

# Perbaikan Sistem Kendali Robot Tangan EHI Milano Menggunakan Sistem Kendali Loop Tertutup

Muhammad Faris Zaini Fu'ad, 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 robotika sangat berkembang pesat dan penggunaannya semakin luas. Prensilia EHI Milano dikembangkan sebagai organ buatan untuk menggantikan peranan tangan manusia yang cacat atau diamputasi. Robot EHI Milano dilengkapi satu buah motor untuk masing-masing jari, sensor proximity untuk mendeteksi jari terbuka atau tertutup penuh, dan sensor arus yang digunakan untuk mengatur kekuatan genggam dari robot tangan. Sebelumnya telah dibuat sistem mikrokontroler untuk mengendalikan robot tangan EHI Milano, dengan sensor gerak berupa sarung tangan yang dilengkapi potensiometer, akan tetapi belum dapat melakukan gerakan menggenggam benda. Dalam penelitian ini dirancang sistem untuk mengendalikan robot EHI Milano menggunakan sensor gerak berupa sebuah sarung tangan yang dilengkapi flex sensor, yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan tangan manusia dengan menggunakan kendali PID. Flex sensor digunakan karena lebih sensitif terhadap perubahan gerakan tangan dan memudahkan untuk mengendalikan robot untuk melakukan gerakan menggenggam benda. Dari pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa dengan sistem kendali yang diterapkan, robot tangan EHI Milano dapat melakukan gerakan menggenggam benda dengan diameter lebih dari 5 cm. Performansi yang dihasilkan sistem kendali yang dibuat cukup baik dengan RMSE rata-rata tertinggi sebesar  $0,102\% \pm 0,016\%$ . Untuk penelitian selanjutnya perlu perbaikan pada sensor gerak untuk ibu jari, agar pergerakan pada ibu jari dapat dilakukan dengan maksimal.

**Kata Kunci**— EHI Milano, flex sensor, mikrokontroler, PID.

## I. PENDAHULUAN

Teknologi di dunia robotika saat ini sudah sangat berkembang pesat dan penggunaannya semakin luas. Pada bidang robot medis salah satunya, yaitu organ buatan yang berbentuk robot tangan Prensilia EHI Milano. Organ buatan ini dikembangkan untuk menggantikan peranan organ tubuh manusia yang telah mengalami disfungsi, misalnya pada tangan yang cacat atau diamputasi. Pada robot prensilia dilengkapi dengan satu buah motor untuk masing-masing jari. Selain itu, robot Prensilia EHI Milano dilengkapi dengan sensor proximity untuk mendeteksi jari terbuka atau tertutup penuh, dan sensor arus yang digunakan untuk mengatur kekuatan genggam dari robot tangan. Sebelumnya telah dibuat sebuah sistem mikrokontroler untuk mengendalikan robot tangan EHI Milano, dengan sensor gerak yang berupa

sebuah sarung tangan yang dilengkapi dengan potensiometer [1].

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem mikrokontroler untuk mengendalikan robot Prensilia EHI Milano, dengan sensor gerak berupa sarung tangan dan dilengkapi dengan flex sensor. Mikrokontroler akan digunakan sebagai pengolah sinyal dari sensor, kemudian sinyal keluaran dikirimkan melalui komunikasi serial. Metode kendali yang akan digunakan untuk mengendalikan robot ini Prensilia EHI Milano adalah kendali PID. Dengan sensor gerak yang dibuat diharapkan robot tangan dapat melakukan gerakan menyerupai gerakan manusia, misalnya robot digunakan untuk melakukan gerakan menggenggam benda.

## II. LANDASAN TEORITIS

### A. Robot Tangan EHI Milano

Robot Prensilia EHI Milano merupakan robot berbentuk menyerupai tangan manusia yang dapat digunakan untuk beberapa aplikasi, misalnya organ buatan, *humanoid*, *neuroscience*, robot rehabilitasi, dan *brain machine interface* (BMI). Robot tangan ini terdiri dari beberapa bagian yakni sensor, pengendali internal, motor, serta *interface* ke perangkat lain berupa komunikasi serial UART dengan *baud rate* 115200bps.

