

Rancangan Kontroler Perangkat Keras EH1 Milano dengan Modul *Wireless Electronics*

Idil Fitrianto, Achmad Arifin, dan Mohammad Nuh

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: arifin@ee.its.ac.id

Abstrak—Teknologi dalam dunia robot medis perkembangannya sangat pesat sekali, salah satunya adalah EH1 Milano yang dimiliki oleh salah satu laborototium yang ada di kampus ITS Surabaya. Modul lengan robot EH1 Milano sebelumnya telah di riset oleh mahasiswa teknik elektro. Riset yang dilakukan adalah membuat kontroler robot dengan stimulus tangan manusia. Kekurangan dari riset tersebut, sistem perangkat keras masih terlalu rumit karena *interface* antara robot dan *user* masih menggunakan kabel. Selain itu keterbatasan dari sensor juga merupakan sebuah kekurangan dari riset ini. Sehingga diperlukan riset lanjutan untuk menyempurnakan riset yang telah ada. Permasalahan kerumitan perangkat keras dan keterbatasan sensor yang digunakan merupakan titik fokus pada riset ini. Sistem yang dirancang menggunakan modul *Wireless Electronics* untuk mengatasi masalah pengkabelan dan modul yang digunakan adalah modul Bluetooth model HC dengan jarak jangkauan sampai dengan 50 meter dan waktu *pairing* rata-rata 8 detik, sedangkan sensor *flex* digunakan untuk menggantikan sensor potensiometer yang digunakan sebelumnya. Dari perubahan sistem yang dibuat dan setelah direalisasikan, sistem dapat berjalan dengan baik dan komunikasi dengan menggunakan modul Bluetooth HC mampu mengatasi masalah pengkabelan. Sensor *flex* dengan karakteristik sensor yang linier, dengan *error percentage* terkecil sebesar 0,58% sedangkan terbesar 15,13% terhadap garis linier dapat menggantikan sensor yang sebelumnya digunakan. Selain itu kelebihan dari sensor *flex* ini dapat mendeteksi setiap sudut perubahan dari jari yang merupakan keterbatasan dari sensor yang digunakan sebelumnya.

Kata kunci : EH1 Milano, Bluetooth HC, sensor *flex*, *wireless electronics*.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN dunia robot medis sangat pesat sekali, hampir setiap peran manusia pada dunia industri telah digantikan oleh peran robot guna mengurangi tingkat kecelakaan dalam dunia kerja. Robot EH1 Milano merupakan potongan organ tangan yang menyerupai tangan manusia, yang dilengkapi dengan lima jari dan fungsinya sama dengan jari manusia pada umumnya. Kekuatan cengkraman dari jari robot pun juga dibuat agar mendekati bentuk organ tangan sebenarnya, dengan menggunakan sensor arus yang di tanamkan pada robot.

Robot tangan ini dapat dijumpai pada salah satu laboratorium teknik elektro ITS, yang sebelumnya telah di riset untuk mengontrol robot tersebut. Pengontrolan dibuat

dengan *input* tangan manusia yang telah dilengkapi dengan sensor guna memastikan perintah yang akan dikirim ke *sensor proximity* EH1 Milano. Pada robot EH1 Milano dilengkapi dengan sensor-sensor pendukung yang digunakan untuk menggerakkan seluruh segmen dari tiap jarinya. Hasil dari riset ini sangat baik, namun masih ada beberapa kekurangan yaitu karena komunikasi dari *user* ke robot masih menggunakan kabel sehingga bisa dibilang kurang praktis.

Dari hasil riset sebelumnya itu, maka akan dilakukan riset lanjutan guna mengembangkan sistem yang telah dibuat sebelumnya menjadi sistem tanpa kabel dengan tujuan portabilitas.

