
RANCANG BANGUN MODUL UKUR TEKANAN PIJAK TELAPAK KAKI ROBOT HUMANOID

Maulana Aziz Assuja¹, Septina Nainggolan², Saniati³

^{1,2,3,4} Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia
JL.ZA. Pagar Alam No.9-11, Labuhan Ratu, Bandar Lampung, Indonesia 35312

¹aziz.maulana.assuja@gmail.com, ²septinanainggolan17@gmail.com,

³saniati@teknokrat.ac.id

Abstract

Maintaining balance for humanoid robots is one of the core problems to be solved. Krakatau FC as a humanoid-type robot performs balancing based on error information obtained from the IMU sensor. Information from the IMU alone is considered inadequate because it ignores the contours of the robot's stepping area which greatly influences the actions that must be taken to maintain balance. The focus of this research is to create a foot pressure measurement module that is compatible with the Dynamixel communication protocol. The sensor used to measure pressure is a Force Sensitive Resistor (FSR) sensor. The test results show the module's ability to measure the pressure exerted by the robot's legs and communicate with the robot's main controller using the Dynamixel protocol. From the test, it is also known that the modules made can help the robot's mechanical calibration process based on the comparison of the pressure between the right and left soles of the feet.

Keywords: Balancing, Humanoid Robot, Palm Pressure, Krakatau FC

Abstrak

Menjaga keseimbangan untuk robot humanoid adalah salah satu masalah inti yang harus diselesaikan. Krakatau FC sebagai robot bertipe humanoid melakukan penyeimbangan berdasarkan informasi kesalahan yang diperoleh dari sensor IMU. Informasi dari IMU sendiri dinilai kurang memadai karena mengabaikan kontur area pijakan robot yang sangat mempengaruhi tindakan yang harus dilakukan untuk menjaga keseimbangan. Fokus penelitian ini adalah membuat modul pengukuran tekanan kaki yang kompatibel dengan protokol komunikasi Dynamixel. Sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan adalah sensor Force Sensitive Resistor (FSR). Hasil pengujian menunjukkan kemampuan modul dalam mengukur tekanan yang diberikan oleh kaki robot dan berkomunikasi dengan pengendali utama robot menggunakan protokol Dynamixel. Dari pengujian juga diketahui bahwa modul yang dibuat dapat membantu proses kalibrasi mekanik robot berdasarkan perbandingan tekanan antara telapak kaki kanan dan kiri.

Kata kunci: Balancing, Humanoid Robot, Palm Pressure, Krakatau FC

1. PENDAHULUAN

Salah satu tantangan terbesar pada robot *humanoid* adalah bentuk permukaan pijak yang tidak selalu rata. Area pijak bisa saja berupa area dengan kecondongan tertentu, area dengan perbedaan ketinggian (pada kedua sisi telapak kaki robot), area yang tidak stabil (pijakan akan bergerak secara vertikal bila diberi beban) atau kombinasi dari beberapa

kondisi tersebut. Disisi lain Robot dituntut untuk dapat beroperasi dengan baik pada segala kondisi tersebut serta dapat menyelesaikan misinya.

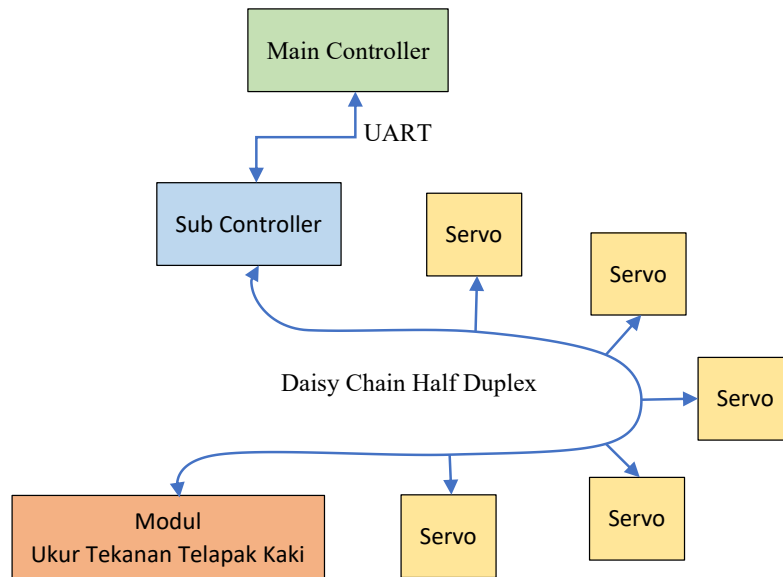
Krakatau FC sebagai sebuah robot dengan platform *humanoid* menganut prinsip inverted pendulum [1] dengan zona aman yang menjaga keseimbangan robot dengan memodifikasi sudut pada sendi tertentu. Koreksi galat didapat dengan memanfaatkan IMU sensor berupa *accelorometer* dan *gyrometer* untuk mengukur kecondongan absolut dan besar gaya angular pada periode tertentu (*time window*). Seperti pada riset Mustofa [2] dan Bukhori [3] yang melakukan pengaturan keseimbangan robot pada lahan miring berdasarkan informasi sudut yang di hitung dari nilai *gyroscope*. Penggunaan kedua sensor tersebut efektif untuk menangani gangguan eksternal pada robot (robot dengan sengaja diberikan gaya dari berbagai sisi) jika area pijak dimana robot berdiri relatif rata.