### B. Flex Sensor

Flex sensor merupakan sensor yang dapat mendeteksi perubahan sudut yang terjadi pada dirinya. Perubahan sudut tersebut dideteksi melalui perubahan resistansi yang terjadi. Sensor ini diaplikasikan untuk mendeteksi gerakan yang terjadi pada jari. Perubahan resistansi yang terjadi bervariasi sesuai dengan *bending* yang diberikan pada sensor.

## III. PERANCANGAN SISTEM

Alat yang dibuat merupakan sistem yang digunakan untuk mengendalikan robot EHI Milano agar dapat bergerak mengikuti gerakan tangan manusia. Sistem yang dibuat menggunakan antarmuka UART dengan *baud rate* 115,2kbps. Masukan untuk sistem adalah berupa sensor gerak berupa sarung tangan yang telah dilengkapi dengan flex senso

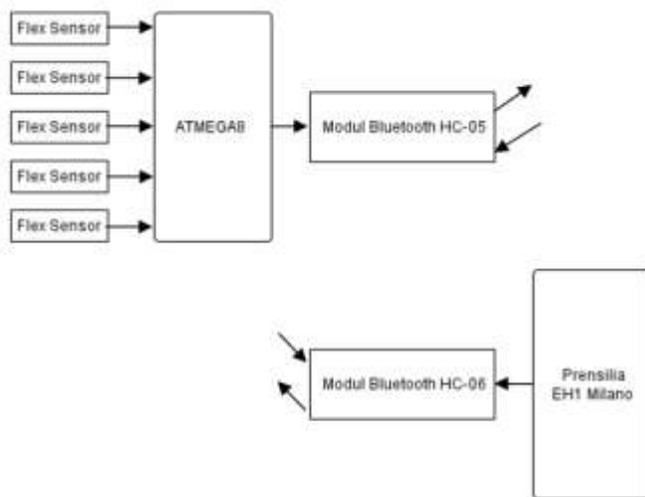


Gambar 1. Robot tangan EH1 Milano.

Sistem kendali untuk robot tangan dirancang memiliki dua mode yaitu mode kendali dengan menggunakan mikrokontroler, atau metode kendali dengan menggunakan PC untuk memonitoring kinerja dari kendali yang dibuat.

A. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem secara umum ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem.

Berdasarkan gambar 2, blok sensor dari sistem merupakan blok yang berfungsi untuk mendapatkan posisi dari jari-jari tangan. Flex sensor tersebut diletakkan pada sebuah sarung tangan sehingga ketika jari-jari bergerak maka akan dihasilkan perubahan resistansi pada sensor.

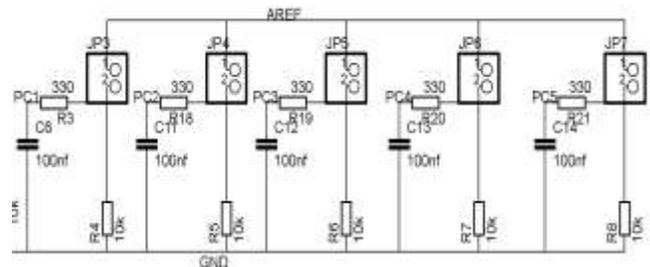
Blok Pengendali, merupakan blok yang berfungsi untuk melakukan proses pengendalian suatu objek. Bila berbicara tentang pengendali digital maka blok pengendali ini biasanya terdiri dari mikroprosesor atau mikrokontroler untuk pengolahan data. Pada blok pengendali ini terdapat sistem kendali PID digital dengan frekuensi sampling 100Hz.

Blok yang dikendalikan yakni robot EH1 Milano. Sinyal kendali untuk robot dikirimkan melalui antarmuka UART dengan baud rate 115,2kbps. Yang nantinya gerakan robot harus sesuai dengan gerak sensor. Robot tangan akan

menggerakkan jari-jari sesuai dengan posisi sensor gerak.