II. LANDASAN TEORI

A. Robot Tangan EH1 Milano

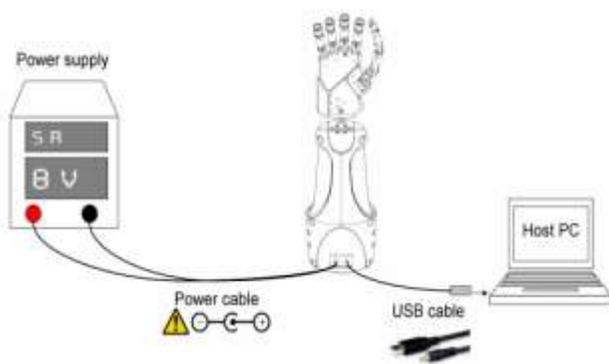
Robot tangan prensilia EH1 Milano merupakan sebuah perangkat tangan buatan yang menyerupai bentuk dari tangan manusia. Robot tangan ini dapat diaplikasikan pada bidang biomedik yang menggantikan bagian organ tubuh khususnya bagian tangan. Robot ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya : sensor, kendali internal, dan antar muka dengan perangkat komputer atau kendali lain dari luar robot.



Gambar 1. Robot tangan prensilia EH1 Milano[1] (prensilia.inc)

B. Antar Muka Robot tangan EH1 Milano

Perangkat perangkat yang terpasang pada bagian robot tangan prensilia dapat diakses dengan komunikasi serial UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Dengan *baud rate* 1152000 bps, data bits 8 dan *stop* bit 1. Sumber tagangan untuk robot prensilia yaitu +8V dengan arus maksimum 3A pada saat semua motor bergerak dengan beban maksimum. Berikut ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Koneksi antara catu daya, robot EHI Milano dan perangkat computer[1] (prensilia.inc)

C. Sensor flex

Flex sensor merupakan sensor *resistance* yang sangat peka terhadap perubahan *bending* dari dirinya. Jadi pada sensor ini nilai resistansinya akan berubah pada saat sensor ditekuk dengan sudut tertentu. Sensor ini diaplikasi untuk sensing gerakan tiap ruas jari.



Gambar 3. Sensor flex

Spesifikasi dari *Sensor flex* ini memiliki resistansi pada posisi *flat* yaitu sebesar $10 \text{ kohm} \pm 30\%$, perubahan resistansi pada saat *bending* 60 kohm sampai 110 kohm dan daya maksimal $0,5 \text{ Watt}$ untuk penggunaan terus menerus. Aplikasi dari sensor ini adalah untuk *game* kontroler, *bending detector*, sensor pada *gloves*, dan lain sebagainya.

D. Bluetooth

Bluetooth merupakan perangkat tanpa kabel yang dapat melakukan komunikasi antara satu sama lainnya. Perangkat ini beroperasi pada frekuensi *bandwidth* $2,4\text{GHz}$. *Bluetooth* sendiri sejarahnya diambil dari nama raja pada akhir abad ke sepuluh, yaitu Harald Blatand yang sekaligus dijuluki sebagai Harald *Bluetooth* oleh bangsa inggris. Ia merupakan raja dari Negara Denmark yang telah berhasil menyatukan suku suku yang pada awalnya sering berselisih, termasuk suku yang berada diwilayah yang sekarang kita kenal dengan Negara Norwegia dan Swedia. Negara yang menemukan *Bluetooth* ini pun terletak di wilayah Scania Swedia dan sekaligus wilayah kekuasaan dari Harald. Kemampuan dari seorang pemimpin Harald ini dalam menghubungkan berbagai wilayah sama halnya teknologi yang dapat menghubungkan perangkat seperti

komputer dan telpon genggam yang ada pada saat ini. Kemudian untuk logo *Bluetooth* sendiri yang sudah universal diambil dari penggabungan dua huruf jerman yang analog dengan huruf H dan B (merupakan singkatan dari Harald *Bluetooth*), yaitu simbol H (Hagall) dan B (Blatand).