Sementara itu pada lapangan yang kurang ideal, efektifitasnya akan menurun drastis. Penurunan ini terjadi karena ketiadaan umpan balik yang diperlukan untuk mengetahui seberapa besar tekanan yang diterima pada bagian-bagian telapak kaki tertentu. Ketiadaan informasi tersebut membuat sistem kendali akan terus beranggapan koreksi yang telah dilakukan berdasarkan IMU sudah tepat, meskipun kenyataannya tidak terjadi proses stabilisasi yang tepat dikarenakan adanya gangguan dari area pijak. Dalam penelitian Al-Faisali [4], informasi tekanan telapak kaki didapat dengan memanfaatkan Force Sensitive Sensor (FSR). Penelitian Al-Faisali terbatas pada platform robot *humanoid* Manoi AT01. Pendekatan lainya dilakukan oleh Gomez [5] yang memanfaatkan *hall effect sensor* untuk mendeteksi adanya tekanan. Sementara itu, Arifin [6] mencoba mengatasi masalah tersebut pada robot *humanoid* pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan meletakkan *load cell* pada telapak kaki robot untuk menghitung pusat tekanan dan mengkompensasikan nya untuk menjaga keseimbangan robot.

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini dimaksudkan untuk menyediakan modul sensor pengukur tekanan kaki yang kompatibel dengan protokol komunikasi pada robot *humanoid* Krakatau FC.

2. METODOLOGI PENELITIAN

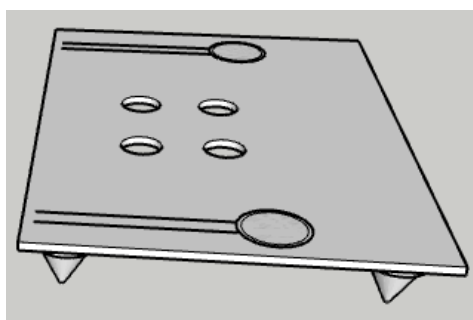
Sebagai sebuah sub-sistem yang menjadi pendukung robot Krakatau FC, modul ukur ini dirancang bersifat plug-in yang keberadaannya bisa di pasang dengan skema *daisy chain* teknologi servo Dynamixel. Kompatibilitas ini harus terjadi baik secara elektrik (*wiring*, rentang tegangan dan arus) maupun *software* (jenis dan protokol komunikasi). Dalam gambar 1. dijelaskan skema hubungan modul ukur tekanan dengan bagian-bagian dari sistem yang telah ada di platform robot *Humanoid* Krakatau FC.



