangkaian tersebut. Dengan adanya perancangan yang baik maka didapatkan suatu alat yang sesuai dengan keinginan dari perancang alat itu sendiri.

Dalam pembuatan alat ini terdapat beberapa langkah perencanaan dan perancangan yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Secara garis besar, langkah-langkah perencanaan dan perancangan terdiri atas empat bagian yaitu perencanaan mekanik, perancangan elektronik, perancangan *hardware* dan perancangan *software*.

Pada tahap perencanaan elektronik adalah dengan merancang penyusunan rangkaian-rangkaian yang akan dibutuhkan. Sedangkan perancangan mekaniknya adalah merancang bentuk bodi atau mendesain Robot Manual secara akurat dengan ukuran-ukuran yang sesuai agar memperoleh kinerja yang baik.

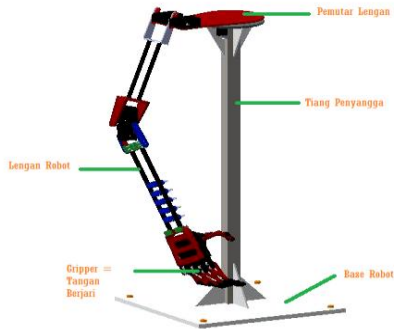
3.1 Perancangan Mekanik

3.1.1 Perancangan Mekanik lengan Robot

Rancangan lengan robot yang penulis buat memiliki sendi-sendi seperti halnya lengan pada manusia, lengan ini memiliki 9 DOF (*Degree Of Freedom*) yang dimana lengan ini menggunakan 10 buah motor servo sebagai penggerakannya. Lengan robot berjari ini terdiri dari 4 DOF pada lengan dan 5 DOF yang terdapat pada jari-jarinya, pada lengan menggunakan 5 buah motor servo sebagai penggerak sendi-sendinya dan terdapat 5 buah motor servo yang dipasangkan pada jari-jari robot sebagai penggerak jari-jari robot. Jari-jari yang terdapat pada robot dapat berfungsi memegang dan memindahkan suatu objek tertentu. Pada lengan robot ini juga terdapat sebuah

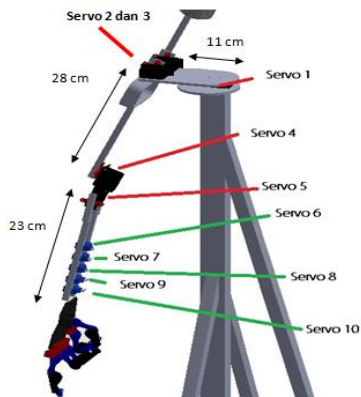
¹⁰<http://journal.pcr.ac.id/paper/PenghematanDayaPadaSensorNodeMenggunakanMetodePengaturanWaktuKirimData.pdf>

pemberat yang berfungsi sebagai penyeimbang lengan robot dan dapat meringankan beban kedua motor penggerak yang ada pada bahu robot. Di bawah ini merupakan desain lengan robot berjari pada Gambar 10:



Gambar 10. Desain Lengan Robot Berjari

Desain lengan robot terlihat pada gambar 10, lengan robot mempunyai base robot yang terbuat dari bahan triplek dengan ukuran (40x40) cm, pada gambar juga terdapat tiang yang terbuat dari bahan aluminium dengan ukuran (4,5x2.5) cm, tiang ini berfungsi sebagai tiang penyangga dari lengan robot yang dibuat. Lengan robot berjari ini terdapat motor servo yang berfungsi sebagai penggerak lengan robot, motor servo ini diposisikan sebagai sendi-sendi seperti halnya lengan pada manusia. Gambar 11, menjelaskan posisi motor servo pada lengan robot.

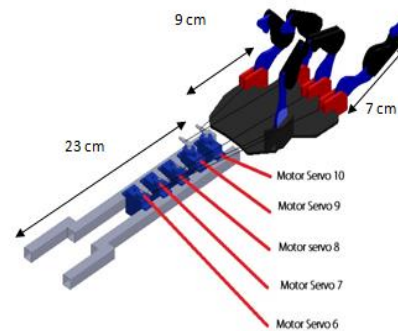


Gambar 11. Dimensi Lengan Robot Berjari dan Posisi Motor Servo

Motor-motor servo yang terdapat pada lengan robot berjumlah 10 buah dengan derajat 9 derajat kebebasan (DOF). Masing – masing penggerak mempunyai fungsinya tersendiri diantaranya :

1. **Motor servo 1** diposisikan sebagai penggerak bahu yang bisa memutar sebanyak 180 derajat.
2. **Motor servo 2 dan 3** diposisikan sebagai penggerak bahu yang bisa naik dan turun.

