

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini akan digunakan referensi atau tinjauan pustaka pada penelitian ini, berdasarkan uraian latar belakang sebelumnya berikut tinjauan pustaka dalam penelitian ini :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No. Literatur	Penulis	Tahun	Judul
Literatur 1	Al-Faisali	2014	<i>An Open Source Platform for Controlling the Manoi AT01 Humanoid Robot and Estimating its Center of Mass</i>
Literatur 2	Sifat et al	2018	<i>Tactile Sensing System Integrated to Compliant Foot of Humanoid Robot for Contact Force Measurement</i>
Literatur 3	Arifin	2017	Implementasi Pusat Tekanan (CoP) Untuk Kontrol Keseimbangan Postur Pada Robot Humanoid
Literatur 4	Gomez	2014	<i>SENSING WITH A 3-TOE FOOT FOR A MINI-BIPED ROBOT</i>
Literatur 5	Mochamad Farid Mustofa	2016	Sistem Pengaturan Keseimbangan Robot Humanoid Untuk Berdiri dan

No. Literatur	Penulis	Tahun	Judul
			Berjalan Pada Bidang Miring
Literatur 6	Muhammad Luqman Bukhori	2018	Kendali Keseimbangan Robot <i>Humanoid Soccer</i> Menggunakan Sensor <i>Gyro</i>

1. Studi Literatur 1

(Al-Faisali, 2014), melakukan penelitian yang berjudul “*An Open Source Platform for Controlling the Manoi AT01 Humanoid Robot and Estimating its Center of Mass*” Dalam penelitiannya membahas tentang pengembangan *platform real-time, open source* dan dikendalikan *platform* untuk menggantikan robot humanoid Manoi AT01. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan menghitung *Center of Pressure (CoP)* robot. Sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan yang diberikan oleh berat robot adalah sensor *Force Sensitive Resistor (FSR)*. Dengan menggunakan Arduino Mega dan servo SD21 dapat mengimplementasikan pengontrol, akuisisi data dan menghitung *Center of Pressure (CoP)* yang ditampilkan secara *real-time* di GUI.

2. Studi Literatur 2

(Sifat, Abbott and Williams, 2018), melakukan penelitian dengan judul “*Tactile Sensing System Integrated to Compliant Foot of Humanoid Robot for Contact Force Measurement*”. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan sistem holistik pada *desain* kaki robot *humanoid* yang dapat meniru karakteristik manusia ini berdasarkan dari kekuatan di bawah kaki dan

menggunakan perkiraan ini untuk keseimbangan dan berjalan. Manusia memiliki mekanisme perkiraan sentuhan dan kekuatan di telapak kaki mereka. Mereka menggunakan perasaan sentuhan dan kekuatan ini untuk menjaga keseimbangan, berjalan, berlari, dan melakukan berbagai gerakan. Penelitian ini menyajikan alas kaki dengan kemampuan penginderaan gaya terintegrasi yang membahas masalah dalam penggerak tanah. Gaya reaksi tanah dapat diukur secara akurat selama pergerakan tanah, memungkinkan robot untuk bereaksi terhadap medan yang berubah. Berdasarkan hasil pengujian dari penelitian ini sensor kaki multi-sumbu mampu mendeteksi gaya normal sejauh 170N dengan RMSE 0,18% dan hingga 50N pada sumbu X dan Y dengan RMSE masing-masing sebesar 10,1% dan 14,64% dalam penyetelan eksperimental yang dilakukan. Secara keseluruhan, sistem ini ringan (<400g) dan berbiaya rendah (<\$400), kuat namun dapat disesuaikan secara mencolok, cocok untuk digunakan pada *humanoid* berkaki yang melakukan penggerak untuk mendeteksi terjadinya kontak tanah dan gaya reaksi tanah yang terlibat.

3. Studi Literatur 3

(Arifin, 2017), melakukan penelitian dengan judul “Implementasi Pusat Tekanan (CoP) Untuk Kontrol Keseimbangan Postur Pada Robot *Humanoid*”. Dalam penelitiannya membahas tentang perancangan dan implementasi pusat tekanan untuk mengontrol keseimbangan postur pada robot *humanoid*. Peneliti mencari postur berdiri dan keseimbangan yang benar dapat melakukannya dengan mengetahui nilai *Zero Moment Point* (ZMP) pada robot. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh pada awal diperoleh data

postur berdiri robot, posisi pusat tekanan berada pada koordinat (-56,24). Dengan penambahan pusat penyesuaian tekanan, postur baru dicapai dengan posisi pusat tekanan pada koordinat (-5.4) mendekati pusat robot yang seimbang. Selama uji kemiringan robot, robot dapat menahan sudut kemiringan 50°.