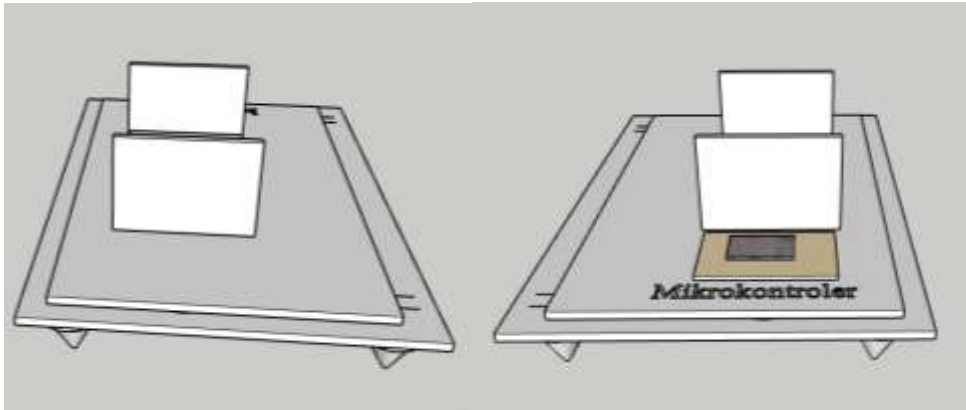
Gambar 1 Skema Interkoneksi komponen dalam Robot Krakatau FC

2.1. Desain Telapak Kaki Robot

Modul ini dirancang menggunakan dua buah sensor *Force Sensitive Resistor* (FSR) untuk setiap telapak kaki dengan tujuan utama mengukur tekanan kaki pada sudut angguk (*tilting*). Sudut angguk dipilih sebagai sudut koreksi dikarenakan resiko gangguan keseimbangan yang lebih dominan. Gambar 2. dan 3. memperlihatkan penempatan kedua buah sensor FSR. Sensor sensor tersebut diletakkan diantara dua buah plat metal dimana satu plat terhubung dengan sendi pergelangan kaki dan plat lainnya merupakan bagian yang akan bersentuhan dengan area pijak. Diantara dua plat diberikan busa berbahan polyethylene yang berfungsi layaknya *shock absorber* sekaligus pelindung sensor dari tekanan berlebihan yang mungkin diterima.



Gambar 2. Rancangan Penempatan Sensor FSR

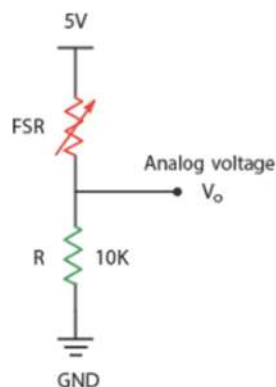


Gambar 3 Rancangan Telapak Kaki Beserta Rangka Bagian Pergelangan Kaki

Kedua buah sensor FSR diletakkan tepat pada ujung depan dan belakang garis tengah titik tumpu utama pada setiap kaki. Dengan penempatan sensor tersebut, galat robot baik pada fase *single stance* dan *double stance* bisa didapatkan dengan menghitung perbedaan tekanan berdasarkan nilai yang diberikan oleh sensor-sensor yang ada.

2.2. Rangkaian Skema Modul

Modul ukur tekanan telapak menggunakan dua buah Sensor FSR bertipe DF9-40 [7] yang mampu mengukur tekanan sampai dengan 20 KGF. Dikarenakan sifat FSR yang mengembalikan nilai tekanan dalam bentuk perubahan *resistance*, maka pembacaan sensor dirancang menggunakan konsep rangkaian pembagian tegangan yang dihubungkan dengan Analog to Digital Converter (ADC) mikrokontroller. Rangkaian pembagi tegangan terdiri dari satu buah resistor tetap bernilai 10K Ohm, FSR sebagai *varying resistor* dan catu daya 5V sesuai dengan tegangan kerja mikrokontroller.



Gambar 4 Skematik Rangkaian ADC FSR

Model komunikasi *daisy chain* robot *humanoid* Krakatau FC mengadopsi model yang dikembangkan oleh Robotis pada teknologi servo Dynamixel. Model tersebut menggunakan 3 kabel dimana 2 diantaranya digunakan sebagai saluran daya (*ground* dan *positif*) dan sisanya sebagai saluran data dengan skema komunikasi *half duplex* pada rentang tegangan TTL.