B. Skematik Rangkaian

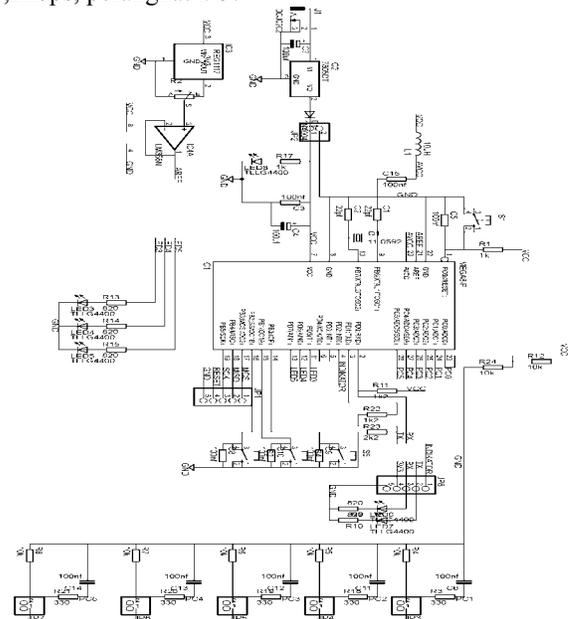
Skematik rangkaian yang dirancang mengacu pada diagram blok yang telah dibuat pada gambar 2. Rangkaian yang dibuat terdiri dari rangkaian sensor gerak, rangkaian komunikasi Bluetooth slave serta rangkaian mikrokontroler dan bluetooth master.



Gambar 3. Skematik sensor gerak.

Sensor gerak yang digunakan terdiri dari 5 buah flex sensor dengan resistansi 10KOhm. Jika jari bergerak menutup maka resistansi akan naik secara linier. Rangkaian sensor gerak dibuat menjadi rangkaian pembagi tegangan seperti terlihat pada gambar 3. Tegangan AREF digunakan yang digunakan sebesar 2,048VDC. Tegangan AREF juga digunakan sebagai input untuk referensi ADC (Analog to Digital Converter). Hal tersebut dilakukan agar ketika terjadi perubahan tegangan AREF maka sistem tidak akan terlalu berpengaruh pada sistem.

Mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan robot EH1 Milano adalah mikrokontroler yang diproduksi oleh ATMEL yakni ATMEGA8. Mikrokontroler ini memiliki fitur yang cukup untuk menangani kendali yang akan dirancang untuk robot EH1 Milano. Beberapa fitur yang digunakan diantaranya timer, 5 channel ADC dengan resolusi 10-bit, perangkat UART sebagai antarmuka dengan baud rate 115,2kbps, perangkat I/O.

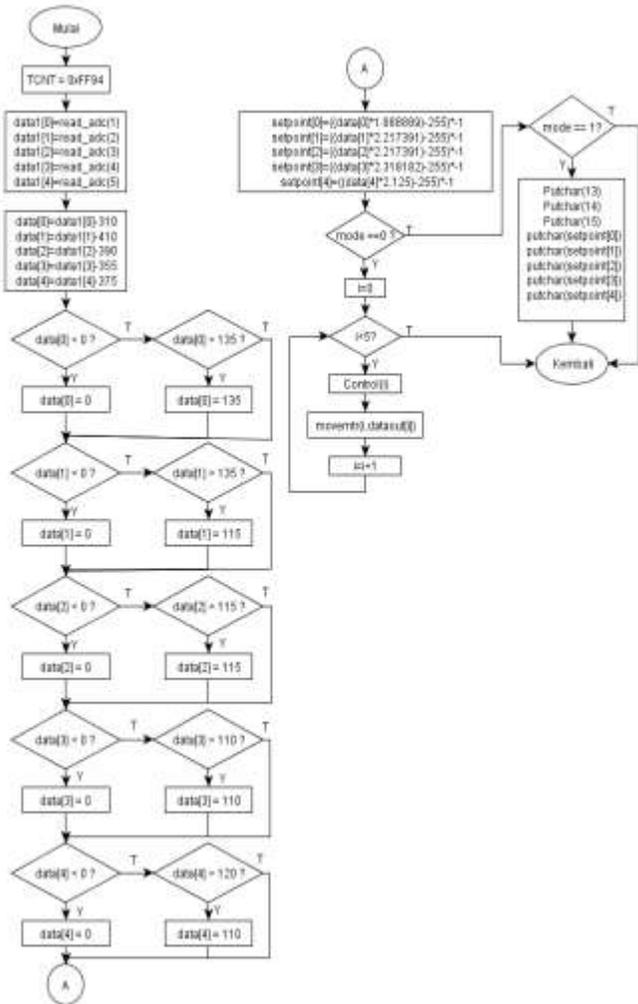


Gambar 4. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler.