Gambar 4. logo Bluetooth

Aplikasi dari *Bluetooth* ini digunakan pada perangkat elektronik seperti komputer, telpon genggam, kamera, printer, dan lain sebagainya. Adapun kelebihan dan kekurangan dari *Bluetooth* ini sendiri antara lain.

Kelebihan :

- Dapat menembus berbagai media seperti dinding, kotak, dan lain sebagainya.
- Komunikasi tanpa kabel.
- Dapat disinkronkan dengan perangkat yang sama – sama menggunakan *Bluetooth*.

Kekurangan :

- Frekuensi yang digunakan sama dengan gelombang pada wifi.
- Apabila terdapat banyak koneksi antar *Bluetooth* dalam satu ruangan maka akan sering terjadi gangguan pada saat melakukan komunikasi.
- Jarak yang terbatas yaitu sekitar 10 meter.

Kemudian perangkat *Bluetooth* yang digunakan ada dua jenis yaitu sebagai perangkat *Master* dan perangkat *Slave*. Untuk perangkat *Master* digunakan *Bluetooth* dengan seri HC05, perangkat ini dapat difungsikan dengan mode *Slave* penerima data atau sebagai *Master* yang memberi perintah. Sedangkan yang lainnya menggunakan seri HC06 yang telah ditetapkan sebagai *Slave* dan tidak dapat diganti fungsi menjadi *Master*.

III. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan system merupakan tahap design dari pembuatan alat yang kemudian akan direalisasikan. Sistem yang akan dibuat antara lain adalah sistem perangkat keras dari kendali robot EHI Milano dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA8 yang digunakan sebagai sistem yang mengendalikan proses antar muka dengan robot EHI Milano. Komunikasi antara robot dengan mikrokontroler menggunakan modul Bluetooth HC dengan konfigurasi *master* berada pada mikrokontroler dan *slave* dikoneksikan ke robot EHI Milano.

Penggunaan perangkat modul Bluetooth adalah guna meningkatkan tingkat portabilitas dari kontroler robot.

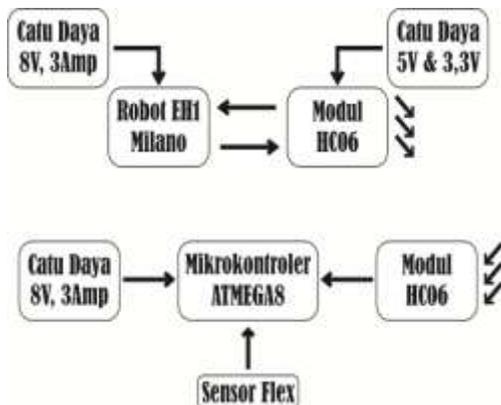
Selanjutnya sensor yang digunakan sebagai masukan dari robot EH1 Milano adalah sensor *flex*. Sensor *flex* adalah sensor resistansi yang perubahan resistansinya diakibatkan oleh perubahan *bending* terhadap dirinya. Sensor ini sangat sensitif terhadap setiap perubahan *bending* yang terjadi pada sensor.

Karakteristik sensor yang linier ini dapat diaplikasikan untuk menggantikan sensor yang digunakan pada riset sebelumnya dengan tujuan meningkatkan derajat jangkauan gerak dari ruas jari sebagai input robot EH1 Milano. Sistem perangkat keras yang didesign menggunakan dua mode pencatuan, yaitu dengan menggunakan batre dan menggunakan adaptor DC.

A. Blok Diagram Sistem

Diagram blok secara keseluruhan dari perancangan sistem elektronis ditunjukkan pada gambar 5. dari diagram blok tersebut terbagi menjadi beberapa bagian yaitu, blok pengendali, blok komunikasi, dan blok robot EH1 Milano.

Berdasarkan Gambar 5, blok sensor dan robot EH1 Milano yang merupakan plan yang akan dikontrol merupakan dua sistem yang terpisah dan berhubungan secara *wireless* atau tanpa kabel.