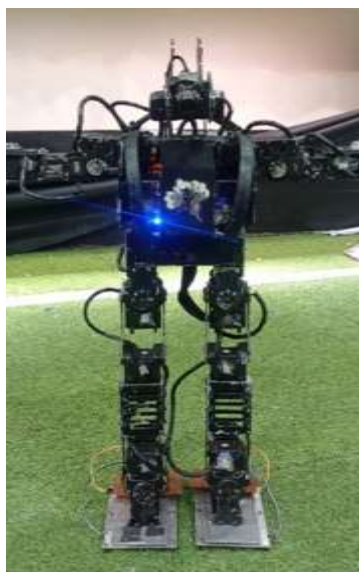
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Purwarupa dan Rencana Pengujian

Hasil rancang bangun modul diperlihatkan dalam bentuk purwarupa seperti gambar 5 dan 6. Selanjutnya pengujian akan dilaksanakan dengan mengintegrasikan modul pada kaki robot. Dua hal yang menjadi fokus utama pengujian adalah pengukuran tekanan telapak pada beberapa kondisi robot serta pengujian komunikasi menggunakan *toolkit* standar Dynamixel yang disediakan oleh Robotis.



Gambar 5 Purwarupa Modul



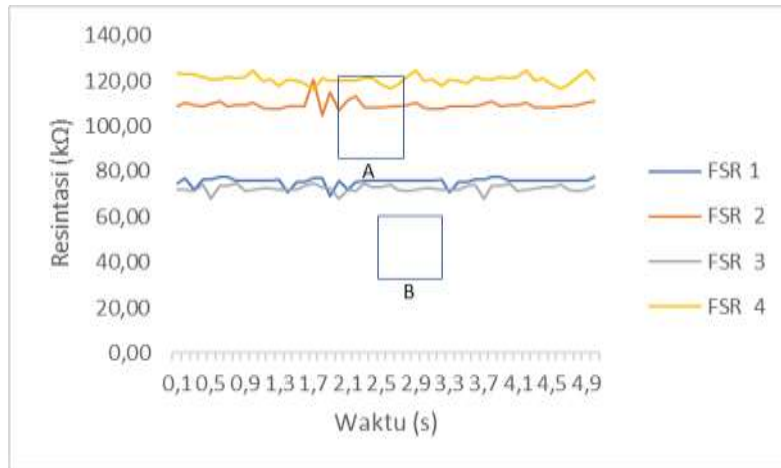
Gambar 6 Implementasi Purwarupa pada Robot Krakatau FC

3.2. Uji Pengukuran

Tahap uji pengukuran dibutuhkan untuk melihat nilai/besaran yang dihasilkan oleh sensor dan nilai/besaran yang diterima oleh ADC mikrokontroler. Pengujian ini penting untuk melihat seberapa *sensitive sensor* terhadap perubahan-perubahan tekanan yang diberikan. Dalam tahap pengujian ini, modul akan diuji dengan beberapa posisi robot baik dalam keadaan diam maupun bergerak.

3.2.1. Pengujian Kondisi Robot Berdiri

Pengujian terhadap tekanan kaki robot yang dilakukan dengan posisi robot berdiri. Hasil pengujian tekanan kaki robot dapat dilihat pada Gambar 7.

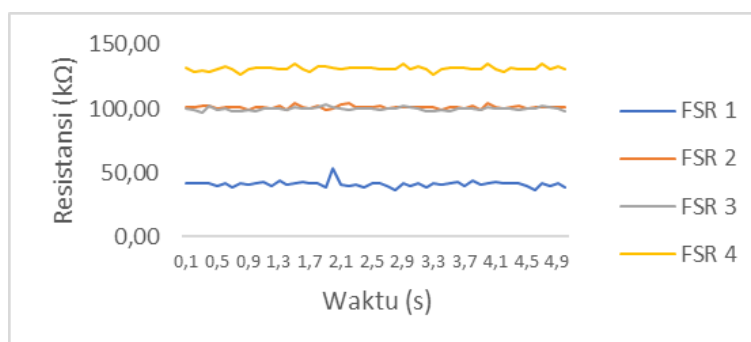


Gambar 7 Grafik Pengujian Modul pada Kondisi Robot Berdiri

Berdasarkan dari gambar 6 dapat dilihat bahwa kaki kanan dan kaki kiri memiliki perbedaan (*error*) nilai resistansi. Di mana antara sensor FSR1 dan FSR3 memiliki *error* < 5% dan FSR2 dan FSR4 sebesar <14%. Hal ini dikarenakan berdirinya robot tidak seimbang antara kaki kanan dan kaki kiri sehingga tekanan kaki kanan lebih besar dari kaki kiri. Informasi ini berguna dalam tahap kalibrasi posisi awal robot sehingga dapat menghindari kelebihan tekanan terhadap salah satu bagian robot dikarenakan kekurangan dalam pengaturan *offset* atau *error* pada mekanis robot.