4. Studi Literatur 4

(Gomez, 2014), melakukan penelitian dengan judul “*SENSING WITH A 3-TOE FOOT FOR A MINI-BIPED ROBOT*” Dalam penelitiannya membahas tentang implementasi *3-toe foot* untuk robot *biped*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan solusi yang andal dan murah untuk masalah pengukuran pusat tekanan saat melintasi permukaan yang tidak beraturan. Sebuah metode pengukuran gaya baru berdasarkan tingkat defleksi kaki plastik fleksibel disajikan. Hasilnya menunjukkan bahwa model yang diimplementasikan memberikan lebih banyak informasi, sekaligus menunjukkan akurasi yang sama dengan model komersial.

5. Studi Literatur 5

(Mochamad Farid Mustofa, 2016), melakukan penelitian dengan judul “Sistem Pengaturan Keseimbangan Robot *Humanoid* Untuk Berdiri dan Berjalan Pada Bidang Miring”. Dalam penelitiannya membahas tentang mengatur keseimbangan pada robot. Tujuannya agar robot dapat berdiri dan berjalan dengan sempurna baik di permukaan datar maupun miring. Skema yang digunakan untuk mengatur keseimbangan robot *humanoid* adalah dengan *vertical pose controller* berbasis PID yang mengukur kemiringan tubuh robot terhadap tanah, kemudian bagian atas tubuh robot bergerak

menyesuaikan kemiringan sehingga keseimbangan tubuh robot dapat tercapai. Hasil penelitian dengan menggunakan penerapan *vertical pose controller* pada robot dalam posisi berdiri menghasilkan performansi *overshoot* awal sebesar 89% dan mencapai *steady state*. Setelah 5,45 detik dengan nilai *error* rata-rata *steady state* sebesar 0,950 kemiringan tanah dinaikkan dan 7,230 ketika kemiringan medan dikurangi menjadi kemiringan lereng dengan nilai parameter PID, $K_p = 0,5$; $K_i = 0,01$; $K_d = 0,01$. Pada gerakan gulung dengan nilai $K_p = 0,5$; $K_i = 0,05$; dan $K_d = 0,01$, menghasilkan performansi *overshoot* awal sebesar 98% dan mencapai *steady state* setelah 19,35 detik dengan nilai *error* *steady state* rata-rata sebesar 0,310 saat kemiringan tanah dinaikkan dan 0,520 saat kemiringan diperbesar dari tanah berkurang. Penerapan pengontrol berbaring vertikal dalam kondisi berjalan tidak sempurna.

6. Studi Literature 6

(Bukhori, 2018), melakukan penelitian dengan judul “Kendali Keseimbangan Robot *Humanoid Soccer* Menggunakan Sensor *Gyro*”. Dalam penelitiannya membahas tentang keseimbangan robot, tanpa adanya keseimbangan yang tepat robot akan mudah jatuh. Oleh karena itu, digunakan sensor keseimbangan yang diterapkan pada robot sepak bola *humanoid*. Metode yang digunakan pada robot ini menggunakan metode *inverted* pendulum yang diterapkan pada sensor *gyroscope*. *Gyroscope* yang digunakan adalah *gyro* GS-12. Dengan menggunakan parameter dengan panjang lengan (l), besar sudut simpang yang dibuat (θ) dan gravitasi bumi (g) yang ditimpa oleh robot maka penentuan *inverted* pendulum yang dapat diterapkan pada robot

humanoid soccer.