3. **Motor servo 4** diposisikan sebagai sendi engsel yang berfungsi menaikkan dan menurunkan lengan bagian bawah.
4. **Motor servo 5** diposisikan sebagai sendi engsel yang bisa menggerakkan lengan bagian bawah ke kiri dan kekanan.
5. **Motor servo 6** diposisikan sebagai penggerak jari jempol pada robot.
6. **Motor servo 7** diposisikan sebagai penggerak jari telunjuk pada robot
7. **Motor servo 8** diposisikan sebagai penggerak jari tengah pada robot.
8. **Motor servo 9** diposisikan sebagai penggerak jari manis pada robot.
9. **Motor servo 10** diposisikan sebagai penggerak jari kelingking pada robot.



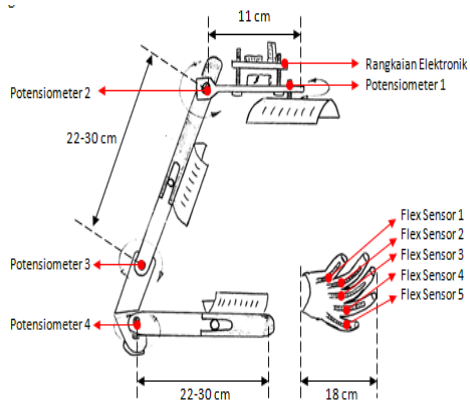
Gambar 12. Dimensi Bagian Jari dan Posisi motor servo pada jari-jari robot

Perancangan jari-jari robot dibuat sedemikian rupa agar mirip dengan jari pada manusia, jari-jari pun bisa digerakkan satu persatu dari jari telunjuk sampai jari kelingking, masing-masing jari digerakkan dengan 1 motor servo, terlihat seperti pada gambar 3.3.

Jari-jari pada robot digerakkan dengan cara di tarik memakai tali yang di ikatkan pada horn servo, seperti terlihat pada gambar 3.3 dimana motor servo di ikatkan pada tali-tali yang berfungsi menggerakkan jari-jari robot.

3.1.2. Perancangan Mekanik Pengendali Lengan Robot

Perancangan lengan robot ini memiliki sebuah pengendali yang digunakan pada lengan manusia yang berfungsi mengendalikan robot sesuai dengan gerakan yang di lakukan oleh manusia. Pengendali ini pun sebelum di bentuk, di desain dahulu agar dapat sesuai dengan yang kita inginkan dan dapat di pakai secara fleksibel pada lengan manusia. Desain pengendali pun dapat di lihat pada gambar 3.4



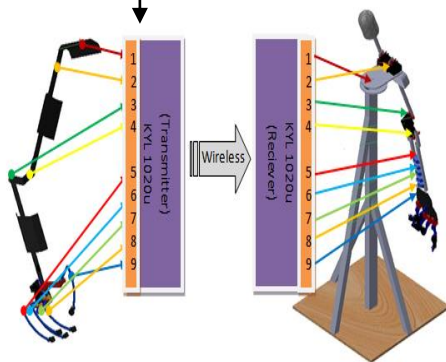
Gambar 13. Pengendali lengan robot

dirancang terlebih dahulu agar nantinya komponen dapat dipasang secara teratur dan bagus. Pengaturan tata letak komponen disesuaikan dengan. Perancangan tata letak komponen hendaknya dibuat pada kertas millimeter agar mudah diketahui ukuran-ukurannya.

Diagram Alir

Diagram alir ini menjelaskan proses pengiriman data pulsa semua motor servo yang telah kita tentukan sebelumnya dari mikrokontroler ATmega32 ke ATTiny2313. Data pulsa pada semua motor servo ini banyak diperoleh dari program yang mengatur gerakan dari lengan robot. Diagram alir untuk proses ini, dapat dilihat pada gambar 15.