3.2.2. Pengujian Posisi Robot Berdiri Condong Ke Kanan

Pengujian terhadap tekanan kaki robot yang dilakukan oleh peneliti dengan posisi robot berdiri condong kanan. Gambar 8 merupakan hasil pengujian tekanan kaki robot dalam waktu detik ke 2.

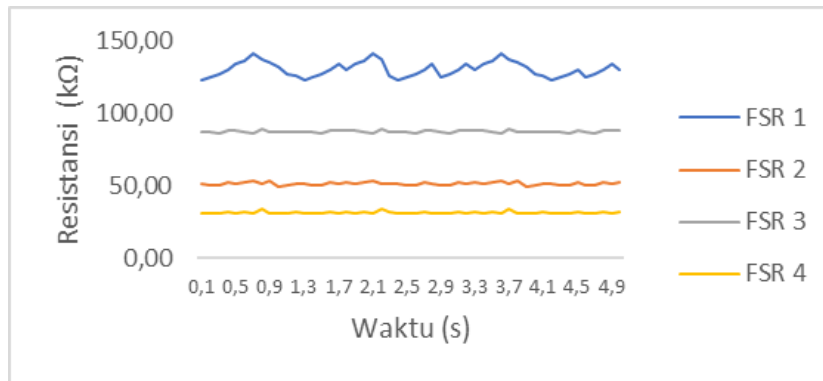


Gambar 8 Grafik Pengujian Modul pada Kondisi Robot Berdiri Condong ke Kanan

Dari pengujian ini kemudian dihasilkan plot grafik dari keluaran resistansi tekanan kaki robot. Berdasarkan pengujian tersebut tekanan kaki kanan lebih besar dibandingkan kaki sebelah kiri.

3.2.3. Pengujian Posisi Berdiri Condong Ke Kiri

Pengujian terhadap tekanan kaki robot yang dilakukan oleh peneliti dengan posisi robot berdiri condong kiri. Gambar 9 merupakan hasil pengujian tekanan kaki robot dalam waktu satu detik.

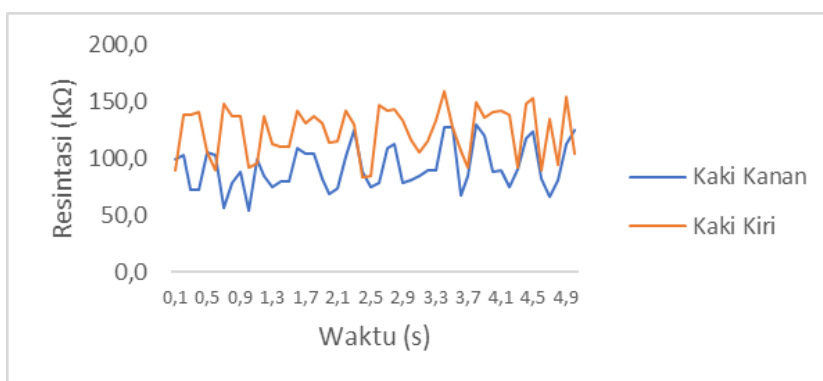


Gambar 9 Grafik Pengujian Modul pada Kondisi Robot Berdiri Condong ke Kiri

Dari pengujian ini kemudian dihasilkan plot grafik dari keluaran resistansi tekanan kaki robot. Berdasarkan pengujian tersebut tekanan kaki kanan lebih besar dibandingkan kaki sebelah kiri.

3.2.4. Percobaan Kondisi Robot Jalan Ditempat

Pengujian terhadap tekanan kaki robot yang dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan robot ketika robot jalan ditempat disajikan pada Gambar 10. Pengujian ini selain untuk mengukur besarnya tekanan, juga bertujuan untuk melihat kemampuan modul untuk memberikan respon penilaian terhadap kondisi yang terus berubah ubah. Kemampuan ini penting untuk menciptakan robot yang dapat memperbaiki posisi tubuhnya guna mempertahankan posisi stabil.