Hasil penelitian tersebut, robot dapat menyeimbangkan tubuh dengan parameter yang ditentukan oleh rumus *inverted pendulum*. $\theta = \frac{g}{ln} \sin\theta$, dengan keadaan ($0^0 > \theta > 0^0$) robot dalam keadaan diam dan sudut yang dibaca sama dengan 0^0 . Ketika robot mengalami dorongan maka $\theta \neq 0$ yaitu θ menyimpang sebesar 5^0 , maka mendapatkan θ sama dengan $-4,70$. Setelah mendapatkan sudut yang dibentuk oleh lengan robot akan diputar dengan menambahkan hasilnya θ yaitu $ID \text{ servo} = Goal \text{ Position servo} + \theta$. Sudut yang dibentuk oleh ID11 dan ID12 saat menyimpang nilai 5^0 yaitu 336,3 dan 677,3. Karena $ID11 + (-470)$ dan $ID12 - (-4,70)$. Perhitungan berlaku untuk ID servo yang lain. Memperbaiki sudut yang dibentuk oleh servo akan membuat sudut baru untuk mempertahankan posisi robot untuk dapat menyeimbangkan tubuh robot.

2.2 Robot Humanoid

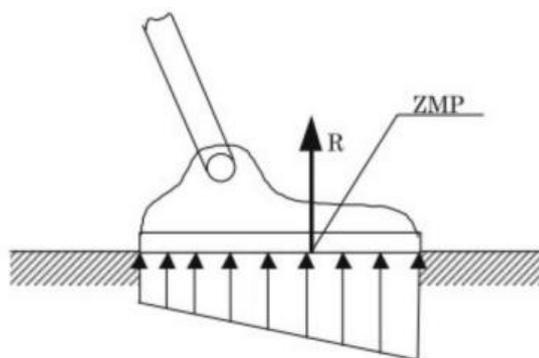
Robot *humanoid* adalah salah satu jenis robot yang penampilannya secara keseluruhan didasarkan pada bentuk manusia. Struktur robot ini secara keseluruhan memiliki dua kaki dengan tubuh utama bagian atas menghubungkan dua lengan, leher dan kepala atau sebagai kombinasi dari beberapa manipulator yang dengan sendirinya dihubungkan bersama melalui sendi pinggang dan leher untuk meniru fungsi gerak pada manusia.

Penelitian tentang robot *humanoid* sering kali berkaitan dengan pola gerakannya ketika berjalan, pengaturan keseimbangan, serta interaksi dengan lingkungan sekitar. Khusus untuk masalah pada pengaturan keseimbangan robot

pada saat bergerak. Pengaturan keseimbangan ini didasarkan pada inverted pendahulum. Inverted pendahulum adalah sistem yang sangat tidak stabil yang sangat sulit dikendalikan. Konsep sederhana dari inverted pendahulum adalah sebuah gerobak di mana tiang dipasang yang bergerak secara horizontal. Ini memiliki keadaan keseimbangan yang stabil dan tidak stabil. Keadaan yang tidak stabil kesimbangan dapat disederhanakan menggunakan metode *Zero Moment Point* (ZMP).

2.3 Zero Moment Point

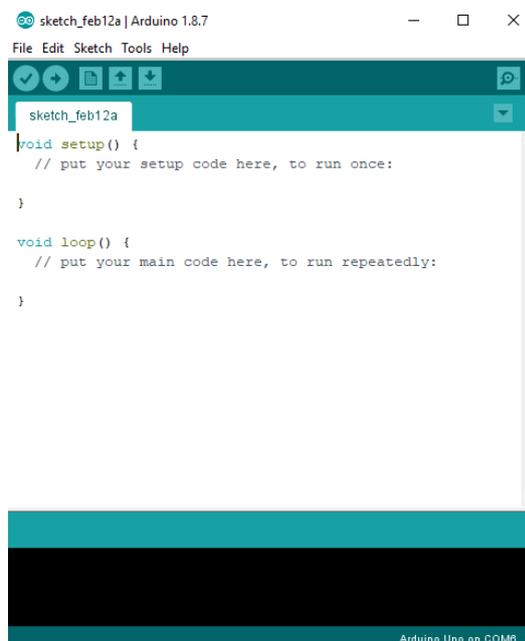
ZMP adalah titik di tanah di mana momen tip yang bekerja pada biped, karena gaya gravitasi dan inersia, sama dengan nol, *momen tipping* didefinisikan sebagai komponen momen yang bersinggungan dengan permukaan pendukung. Penggerak *biped* yang kompleks yaitu orbit periodik dari fase stabil yang bergantian dengan fase tidak stabil. Fase tidak stabil karena gravitasi, memastikan gerakan maju. Karena kerumitannya, analisis stabilitas jalan manusia dapat disederhanakan menggunakan kriteria *Zero Moment Point* (ZMP), (Dekker, 2009).