Gambar 5. Diagram blok sistem secara umum

B. Blok Diagram Sistem

Data kelistrikan dari sistem terutama dibagian catu daya terbagi menjadi tiga macam, diantaranya yaitu catu daya robot EH1 Milano, catu daya *Slave*, dan catu daya untuk *Master*. Berikut merupakan uraian dari pencatuan masing – masing sistem.

a) EH1 Milano

Pada sistem pencatuan dari robot EH1 Milano ini merupakan sistem yang sudah ditetapkan dan tidak dapat diubah. Sehingga sistem yang dibuat harus menyesuaikan kepada robot EH1 Milano ini.

- Tegangan (DC) : +8 Volt
- Arus : 3 Ampere
- Baud rate antar muka UART : 115200 bps
- Level tegangan antar muka : TTL (0 – 5V)
- Resolusi ADC sistem : 8-bit
- Konektor antar muka : *Jack audio tipe stereo 3,5mm*
- Konektor catu daya : *Jack DC*

b) Modul *Slave*

Pada sistem *Slave* ini mengikuti dari yang dibutuhkan untuk bisa melakukan koneksi ke perangkat robot EH1 Milano. Oleh karena sistem ini menggunakan modul *Bluetooth* yang digunakan sebagai antarmuka komunikasi tanpa kabel antara robot dengan perangkat yang memberi instruksi, level tegangan yang digunakan berbeda. Sehingga untuk modul *Slave* ini terdapat dua buah level tegangan yang diuraikan sebagai berikut.

- Tegangan (DC) : +5V dan +3,3V
- Baud rate antar muka UART : 115200 bps
- Level tegangan antar muka : TTL (0 – 5V)
- Resolusi ADC sistem : 8-bit
- Konektor antar muka : *Jack audio tipe stereo 3,5mm*

c) Modul *Master*

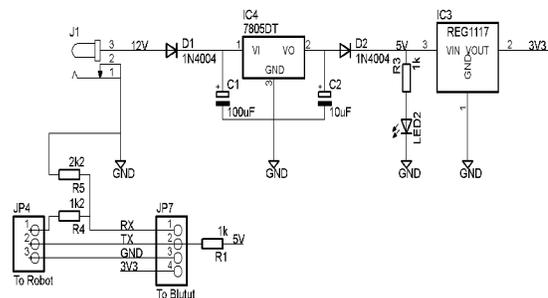
Pada sistem *Master* yaitu menghubungkan perangkat mikrokontroler sebagai otak dari kendali sistem sedangkan data yang dikirim juga menggunakan modul *Bluetooth*. Modul *Bluetooth* ini membutuhkan level tegangan pencatuan yang rendah dan berbeda dengan catu daya sistem pada mikrokontroler sehingga pada modul *Master* ini juga terdapat dua buah catu daya. Berikut merupakan penjelasannya.

- Tegangan (DC) : +5V dan +3,3V
- Tegangan referensi ADC : 2,55V
- Baud rate antar muka UART : 115200 bps
- Level tegangan mikrokontroler : TTL (0 – 5V)
- Level tegangan modul HC05 : TTL (0 – 3V)
- Resolusi ADC sistem : 10-bit
- Konektor antar muka : Jalur Tx/Rx
- Konektor catu daya : *Jack DC* dan *JST*