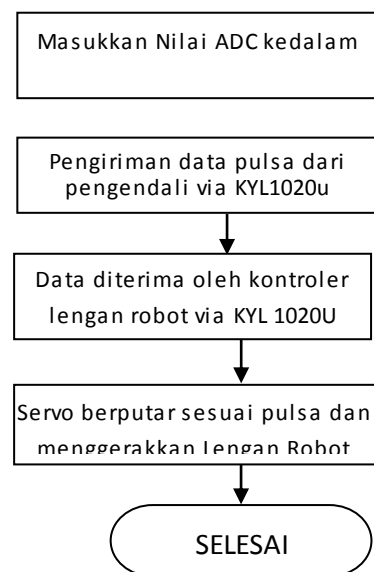
Proses awal robot ini menggunakan potensiometer sebagai sensor gerakannya. Pengendali lengan robot menggunakan 4 buah potensiometer untuk mengontrol setiap sendi-sendi robot. Selain itu, digunakan juga sensor yang diintegrasikan ke dalam pengendali jari-jari robot. Terlihat pada gambar 5.4 posisi potensiometer dari posisi potensiometer 1 sampai potensiometer ke 4 dan 5 buah. Untuk konfigurasi ini digunakan untuk membuat konfigurasi ADC yang digunakan untuk membaca nilai ADC dari potensiometer yang ada pada pengendali lengan robot dan pengendalinya sama-sama terhubung dengan mikrokontroler yang berperan sebagai pusat pengendalian lengan robot.



Gambar 14. Sinkronisasi lengan robot dan pengendali

3.2. Perancangan Elektronik

Langkah-langkah yang harus dilakukan pada perancangan elektronik meliputi: Membuat gambar layout (tata letak komponen) sekaligus perancangan titik uji. Tata letak komponen harus



Gambar 15. Diagram alir pengendalian Lengan robot

IV. PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan pembahasan mengenai penerapan *flex sensor Spectra Symbols 4.5 Inch Series SEN 08606* pada lengan robot berjari. Membahas mengenai karakteristik *flex sensor*; perubahan nilai resistansi terhadap derajat kelengkungan *flex sensor* dalam penggunaan *flex sensor* sebagai sensor posisi penggerak jari robot pada lengan robot berjari.

Pengukuran hanya dilakukan menggunakan *sample* satu *flex sensor* pada jari kelingking dikarenakan spesifikasi yang digunakan pada kelima jari adalah sama.

4.1 Pengukuran menggunakan Multimeter dan Osiloskop

– Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada titik uji, adapun multimeter yang digunakan adalah multimeter

digital Lucass Nuelle Series LM2330 Multi 13S karena memiliki kemampuan mengukur besaran kelistrikan yang lebih presisi dan akurat.

– Osiloskop

Osiloskop digunakan untuk mengukur lebar pulsa dan *duty cycle* dari pulsa-pulsa motor servo yang tidak dapat dilakukan oleh multimeter. Dengan osiloskop akan dapat dilihat bentuk sinyal secara utuh dan tepat. Adapun osiloskop yang dipakai yaitu *Digital Oscilloscope series Tektronix DPO2012*.

4.2 Pengukuran Supply

Pada sebuah perangkat elektronik, *supply* merupakan sumber dari sebuah perangkat itu sendiri. Berikut diberikan tabel pengukuran *supply* pada Lengan Robot Berjari pada tabel 1 dan tabel 2 untuk pengukuran *supply* pada lengan pengendali.

Tabel 1. Tabel Pengukuran Pada Lengan Robot

No.	Komponen yang diukur	Hasil Pengukuran	
		V	I
1.	Sumber DC (Aki) series TURBO GTZ5S	11,56 V	367 mA
2.	Keluaran Regulator (UBEC)	5,12 V	3,3 A
3.	Supply Mikrokontroler ATTiny 2313	5,02 V	0,10 A
4.	Supply Modul KYL1020u (Reciever)	5,12 V	24,37 mA
5.	Supply Motor Servo Lengan	4,8 V	6,7m A
6.	Supply Motor Servo Jari	4,8 V	10mA

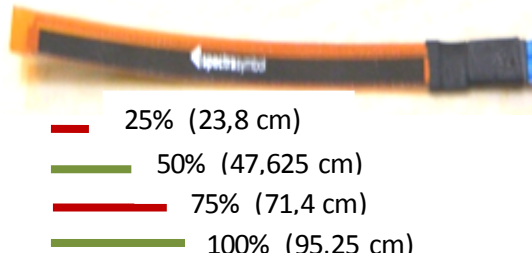
Tabel 2 Tabel Pengukuran Pada Lengan Pengendali