Gambar 2.1 *Zero Moment Point* (ZMP)

2.4 Arduino IDE

Arduino IDE adalah lingkungan pemrograman yang digunakan untuk memprogram modul Arduino. Lingkungan pemrograman diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman yang disebut *Processing/Wiring*. Bahasa ini memiliki berbagi banyak fitur bahasa C. Namun, Arduino menyediakan perpustakaan khusus, yang hanya digunakan di lingkungan ini. Keuntungan menjadi platform terbuka adalah tidak perlu membeli lisensi, sehingga menghemat biaya yang cukup besar. Platform Arduino menawarkan kemungkinan untuk merancang proyek apa pun, yang melibatkan input yang berbeda, dan berkat aplikasi yang dikembangkan di Arduino, itu dapat menghasilkan *output* tertentu (Al-Faisali, 2014). Pada penelitian ini, penulis menggunakan *tools* Arduino IDE sebagai *compiler* bahasa C karena Arduino IDE merupakan *compiler multi-platform* dan bersifat gratis.



Gambar 2.2 Tampilan Awal dari Perangkat Lunak Arduino IDE

2.5 Seeeduino XIAO

Seeeduino XIAO merupakan mini mikrokontroler kompatibel Arduino yang hadir dengan *chip MCU powerful* dengan konsumsi daya rendah, yaitu SAMD21G18 ARM® Cortex®-M0+. Di sisi lain, board *mikrokontroler* kecil ini memiliki performa yang baik dalam pemrosesan data dan instruksi.



Gambar 2.3 Seeeduino XIAO

Sumber: <https://wiki.seeedstudio.com/Seeeduino-XIAO/>
Tabel Pin Seeeduino Xiao

Tabel 2.2 Speksifikasi Seeeduino Xiao

Item	Value
CPU	ARM Cortex-M0+ CPU(SAMD21G18) running at up to 48MHz
Flash Memory	256KB
SPRAM	32KB
Digital I/O Pins	11
Analog I/O Pins	11

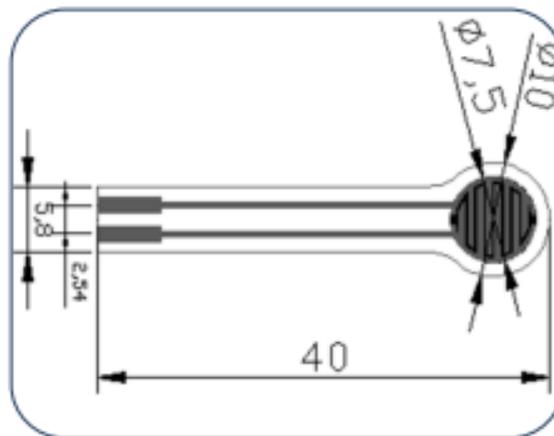
Item	Value
I2c interface	1
SPI Interface	1
QTouch	7 (A0, A1, A6, A7, A8, A9, A10)
UART interface	1
Power supply and downloading interface	Type-C
Power	3.3V/5V DC
Dimensions	20x17.5x3.5mm

Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk melakukan pemrograman pada Seeeduino XIAO dengan menggunakan Arduino IDE. Untuk melakukan uploading sketch bisa dilakukan dengan perantara USB *port* yang ada pada *board* mikrokontroler.

2.6 Force Sensing Resistor (FSR)

Force Sensing Resistors (FSR) terbuat dari film atau tinta tebal polimer. FSR yang digunakan khususnya model *Film Pressure Sensor DF9-40@20kg* dengan ukuran panjang 40 mm, Diameter luar area penginderaan 10 mm, dan diameter dalam area penginderaan 7,5 mm. *Film Pressure Sensor DF9-40@20kg* didasarkan pada bahan sensitif tekanan nanometer tipe baru, yang dilengkapi

dengan substrat film ultrathin dari modulus Young dan pater sekali pakai. Ini memiliki fungsi tahan air dan peka tekanan. *Film pressure* sensor pada dasarnya adalah sebuah resistor yang mengubah nilai resistansi sensor merasakan tekanan dari luar. Sinyal tekanan dapat diubah menjadi sinyal listrik yang sesuai dengan rangkaian sederhana (S-http, 1999). Adapun gambar sensor FSR DF9-40@20kg dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 *Film Pressure Sensor DF9-40@20kg*