C. Perancangan Sistem *Slave*

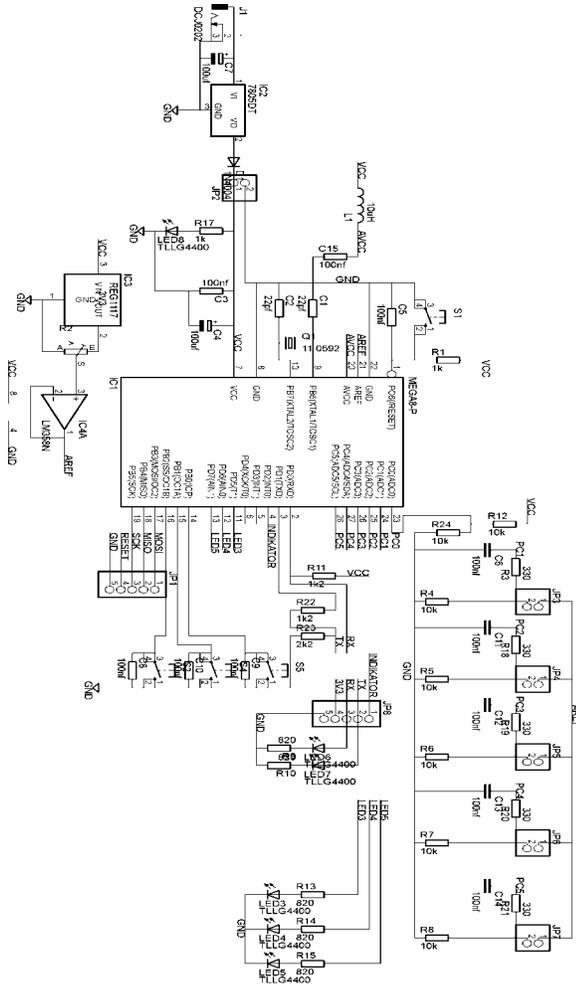
Sesuai dengan penjelasan sebelumnya tentang data kelistrikan, yang dibutuhkan pada modul *Slave* agar dapat melakukan *interface* dengan robot EH1 Milano adalah terdapat dua buah catu daya yang salah satunya digunakan untuk menaikkan level tegangan komunikasi Tx si *Bluetooth* ke Rx EH1 Milano.

Dari rangkaian *Slave* dibawah sumber tegangan untuk modul *Slave* menggunakan *Jack DC* dengan range 7–12V. Tujuan dari design ini adalah karena modul *Slave* berada pada plan yang menggunakan catu dari *jack DC* maka modul ini pun didesign sama dengan plan.



Gambar 6. Skematik rangkaian *slave* keseluruhan

D. Perancangan Sistem Master



Gambar 7. Skematik rangkaian master keseluruhan

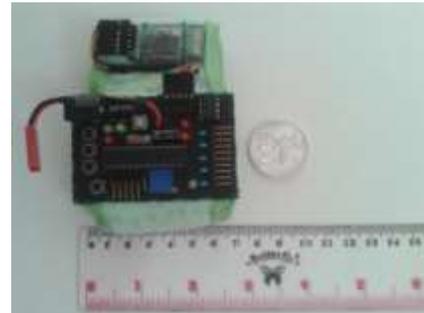
Pada modul *Master* ini, tugasnya adalah untuk menerima *input* dari sensor, mengolahnya, dan kemudian mengirimkan data tersebut menuju robot EHI Milano melalui modul *Bluetooth* HC05. Dari penjelasan sebelumnya tentang data kelistrikan, yang dibutuhkan pada modul *Master* agar dapat mengirimkan data melalui modul HC05. Terdapat perbedaan level tegangan antara ATMEGA8 dengan HC05. Sehingga untuk pin Tx dari mikrokontroler perlu diturunkan menjadi 3V agar dapat melakukan *interface* dengan modul HC05 dan begitu juga sebaliknya untuk pin Rx pada mikrokontroler diberi *pull-up* untuk menaikkan level tegangan dari Bluetooth yang sebesar 3V menjadi 5V agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Berikut merupakan penjelasan dari sistem modul *Master*.

E. Realisasi Alat

Setelah semua proses perancangan telah selesai selanjutnya adalah realisasi dari alat yang telah dirancang. Ada tiga bagian dari rancangan yang akan direalisasikan. Diantaranya adalah, modul *Slave*, modul *Master*, dan sarung tangan dengan *Sensor flex*.