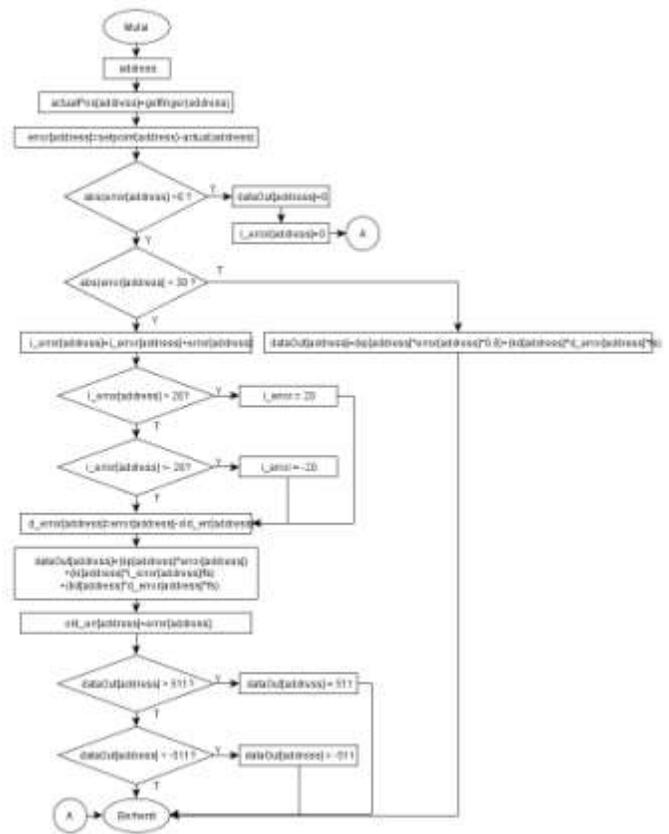
C. Perancangan Perangkat Lunak

Pada bagian ini dibahas mengenai perancangan sebuah algoritma agar robot tangan EHI Milano dapat mengikuti gerakan dari sensor gerak. Sebelumnya dibuat terlebih dahulu subrutin-subrutin untuk memudahkan dalam menggunakan perintah pada robot EHI Milano.

Sistem kendali PID diskrit yang digunakan di eksekusi setiap kali ada interupsi dari *timer*. Terdapat dua macam mode kendali yaitu dengan menggunakan mikrokontroler dan menggunakan PC. Diagram alir dari mode kendali yang dibuat ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir interup timer yang menangani sistem kendali.



Gambar 6. Diagram Alir Subrutin kendali PID.

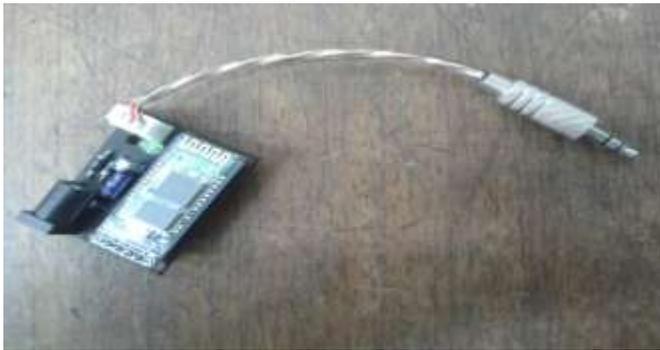
Pada sistem kendali yang dibuat, sistem dapat mengubah kontroler yang digunakan. Ketika absolut error kurang dari 30 maka digunakan kontroler PID, ketika error lebih dari 30 maka hanya digunakan kontroler PD. Hal ini dilakukan untuk mengurangi *overshoot* yang terjadi.

D. Realisasi Alat

Setelah perancangan selesai dilakukan proses yang selanjutnya yaitu realisasi alat. Terdapat dua blok yang akan direalisasikan yakni blok sensor sarung tangan, blok sistem minimum ATMEGA8 sebagai kontroler dan blok komunikasi *bluetooth slave*.