No.	Komponen yang diukur	Hasil Pengukuran	
		V	I
1.	Sumber DC (Baterai Kotak) Merk Eveready	8,9 V	310 mA
2.	Keluaran Regulator (7805)	5,02 V	0,8 A
3.	Supply Mikrokontroler ATMega 32A	5,02 V	0,10 A
4.	Supply Modul KYL1020u (Transmitter)	5,02 V	72,2 mA
5.	Supply Potensiometer	5,02 V	0,25 mA
6.	Supply Flex Sensor	5,02 V	0,2m A

4.3 Pengukuran Perubahan Resistansi terhadap derajat kelengkungan tanpa beban

Pada gambar berikut merupakan ilustrasi panjang pad *flex sensor* yang kemudian dibagi kedalam 4 bagian

dengan persentasi yang berbeda guna membantu mendapatkan hasil yang akurat pada saat pengukuran.



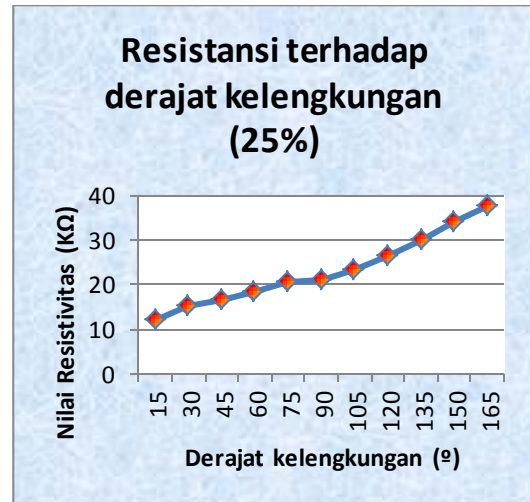
Pengukuran tanpa beban dilakukan pada 3 (tiga) titik poros dari sebuah *flex sensor*, mulai dari 25%, 50% dan 75%.

Pada Tabel 3 merupakan tabel perubahan resistansi tanpa beban dengan titik poros tekukan 25% dari keseluruhan panjang pada *flex Sensor*.

Tabel 3 Perubahan Resistansi Terhadap Derajat kelengkungan (Tanpa Beban) (posisi 25%), keadaan awal = 11,3 K Ω

No	Derajat Kelengkungan (°)	Nilai Resistansi (K Ω)	Selisih Nilai Resistansi (Δ K Ω)
1	15	12,25	0,95
2	30	15,3	3,05
3	45	16,7	1,4
4	60	18,2	1,5
5	75	20,5	2,3
6	90	21	0,5
7	105	23,4	2,4
8	120	26,5	3,1
9	135	29,8	3,3
10	150	34,2	4,4
11	165	37,7	3,5
Rata – Rata			2,4

Berdasarkan tabel 3 dapat dibuatkan grafik sedemikian sehingga terbentuk garis linear seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



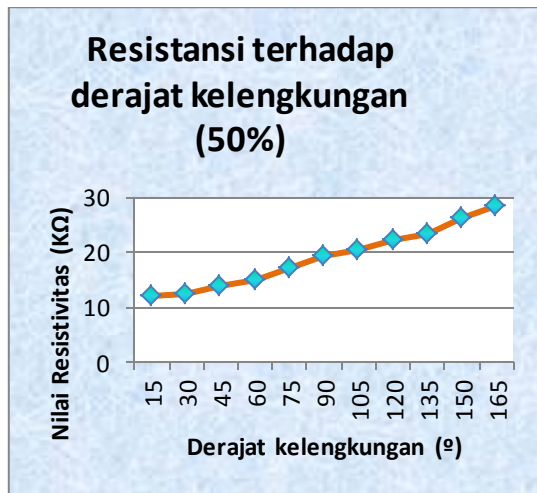
Gambar 15. Grafik Perubahan Resistansi terhadap derajat kelengkungan (25%)

Pada tabel 4 merupakan pengukuran resistansi dengan poros tekukan sebesar 50% dari panjang keseluruhan *flex sensor*.