Gambar 8. Modul *slave* yang telah di *assembly*



Gambar 9. Modul *master* setelah disassembly



Gambar 10. Sarung tangan terintegrasi dengan modul *master*

IV. UJI COBA DAN ANALISA

Pengujian yang dilakukan meliputi beberapa bagian. Diantaranya adalah karakteristik sensor sarung tangan, karakteristik modul *Bluetooth*.

A. Pengujian Karakteristik *Sensor Flex*

Berikut merupakan blok pengukuran *Sensor flex* dengan menggunakan alat ukur ohmmeter yang ada pada multimeter Sanwa CD800a.



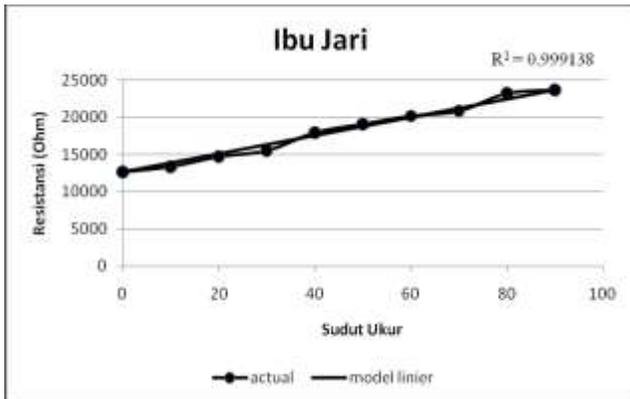
Gambar 11. Blok pengukuran *sensor flex*

Sensor flex merupakan sensor resistansi yang berubah terhadap *bending* yang diteima oleh sensor. Pengukuran sensor dengan keadaan derajat bukaan jari sebesar 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°. Pengukuran dilakukan untuk kelima sensor, sehingga linieritas dari sensor dapat diperoleh. Pada tabel 1 berikut merupakan data hasil pengukuran dari *Sensor flex*.

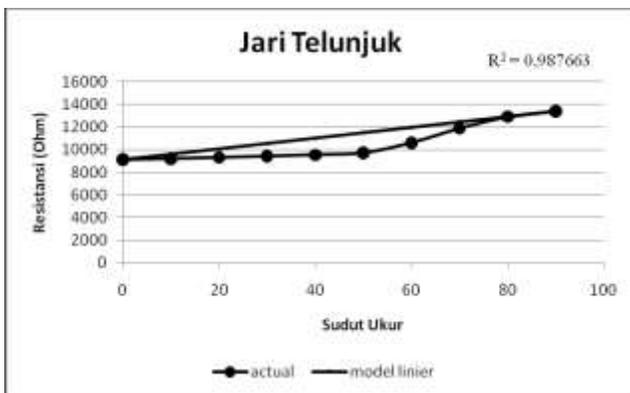
Tabel 1.
Pengukuran sensor *flex*

Derajat	Jempol (Ohm)	Telunjuk (Ohm)	Tengah (Ohm)	Manis (Ohm)	Kelingking (Ohm)
0	12650	9100	9560	10700	10000
10	13370	9190	9800	12500	10310
20	14710	9300	10200	13100	10680
30	15520	9410	10500	13560	11040
40	17930	9540	10750	13750	11400
50	19080	9710	11750	14900	12060
60	20170	10610	13000	15400	12620
70	20840	11890	14500	15800	13040
80	23200	12910	14000	16400	13720
90	23680	13420	16600	17250	18350

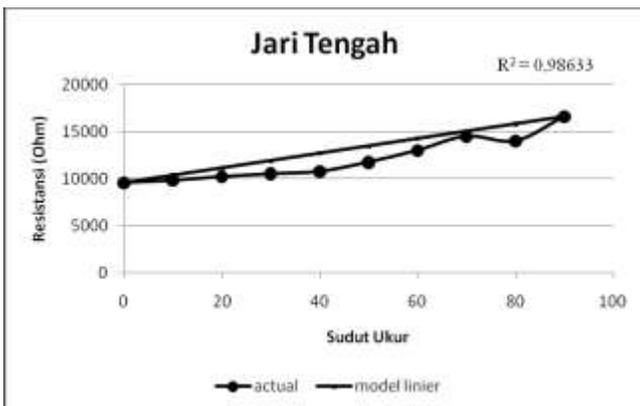
Dari tabel 1 diatas dimasukkan kedalam grafik dan diberi *trendline* berupa regresi linier untuk melihat tingkat linieritas dari sensor. Berikut merupakan gambar karakteristik dari sensor.