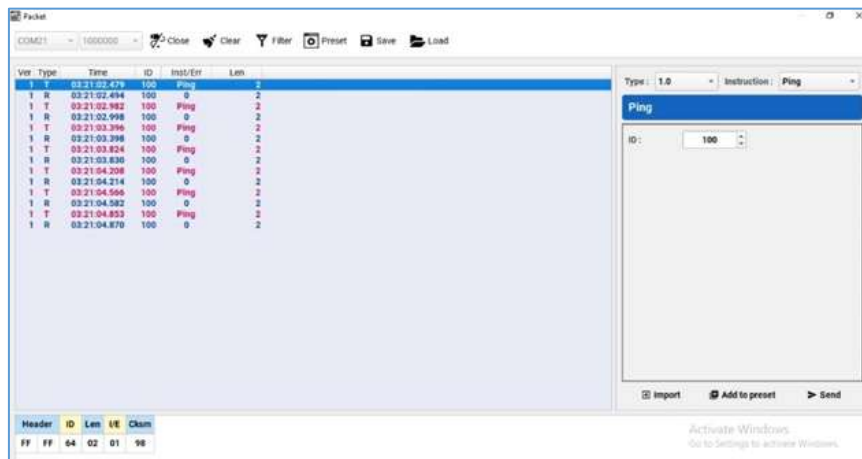
Gambar 10 Grafik Pengujian Modul Pada Kondisi Robot Berjalan Ditempat

Berdasarkan pengujian tersebut besar nilai resistansi kaki kanan rata-rata yang terukur adalah berkisaran 260,45 kΩ sedangkan kaki kiri terukur rata-rata adalah berkisaran 319,34 kΩ. Hal ini membuktikan bahwa pada robot digunakan sebagai sarana uji, terdapat tekanan berlebihan yang relatif konstan pada kaki kanan.

3.3. Pengujian Komunikasi

3.3.1. Intruksi Paket Ping

Pada pengujian intruksi ping (0x01), pengujian ini bertujuan untuk memastikan ada atau tidaknya device. Intruksi ping akan mengembalikan berupa paket status.



Gambar 11. Hasil Pengujian Standar Komunikasi Ping dengan Protocol Dynamixel

3.3.2. Intruksi Paket Read

Pengujian instruksi *read* (0x02) bertujuan untuk membaca nilai output sensor FSR data pada *control table* Dynamixel dengan *address* 26.



Gambar 12 Hasil pengujian standar komunikasi Read dengan protocol Dynamixel

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian setiap bagian dan keseluruhan sistem yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Modul yang diusulkan dapat bekerja dengan baik jika dilihat dari kemampuan ukur dan kompatibilitas dengan protokol Dynamixel yang dianut oleh Robot *Humanoid* Krakatau FC.
2. Modul dapat memberikan informasi kecenderungan tekanan yang diterima oleh masing-masing kaki baik dalam keadaan diam maupun bergerak.
3. Modul dapat memberikan informasi tekanan yang bersifat *real time* sehingga bisa mendukung kebutuhan respon penyeimbangan tubuh robot.

Adapun saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi peneliti selanjutnya yaitu penggunaan sensor yang lebih banyak untuk dapat memberikan informasi yang lebih akurat terkait tekanan pada telapak kaki sehingga memungkinkanantisipasi yang lebih baik dalam pengendalian keseimbangan robot.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dekker, M.H.P., 2009. *Zero-Moment Point Method for Stable Biped Walking*. Eindhoven University of Technology, pp.62.
- [2] Mustofa, M.F., 2016. *Sistem Pengaturan Keseimbangan Robot Humanoid Untuk Berdiri Dan Berjalan Pada Bidang Miring*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Bukhori, M.L., 2018, *Kendali Keseimbangan Robot Humanoid Soccer Menggunakan Sensor Gyro*, Skripsi, Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- [4] Al-Faisali, N., 2014. *An Open Source Platform For Controlling The Manoi AT01 Humanoid Robot And Estimating Its Center Of Mass*, Doctoral dissertation, University of Dayton.
- [5] Gomez, S.O.C., 2014. *Sensing With A 3-Toe Foot For A Mini-Biped Robot*. Magister Thesis, Northeastern University.
- [6] Arifin, M., Purwanto, D., Muhtadin, M., and Nurrochman, A.M, 2017. *Implementasi Pusat Tekanan (CoP) Untuk Kontrol Keseimbangan Postur Pada Robot Humanoid*. The 5th Indonesian Symposium on Robotic Systems and Control. pp. 203–207