Tabel 4 Perubahan Resistansi Terhadap Derajat Kelengkungan (Tanpa Beban) (posisi 50%), keadaan awal = 11,3 K Ω

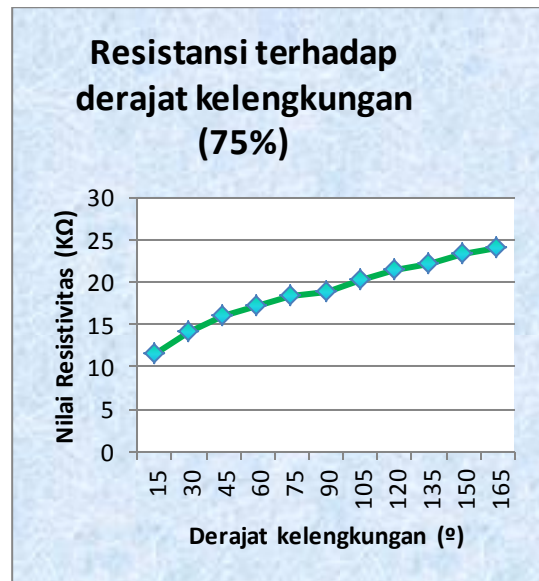
No	Derajat Kelengkungan (°)	Nilai Resistansi (K Ω)	Selisih Nilai Resistansi (Δ K Ω)
1	15	11,9	0,6
2	30	12,4	0,5
3	45	13,9	1,5
4	60	15,1	1,2
5	75	17,2	2,1
6	90	19,3	2,1
7	105	20,4	1,1
8	120	22,1	1,7
9	135	23,4	1,3
10	150	26,3	2,9
11	165	28,3	2
Rata – Rata			1,54

Pada tabel 4 yang merupakan nilai-nilai hasil pengukuran pada poros 50% yang kemudian dikonversikan menjadi grafik yang ditunjukkan pada gambar 17.



Gambar 16. Grafik Perubahan Resistansi terhadap derajat kelengkungan (50%)

Sama halnya seperti tabel sebelumnya, pada tabel 4.5 merupakan tabel pengukuran resistansi tanpa beban pada poros tekuk 75%.



Gambar 17. Grafik Perubahan Resistansi terhadap derajat kelengkungan (75%)

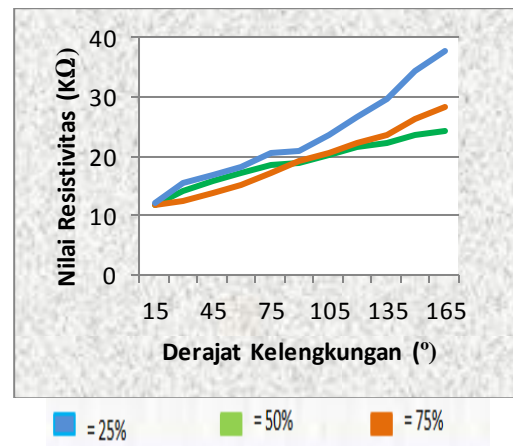
Tabel 5 Perubahan Resistansi Terhadap Derajat Kelengkungan (Tanpa Beban) (posisi 75%) keadaan awal = 11,3 KΩ

No	Derajat Kelengkungan (°)	Nilai Resistansi (KΩ)	Selisih Nilai Resistansi ($\Delta K\Omega$)
1	15	11,6	0,3
2	30	14	2,4
3	45	15,9	1,9
4	60	17,2	1,3
5	75	18,4	1,2
6	90	18,9	0,5
7	105	20,2	1,3
8	120	21,5	1,3
9	135	22,2	0,7
10	150	23,4	1,2
11	165	24,1	0,7
Rata – Rata			1,16

4.4 Perbandingan nilai kelistrikan pada Transmitter dan Reciever

Pada Laporan Akhir ini Lengan Pengendali merupakan Transmitter sistem dan Lengan Robot Berjari berperan sebagai Reciever. Untuk mengetahui nilai-nilai kelistrikan sistem maka pada tabel 6, ditujukan untuk perbandingan pengukuran nilai kelistrikan pada Tx dan Rx.

Setelah terdapat nilai pada 3 (tiga) titik poros, pada gambar 18, ditunjukan gambar grafik perbandingan pada setiap titik poros tekukan.



