

**KENDALI ROBOT HUMANOID DENGAN GELOMBANG OTAK
MANUSIA**

Disusun dan diajukan oleh
MUH ABRI YANSYAH
D411 16 022



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pesat teknologi merupakan motor penggerak majunya industri teknologi robotika. Perubahan ini berimbas pada mekanisme kendali yang digunakan pada Robot. Mekanisme kendali gerak pada robot sebagian besar merupakan proses meniru atau imitasi dari pergerakan makhluk hidup terutama pergerakan manusia. Proses meniru dapat dilakukan dengan kendali internal dan kendali eksternal. Proses meniru secara internal sering disebut juga sebagai imitasi diri yang dimana dilakukan untuk diri sendiri atau dilakukan oleh orang lain untuk seseorang [1]. Pada proses meniru terhadap diri sendiri, seperti hewan atau robot yang dimana motoric penggerak searah memiliki sensor yang memungkinkan untuk mendapatkan kondisi setimbang saat bergerak [2]. Proses imitasi kendali secara eksternal merupakan proses meniru gerakan yang mana dipengaruhi dari kondisi sekitarnya. Pada kendali ini dipengaruhi berupa memberikan sentuhan, bersuara, dan gerak. Salah satu imitasi kendali secara eksternal adalah melihat dan mengikuti pergerakan objek yang ada di depannya dengan bantuan kamera yang dimana mampu meningkatkan interaksi robot dan manusia menjadi lebih mudah digunakan dari pengendalian lainnya [3]. Karena metode meniru ini berdasarkan lingkungan sekitarnya, salah satu faktor yang membuat kinerja menurun saat bekerja yaitu tingkat pencahayaan ruangan. Karena hal tersebut menjadikan interaksi robot dan manusia menjadi tidak terkordinasi [4]. Hal tersebut dapat mengurangi pengalaman

dalam berinteraksi dengan robot. Saat ini manusia dapat berinteraksi dengan robot tanpa melakukan gerakan tapi dengan media berpikir. Dengan media berpikir, mampu meningkatkan pengalaman interaksi manusia dan robot menjadi lebih bersahabat.

Otak adalah organ yang sangat rumit. Itu karena dapat mengendalikan kecerdasan, indera tubuh, gerakan tubuh, dan perilaku. Otak merupakan sebuah kumpulan dari beberapa bagian yang bekerja saling berkordinasi yang berfungsi secara khusus dan tertentu. Semua aktivitas di otak menimbulkan kejutan listrik yang sangat kecil. Kejutan listrik yang kecil disebut sebagai gelombang otak. Gelombang otak adalah tegangan listrik yang beresilasi di otak yang hanya berukuran seperjuta volt [5]. Gelombang otak manusia terdiri dari berbagai macam gelombang yang terdiri dari gelombang Alpha, Beta, Gamma, Delta, dan Theta. Gelombang tersebut dapat diketahui dengan perangkat *Electroencephalograph* (EEG) [6]. Perangkat EEG diletakkan di kepala manusia untuk menangkap aktivitas otak, dengan antar muka menggunakan sistem *Brain Computer Interface* (BCI) [7].

Teknologi BCI dengan EEG mampu menjadi mekanisme pengendali pada gerak robot. Penelitian ini akan mengimplementasikan teknologi BCI dan EEG dalam teknologi NeuroSky MindWave untuk mengendalikan gerak robot, dalam hal ini robot humanoid.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana menangkap gelombang otak manusia sebagai medium untuk robot belajar?

2. Bagaimana mendeskripsikan gelombang otak manusia sebagai sinyal gerak dari robot?
3. Bagaimana performa robot belajar dalam mempresentasikan kendali gerak yang ditangkap melalui gelombang otak manusia?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Membuat sistem yang mampu menangkap gelombang otak manusia.
2. Mendeskripsikan gelombang otak manusia yang ditangkap kemudian mentransformasikan menjadi sinyal gerak pada robot.
3. Menganalisa performa robot belajar dalam mempresentasikan kendali gerak yang ditangkap melalui gelombang otak manusia.

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan dalam penelitian ini lebih terarah, maka penulis memberikan batasan sebagai berikut:

1. Gelombang otak yang meliputi Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma menjadi komponen yang ditransformasi menjadi sinyal kendali gerak penelitian ini.
2. Robot Humanoid yang menggunakan motor servo dynamixel menjadi objek kendalian.
3. Teknologi Mikrokontroller untuk pemrosesan data.
4. Jenis gerakan sederhana mempresentase kendali gerak sederhana pada robot meliputi gerakan sederhana mempresentasik

1.5 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan pada penelitian ini yaitu:

Identifikasi Masalah

Tahap mengidentifikasi terkait permasalahan yang diangkat dengan menentukan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, serta batasan masalah.

Studi Literatur

Studi Literatur yaitu mengumpulkan kajian – kajian baik dari buku, internet, artikel, dan sumber bahan pustaka lainnya mengenai pengendalian gelombang otak terhadap robot humanoid.

Perancangan Sistem

Pada tahap ini merancang robot dilakukan secara menyeluruh baik pada perancangan pada perangkat keras (*hardware*), maupun perancangan pada perangkat lunak (*software*).