Gambar 7. Realisasi sistem minimum mikrokontroler.



Gambar 8. Realisasi blok komunikasi bluetooth slave.

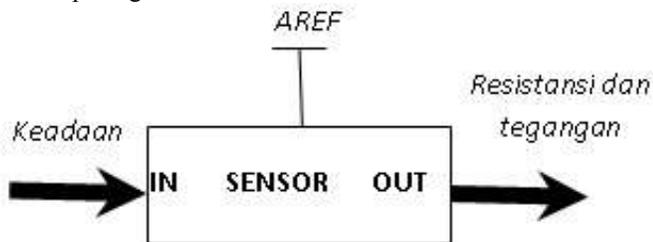


Gambar 9. Integrasi sistem minimum dan sensor gerak.

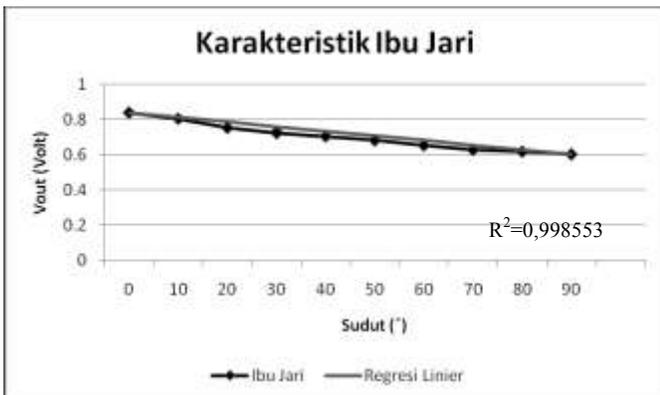
IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Karakteristik Sensor Gerak

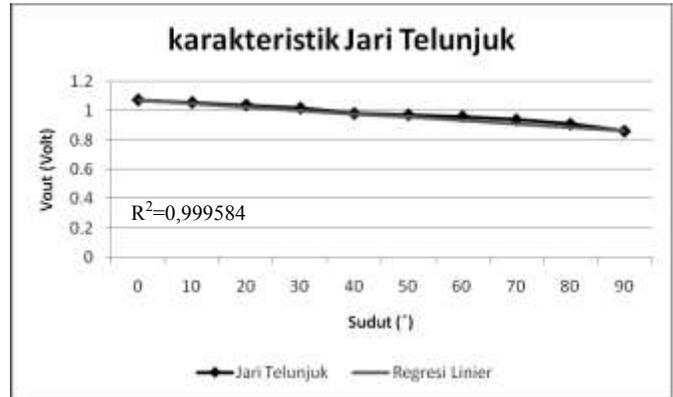
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari sensor gerak yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan membengkokkan sensor dari 0° sampai 90° dengan kenaikan sebesar 10°. Blok pengujian sensor gerak dapat dilihat pada gambar 10.



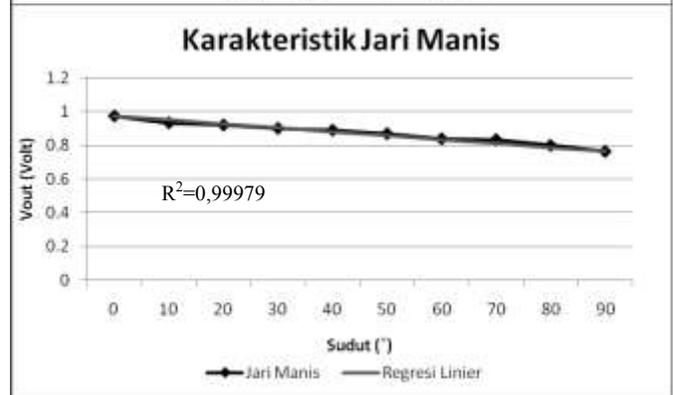
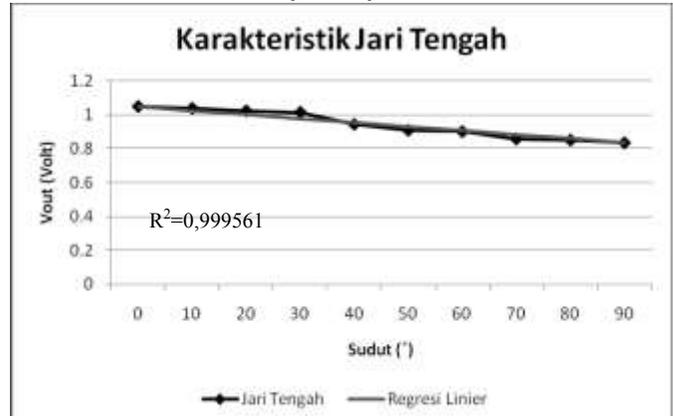
Gambar 10. Blok pengujian sensor gerak