Gambar 18. Perbandingan resistansi terhadap kelengkungan pada poros tekuk 25%, 50%, 75%

Tabel 6. Perbandingan *Transmitter* dan *Receiver*

No	Tx (Lengan Pengendali)				Rx (Robot Berjari)			
	Kelengkungan (°)	V (V)	R (KΩ)	I (A)	Kelengkungan (°)	V (V)	R (Ω)	I (mA)
1.	15	5,0 2	11,9	0,4 2	10	4,8	680	7,05
2.	30	5,0 2	12,4	0,4 0	15	4,8	657	7,3
3.	45	5,0 2	13,9	0,3 6	20	4,8	583	8,23
4.	60	5,0 2	15,1	0,3 3	50	4,8	500	9,6
5.	75	5,0 2	17,2	0,2 9	55	4,8	480	10
6.	90	5,0 2	19,3	0,2 6	55	4,8	228	21

4.5 Analisa

4.5.1 Analisa Perubahan Resistansi terhadap derajat kelengkungan tanpa beban

Pada tabel 3, tabel 4, dan tabel 5, merupakan nilai-nilai pengukuran resistansi terhadap derajat kelengkungan pada 3 (tiga) titik poros tekukan. Berdasarkan nilai yang didapatkan, dapat dihitung persentase kesalahan yang terjadi pada pengukuran terhadap perhitungan (teori) sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Pengukuran} - \text{Teori}}{\text{Teori}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error (min)} = \frac{11,3 \text{ K}\Omega - 10 \text{ K}\Omega}{10 \text{ K}\Omega} \times 100\%$$

$$\% \text{ error (min)} = 13\%$$

$$\% \text{ error (max)} = \frac{37,7 \text{ K}\Omega - 60 \text{ K}\Omega}{60 \text{ K}\Omega} \times 100\%$$

$$\% \text{ error (max)} = 37\%$$

Pada setiap grafik pengukuran terdapat kenaikan nilai resistansi yang linear. Pada grafik perbandingan ketiga pengukuran didapatkan bahwa semakin kecil poros kelengkungan pada *Flex Sensor* maka nilai resistansi yang didapat semakin besar. Namun perubahan pada setiap poros maupun derajat kelengkungan tidak terlalu signifikan.

Jika dilakukan perhitungan persentase error antara pengukuran dan teori yang didapatkan terdapat error sekitar 13 – 37% dimana nilai tersebut telah tercantum pada data sheet *Flex Sensor* dimana toleransi resistansi sebesar 30%. *Flex Sensor* merupakan sensor yang sensitif, pada saat dilengkungkan maka nilai resistansinya akan berubah, karena perubahan fisik (kelengkungan) yang tidak stabil itulah nilai resistansi pada *Flex Sensor* dapat berubah-ubah.

Sedangkan pada variabel selisih resistivitas, Selisih nilai resistansi pada poros 25% sebesar 2,4 KΩ dan pada

poros 50% bernilai sebesar 1,54 KΩ serta pada poros 75% sebesar 1,16 KΩ. Maka rata-rata perubahan nilai resistansi per 15° adalah sebagai berikut :

$$\text{Rata - rata } \Delta \text{ resistansi} = \frac{(2,4 + 1,54 + 1,16) \text{ K}\Omega}{3}$$

$$\text{Rata - rata } \Delta \text{ resistansi} = 1,7 \text{ K}\Omega$$

$$\text{Rata - rata } \Delta \text{ resistansi per } 1^\circ \text{ kelengkungan} = \frac{1,7 \text{ K}\Omega}{15}$$

$$\text{Rata - rata } \Delta \text{ resistansi per } 1^\circ \text{ kelengkungan} = 0,113 \text{ K}\Omega$$

Maka dengan demikian perubahan tiap 1° kelengkungan pada *flex sensor* adalah sebesar 0,113KΩ atau 113 Ω.

4.5.2 Analisa Perbandingan nilai kelistrikan pada *Transmitter* dan *Receiver*

Pada variabel kelengkungan Tx bernilai maksimal 90° sesuai keterbatasan tekukan pada jari manusia, sedangkan pada Rx hanya berkisar 10° - 55° yang mengikuti gerak lengan manusia namun terbatas pada sisi mekanik robot sehingga perubahan derajat pada motor mini servo hanya sebesar 55° sesuai dengan lebar pulsa yang dihasilkan mikrokontroler untuk menggerakkan motor.

Pada Variabel Tegangan (*Voltase*) baik Tx maupun Rx bernilai konstan. tegangan pada Tx bersumber dari baterai dan regulator 7805 yang bernilai 5,02 V. Tegangan pada Rx bersumber dari Aki dan UBEC yang bernilai 4,8 V.