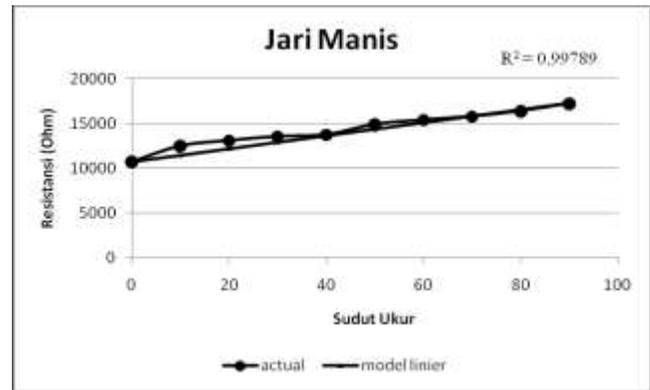
Gambar 12. Karakteristik *sensor flex* pada ibu jari



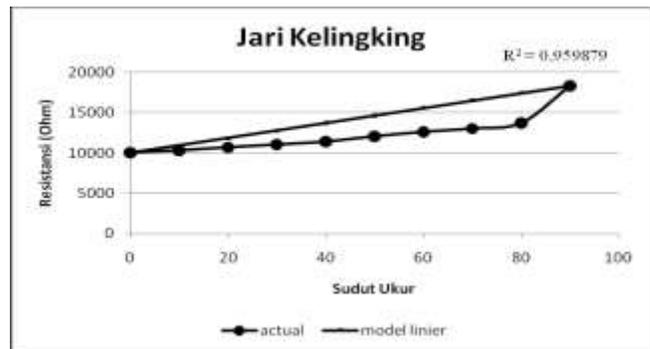
Gambar 13. Karakteristik *sensor flex* pada jari telunjuk



Gambar 14. Karakteristik *Sensor flex* pada jari tengah



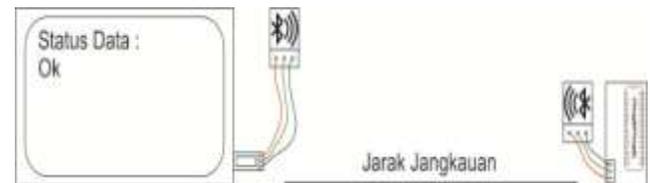
Gambar 15. Karakteristik *sensor flex* pada jari manis



Gambar 16. Karakteristik *sensor flex* pada jari kelingking

B. Pengujian Karakteristik *Bluetooth*

Berikut merupakan blok pengukuran *range* jangkauan dari *Bluetooth* HC dengan menggunakan alat ukur jarak dalam meter.



Gambar 17. Blok Pengukuran jangkauan *Bluetooth* HC

Tabel 2.
Pengujian jarak *Bluetooth* HC kondisi dengan halangan

No.	Jarak (meter)	Kondisi	Pairing Time (s)	Status
1	1	Dengan Halangan	6,2	Connect
2	2	Dengan Halangan	6,5	Connect
3	3	Dengan Halangan	6,4	Connect
4	4	Dengan Halangan	6,5	Connect
5	5	Dengan Halangan	6,4	Connect
6	6	Dengan Halangan	6,5	Connect
7	7	Dengan Halangan	6,5	Connect
8	8	Dengan Halangan	6,5	Connect
9	9	Dengan Halangan	7	Connect
10	10	Dengan Halangan	200	Connect
11	>10	Dengan Halangan	300	Not connected

Pengujian pengiriman data 100% berhasil setiap pairing telah berhasil dilakukan.