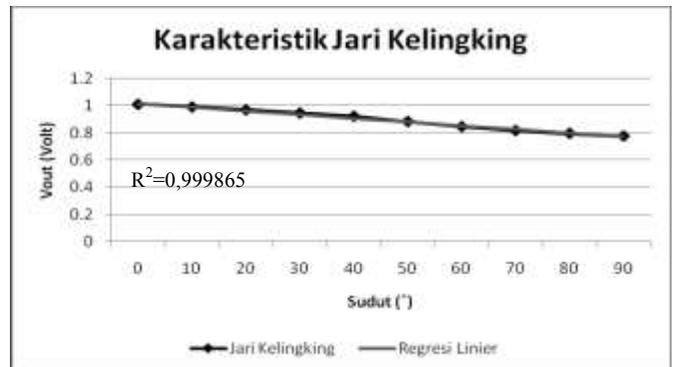
Gambar 11. Karakteristik sensor ibu jari.



Gambar 12. Karakteristik sensor jari telunjuk.



Gambar 14. Karakteristik sensor jari manis.



Gambar 15. Integrasi Karakteristik sensor jari kelingking.

Karakteristik sensor pada masing-masing jari yang ditunjukkan pada gambar 11, gambar 12, gambar 13, gambar 14, dan gambar 15. Pada hasil pengujian diatas, grafik karakteristik dari sensor untuk masing-masing jari dipasangkan

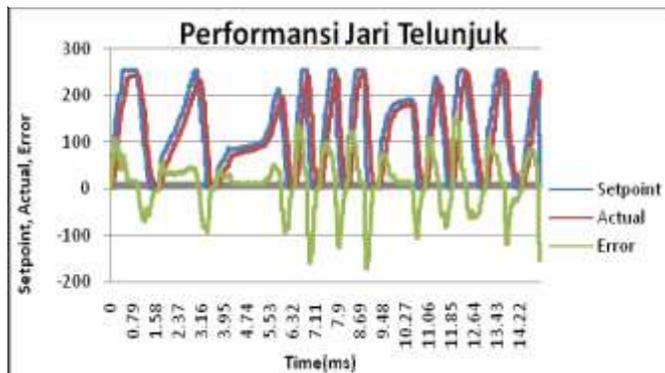
dengan garis *trendline* yang linier. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelinieran dari sensor yang digunakan. Dari data diatas diperoleh MPE (*Mean Percentage Error*) untuk masing-masing jari yaitu untuk ibu jari 1,99%, untuk jari telunjuk 1,38%, untuk jari tengah 1,415%, untuk jari manis 0,875%, dan untuk jari kelingking 0,785%.

**B. Pengujian Sistem Kendali PID**

Pengujian performansi sistem kendali PID pada tiap-tiap jari digunakan PC sebagai kontroler dan mikrokontroler sebagai *slave* untuk mengirimkan data *setpoint* untuk robot. Performansi kendali pada PC dan mikrokontroler dianggap sama karena memiliki algoritma dan frekuensi sampling yang sama yakni 100Hz.



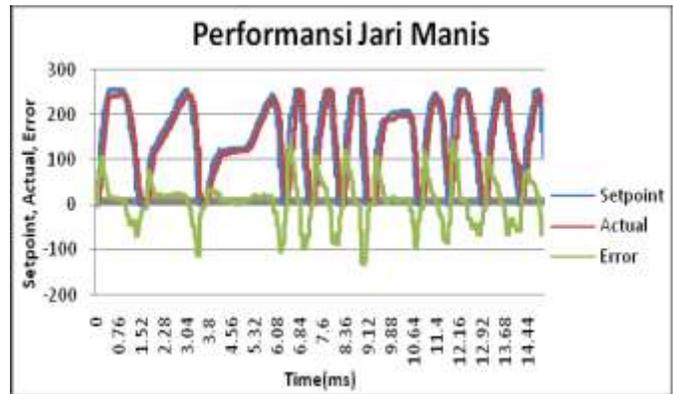
Gambar 16. Performansi kendali ibu jari.