Untuk variabel Resistansi *Flex Sensor* sendiri diambil dari pengukuran dengan poros 50% dikarenakan posisi tekukan pada jari berada pada poros sekitar 50% yang nilainya berbanding lurus dengan kenaikan derajat kelengkungan. Sedangkan pada Rx (motor mini servo HS-81) data diambil dari perhitungan ($R = V/I$) (nilai V dan I didapatkan dari pengukuran) yang hasilnya semakin besar derajat kelengkungan pada motor maka resistansi semakin menurun (berbanding terbalik). Perubahan / kenaikan nilai R pada Tx (*flex sensor*) digunakan sebagai indikator input ke mikrokontroler untuk mengatur output pada robot.

Pada Variabel arus (I), pada Tx semakin besar derajat kelengkungan semakin kecil arus yang dihasilkan (melalui perhitungan, V dan R diketahui dengan pengukuran) berbanding terbalik pada Rx dimana nilai arus yang dihasilkan semakin besar. Nilai arus yang besar / mengalami kenaikan digunakan untuk menggerakkan motor pada jari robot.

Perbandingan nilai kelistrikan ini merupakan acuan dimana terdapat kenaikan ataupun penurunan nilai kelistrikan pada masing-masing bagian, baik pengendali ataupun robot.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan



1. Karakteristik *Flex Sensor* pada hasil pengukuran yang digunakan pada Lengan Pengendali mempunyai nilai resistansi sebesar 11,3 K Ω sampai 37,7 K Ω dengan % *error* / toleransi sebesar 13% hingga 37%.
2. Setiap perubahan kelengkungan sebesar 1 $^{\circ}$ pada *Flex Sensor* berbanding lurus dengan kenaikan nilai resistivitas sebesar 113 Ω .
3. Kenaikan nilai resistivitas *Flex Sensor* Spectra Symbols 4,5 Inch Series SEN 08606 berbanding terbalik dengan nilai resistivitas pada motor mini servo HS-81 pada saat bergerak, saat nilai resistivitas *Flex Sensor* naik maka nilai resistivitas motor semakin menurun.
4. Penggunaan *Flex Sensor* sebagai pengendali pada jari robot dapat digunakan karena bentuk fisiknya yang fleksibel sehingga dapat mengikuti tekukan jari manusia, namun dari segi kelistrikan nilai resistansi yang dihasilkan mengalami *error* yang cukup besar.

5.2 Saran

1. Untuk pengembangan selanjutnya pada lengan pengendali sebaiknya menggunakan sensor atau komponen dengan fleksibilitas yang baik dan perubahan nilai kelistrikan yang stabil serta nilai toleransi yang kecil.
2. Bentuk fisik pengendali maupun robot berpengaruh pada gerakan robot itu sendiri, sehingga dibutuhkan suatu perancangan mekanik yang lebih presisi dan akurat terhadap faktor pembebanan pada Lengan Robot.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dwi, Herman Surjono. *Elektronika : Teori dan Penerapannya* (Cerdas Ulet Kreatif Publisher:2011
2. P, Endra, 2006, *Robotika : Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta : ANDI.
3. Petruzella, Frank D., 2001. *Elektronik Industri*, Yogyakarta : ANDI.
4. Proakis, J.G, Manolakis, D.G, 1997, "Pemrosesan Sinyal Digital Jilid I", Jakarta : PT. Prenhallindo.
5. Setiawan, Iwan . 2009. *Buku Ajar Sensor dan Transduser*. In: Sensor dan Transduser. Faculty of Engineering, Diponegoro University, <http://eprints.undip.ac.id/>)
6. Sharon, D , J. Harstein, dan G. Yantian. 1992. *Robot dan Otomasi Industri*. Jakarta : PT. Gramedia.
7. V, Maria. Dan Dwi W.U, 2013. *Rancang Bangun Jari Tangan Robot Pengikut Pergerakan Jari Tangan Manusia*, Jurnal, Palembang : STM IK MDP,
8. Atmel, Datasheet ATmega32
9. Atmel, Datasheet ATTiny 2313
10. <http://id.wikipedia.org/wiki/Robot> diakses Selasa 1 April 2014 Pk. 20:59
11. [http://journal.pcr.ac.id/paper/Penghematan Daya Pada Sensor Node Menggunakan Metode Pengaturan Waktu Kirim Data.pdf](http://journal.pcr.ac.id/paper/Penghematan_Daya_Pada_Sensor_Node_Menggunakan_Metode_PengaturanWaktuKirimData.pdf) diakses Kamis 3 April 2014 Pk. 14:09
12. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensor/s/Flex.pdf>. diakses Kamis 3 April 2014 Pk. 11:41