C. Analisa *Sensor Flex*

Dari pengujian *sensor flex* dapat dihitung *mean percentage error* dari data *sensor flex* dengan rumus berikut.

$$MPE = \left| \frac{100\%}{n} \sum_{t=0}^{90} \frac{f_t - a_t}{a_t} \right| \quad (1)$$

Keterangan :

MPE : Mean Percentage Error

n : Jumlah data

f_t : Data forecast (data garis linier)

a_t : Data actual (data sensor yang sebenarnya)

Dari rumus tersebut dapat diperoleh nilai *error* dari sensor terhadap garis linier adalah sebesar .

$$MPE_{jempol} = \left| \frac{100\%}{10} \sum_{t=0}^{90} \frac{f_t - a_t}{a_t} \right| = 0,58\% \quad (2)$$

$$MPE_{telunjuk} = \left| \frac{100\%}{10} \sum_{t=0}^{90} \frac{f_t - a_t}{a_t} \right| = 7,63\% \quad (3)$$

$$MPE_{tengah} = \left| \frac{100\%}{10} \sum_{t=0}^{90} \frac{f_t - a_t}{a_t} \right| = 8,7\% \quad (4)$$

$$MPE_{manis} = \left| \frac{100\%}{10} \sum_{t=0}^{90} \frac{f_t - a_t}{a_t} \right| = 2,7\% \quad (5)$$

$$MPE_{manis} = \left| \frac{100\%}{10} \sum_{t=0}^{90} \frac{f_t - a_t}{a_t} \right| = 15,13\% \quad (6)$$

Dari data perhitungan diatas terlihat bahwa *error* terbesar adalah 15,13% menunjukkan bahwa tingkat linieritas dari sensor cukup baik.

D. Analisa *Bluetooth*

pengujian dengan halangan dilakukan dengan dua ruangan berbeda yaitu *Master* di ruang A dan *Slave* di ruang B. Jarak terjauh yang dapat dijangkau oleh *Bluetooth* adalah 10 meter saja dengan waktu *pairing* 3 menit 20 detik. Lebih dari 10 meter dengan waktu estimasi 5 menit *pairing* tidak dapat dilakukan sehingga dinyatakan *Bluetooth* dengan jarak lebih dari 10 meter untuk dengan halangan *Bluetooth* tidak dapat melakukan komunikasi. Untuk jarak kurang dari 10 meter waktu *pairing* normal yaitu dengan waktu kurang dari 10 detik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan pengujian pada sistem perangkat keras dan pengujian karakteristik dari sensor yang digunakan dapat diambil kesimpulan bahwa penerapan sistem *wireless* yang sudah diintegrasikan dengan robot EH1 Milano telah berhasil direalisasikan, dan tingkat portabelitas dari sistem dari segi *hardware* sebagai sudah menggunakan komponen SMD. Penggunaan *sensor flex* sebagai sensor untuk mendeteksi perubahan *bending* pada ruas jari dapat terukur lebih akurat dengan nilai *error* dari *trendline* (R^2) rata-rata sebesar 0,98618, *mean percentage error* terkecil 0,58% dan *error*

tertinggi sebesar 15,13% yang menunjukkan bahwa sensor *flex* ini linier. Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian kedepan adalah membandingkan impuls dari sensor *flex* dengan sinyal *electromyography* tiap-tiap jari (EMG).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT. Atas berkah dan rahmatnya kepada penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih kepada laboratorium biocybernetic yang telah memberikan fasilitas dalam pengerjaan penelitian, dan jurusan teknik elektro fakultas teknik industri institut teknologi sepuluh nopember yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prensilia, "*Extrinsic Robotic Hand Basic User Guide*", Prensilia s.r.l EH1 Milano Series, 2010.