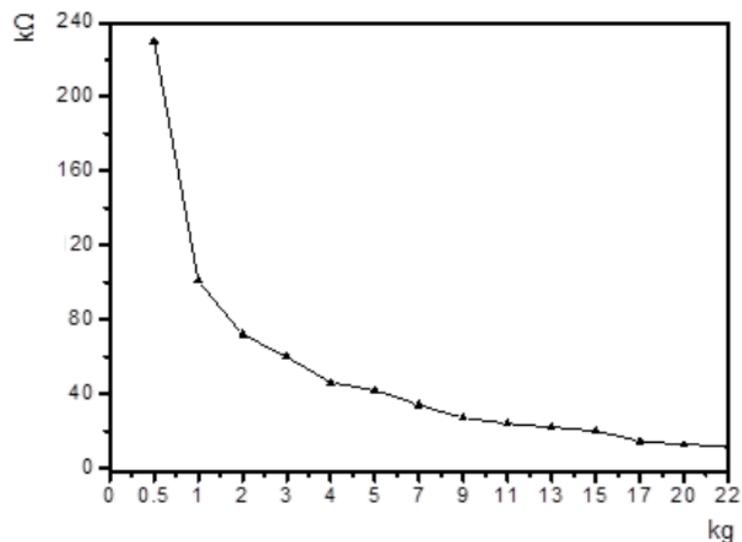
Karakteristik Perangkat:

Tabel 2.3 Karakteristik *Film Pressure Sensor DG9-40@20kg*

Performance	Parameter
Force Range	0-20kg
Thickness	< 0.3mm
Sensitive Point	<70g
Repeatability	<±6.6%(50% of the load)
Precision	±5%
Durability	>1 Million times
Initial Resistance	>10MΩ(Unloaded)
Response Time	<1ms

Performance	Parameter
Recovery Time	<15ms
Testing Voltage	DC 3.3V
Working Temp	-20°C – 60°C
EMI	N/A
ESD	N/A

Pressure-sensitive Characteristic



Gambar 2.5 Grafik *Pressure-sensitive*

2.7 Protokol Dynamixel

Protokol *Dynamixel* adalah protokol komunikasi *full-duplex* UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) yang mendukung untuk pertukaran data diantara *main-controller* dengan perangkat lainnya. *Main-controller* dengan *dynamixel* saling berkomunikasi dengan mengirim dan menerima data yang disebut Paket. Paket yang dikirim oleh *main-controller* untuk mengontrol *dynamixel* disebut instruksi paket sedangkan paket yang dikirim

dynamixel untuk *main-controller* sebuah informasi status pekerjaan yang telah dilakukan disebut paket status, (emanual.robotis.com).

Pada penelitian ini menggunakan protokol *dynamixel* versi 1.0. Struktur paket instruksi protokol dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Struktur Paket Instruksi

H1	H2	Paket ID	Len	inst	Param 1	Param	Param N	Cheksum
0xFF	0xFF	ID	Len	Inst	Param	...	Param N	Cheksum

Paket data ini menggunakan bilangan heksadesimal untuk setiap *byte*. Berikut ini penjelasan mengenai setiap bagiannya dijelaskan pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Informasi dalam setiap *Byte* pada Instruksi Paket

Byte Paket	Definisi
0xFF	Merupakan dua bilangan heksadesimal yang diawali sebuah <i>header</i>
ID	Merupakan nomor unik sebagai identitas setiap <i>Dynamixel</i> . Nomor Id yang dapat digunakan pada <i>Dynamixel</i> kisaran 0xFE-0xFE. ID 254 sebagai <i>broadcast</i> .
LENGTH	Merupakan nilai panjang paket yang nilainya berdasarkan jumlah parameter yang ada (N) + 2
INSTUCTION	Merupakan instruksi yang diperintahkan kepada akuator <i>dynamixel</i>
PARAMETER1..N	Merupakan informasi tambahan untuk melengkapi instruksi.
CHECK SUM	Merupakan <i>field</i> data tambahan instruksi.