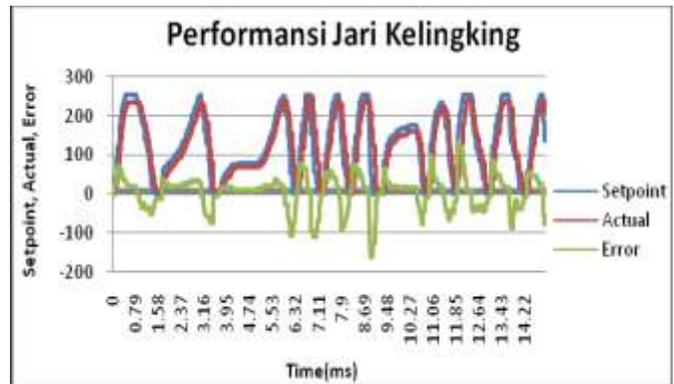
Gambar 17. Performansi kendali jari telunjuk.



Gambar 18. Performansi kendali jari tengah.



Gambar 19. Performansi kendali jari manis.



Gambar 20. Performansi kendali jari kelingking.

performansi sistem kendali yang dibuat cukup baik. Dari beberapa data performansi yang dilakukan didapatkan RMSE (*Root Mean Square Error*) yang kurang dari 1%. Hasil RMSE rata-rata yang didapatkan oleh sistem kendali dari dua percobaan yang dilakukan adalah  $0,0797\% \pm 0,0286\%$  untuk ibu jari,  $0,102\% \pm 0,016\%$  untuk jari telunjuk,  $0,091\% \pm 0,006\%$  untuk jari tengah,  $0,088\% \pm 0,015\%$  untuk jari manis, dan  $0,0798\% \pm 0,011\%$  untuk jari kelingking

**C. Pengujian Fisik EHI Milano Menggenggam Benda**

Pengujian dilakukan dengan menggerakkan robot untuk mencoba menggenggam beberapa benda.



Gambar 21. Robot EHI Milano menggenggam stop kontak.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurmadyansyah, Rizky Fauzy, “*PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI ROBOT TANGAN PRENSILIA*”, Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.



Gambar 22 Robot EHI Milano menggenggam sebuah botol air mineral.

Dari pengujian yang telah dilakukan robot dapat melakukan gerakan menggenggam benda dengan baik. terlihat pada gambar 21 dan gambar 22.

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perancangan dan realisasi, serta pengujian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa, dengan sistem kendali yang diterapkan, robot tangan EHI Milano dapat melakukan gerakan menggenggam benda untuk benda dengan diameter lebih dari 5 cm. Sedangkan untuk benda dengan diameter yang kecil belum dapat dilakukan dengan baik. Performansi yang dihasilkan sistem kendali yang dibuat cukup baik dengan RMSE (Root Mean Square Error) rata-rata tertinggi yaitu sebesar  $0,102\% \pm 0,016\%$ . Flex sensor memiliki linearitas yang sangat baik saat digunakan sebagai sensor gerak untuk robot tangan EHI Milano, dimana hanya memiliki MPE (Mean Percentage Error) tertinggi sebesar 1,99%. Flex sensor memiliki sensitivitas yang sangat baik dalam mendeteksi gerakan dari ruas-ruas jari.

Kelemahan dari sensor gerak yang telah dibuat yaitu kurang bisa memaksimalkan pergerakan dari ibu jari. Saran untuk pengembangan penelitian ini adalah perbaikan untuk sensor gerak dari robot EHI Milano, agar pergerakan dari ibu jari dapat dimaksimalkan

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT, atas berkah dan rahmatnya kepada penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro, kepada Laboratorium Biocybernetic yang memberikan fasilitas kepada penulis dan mendukung dalam menyelesaikan penelitian ini.