Struktur paket instruksi protokol dapat dilihat pada table 2.6.

Tabel 2 6 Struktur Paket Instruksi

H1	H2	Paket ID	Len	inst	ERR	Param 1	Param	Param N	Checksum
0xFF	0xFF	ID	Len	Inst	ERR	Param	...	Param N	Cheksum

Struktur paket status dan paket instruksi hampir sama. Perbedaan dapat dilihat terdapat pada *byte error* paket. *Byte error* memberi informasi apabila terjadi *error* dari *dynamixel*. *Byte error* dapat dilihat pada tabel 2.7.

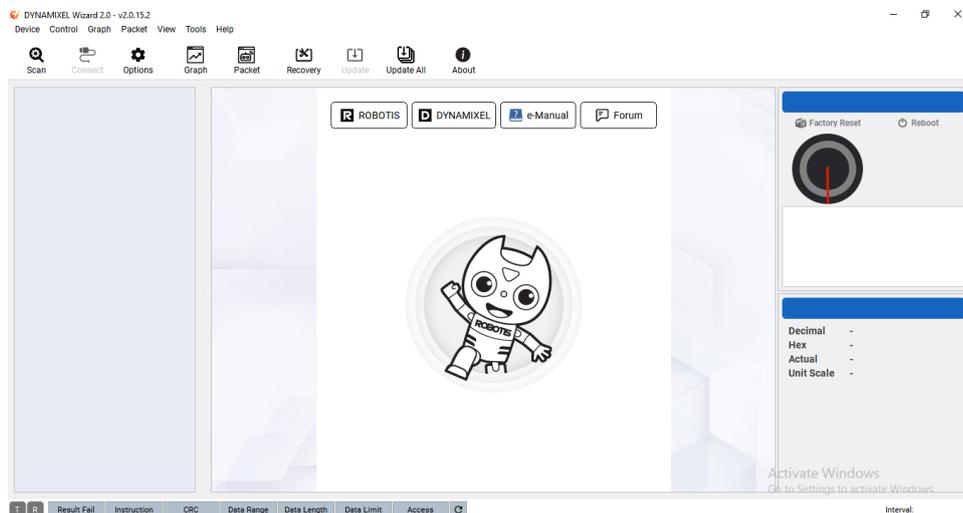
Tabel 2.7 Tabel *Byte Error* pada Paket Status

Byte	Nilai	Keterangan
Byte 7	0	-
Byte 6	<i>Instruction Error</i>	Bernilai 1 jika mengirim instruksi yang tidak dikenal
Byte 5	<i>Overload Error</i>	Bernilai 1 jika beban melebihi torsi maksimal
Byte 4	<i>Checksum Error</i>	Bernilai 1 jika nilai <i>checksum</i> dari sebuah paket instruksi tidak terdefinisi
Byte 3	<i>Range Error</i>	Bernilai 1 jika perintah yang dikirim melebihi nilai range
Byte 2	<i>Overheating Error</i>	Bernilai 1 jika nilai suhu internal <i>Dynamixel</i> melebihi nilai suhu operasi yang ditentukan
Byte 1	<i>Angle Limit Error</i>	Bernilai 1 jika posisi tujuan yang diberikan melebihi batas jangkauan baik ke arah CW maupun CCW
Byte 0	<i>Input Voltage</i>	Bernilai 1 jika tegangan melebihi tegangan

Byte	Nilai	Keterangan
	<i>Error</i>	operasional yang ditentukan

2.8 Dynamixel Wizard

Dynamixel Wizard yaitu perangkat lunak pengembangan robot untuk mengatasi masalah dan memperbarui servo Dynamixel. *Dynamixel Wizard* sendiri dapat digunakan di berbagai sistem operasi seperti Windows, Mac, dan Linux. Peneliti melakukan pengiriman paket data berupa heksadesimal yang selanjutnya dapat dilihat dalam bentuk tabel sehingga mudah untuk dipahami. Penulis melakukan pengiriman paket data berupa heksadesimal yang selanjutnya dapat dilihat dalam bentuk tabel sehingga mudah untuk dipahami. Berikut tampilan perangkat lunak *dynamixel wizard 2.0* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Tampilan *Tools Dynamixel Wizard 2.0*

Sumber: <https://emanual.robotis.com/>