Pengujian dan Analisa Perancangan Sistem

Pada tahap ini pengujian gerakan robot berdasarkan gelombang otak manusia yang diterima oleh sensor. Dari pengujian tersebut dihasilkan data sebagai bahan analisa terhadap hasil rancangan sistem tersebut.

Kesimpulan

Pada tahap ini kesimpulan yang diperoleh berdasarkan pengujian dan analisis dari kinerja sistem robot yang telah dirancang.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan pada penelitian ini dibagi menjadi 5 bab utama yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori penunjang dan penelitian terkait pada penelitian yang dilakukan. Adapun juga artikel terkait pengantar robotika, gelombang otak manusia, dan komponen – komponen yang mendukung sistem robot bergerak.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Dimana terdapat perancangan sistem pengambilan data dari sensor, perancangan sistem kendali pada robot humanoid dari segi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), dan rancangan pengujian yang akan dilakukan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai analisis data hasil penelitian dari pengujian sistem yang telah dirancang.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan dari hasil pembahasan permasalahan dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut diwaktu yang akan datang.

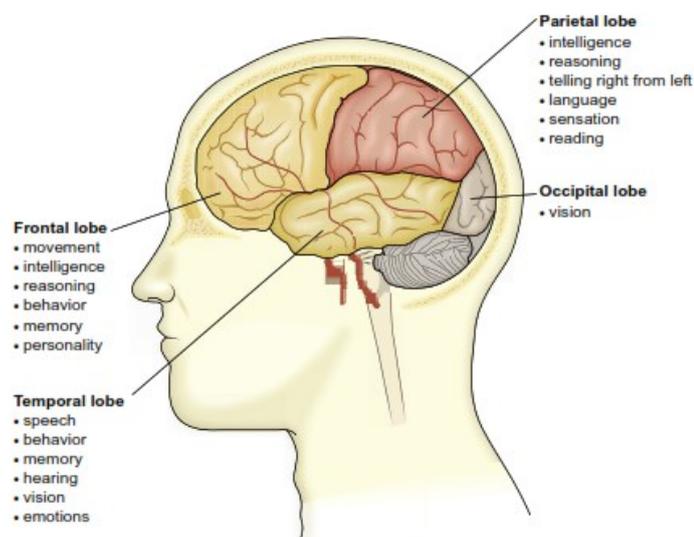
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Otak Manusia

Otak manusia adalah pusat organ pengendalian dari manusia. Berbagai macam penelitian ilmiah telah membuktikan terdapat bagian – bagian otak yang mampu mengolah emosi, kecerdasan, indera, kebiasaan, dan respon mengenai lingkungan sekitar. Otak juga mampu menerima dan menafsirkan banyak sinyal yang terkirim dari beberapa bagian tubuh dan lingkungan sekitarnya [5].

Otak adalah organ yang sangat rumit pada tubuh manusia. Itu terdiri dari *frontal lobe*, *occipital lobe*, *temporal lobe*, dan *parietal lobe*. Empat bagian tersebut memiliki lokasi dan fungsi yang berbeda yang membantu penerimaan – penerimaan dan gerakan – gerakan pada tubuh manusia. Gambar 2.1 menunjukkan perbedaan bagian otak dengan karakteristiknya [5].



Gambar 2.1 Perbedaan Bagian Otak dengan Karakteristiknya

2.1.1 Frontal Lobe

Frontal Lobe adalah pusat kendali emosi pada otak, bertanggung jawab atas pembentukan kepribadian seseorang dan mempengaruhi dalam mengambil keputusan. Bagian ini terletak pada sulkus tengah, yang dimana menerima sinyal informasi dari bagian lainnya. Frontal lobe bertanggung jawab untuk pemecahan masalah, pertimbangan, dan fungsi motor. Bagian ini juga mengendalikan tentang pemikiran, perencanaan, pengorganisasian, ingatan jangka pendek, dan pergerakan. Sebagian besar dari fungsinya berpusat pada pengaturan perilaku sosial [5]. Adapun beberapa fungsi yang tidak kalah pentingnya dari frontal lobe yaitu:

- Kognisi, pemecahan masalah, dan pertimbangan
- Keterampilan motorik
- Kemampuan berbahasa
- Mengendalikan hasrat
- Spontanitas
- Mengatur emosi
- Mengatur dorongan seksual
- Perencanaan

2.1.2 Parietal Lobe

Parietal Lobe memproses informasi sensorik untuk tujuan kognitif dan membantu mengkordinasikan hubungan spasial. Itu berada di area tengah otak, diatas occipital lobe. Parietal Lobe bertanggung jawab untuk mengolah sensasi, tulisan tangan, dan posisi tubuh. Bagian tersebut menafsirkan informasi sensorik, seperti suhu dan

sentuhan, dan bertanggung jawab untuk memproses informasi sensorik dari beberapa bagian tubuh [5]. Adapun beberapa fungsi yang tidak kalah pentingnya dari Parietal lobe yaitu:

- Merasakan sakit, tekanan, dan sentuhan
- Mengatur dan memproses panca indera tubuh
- Pergerakan dan orientasi visual
- Cara bicara
- Persepsi visual dan pengenalan
- Kognisi dan pemrosesan informasi

2.1.3 Temporal Lobe

Temporal lobe berlokasi di bawah otak di bawah lateral fissure; setiap temporal lobe berada satu di sisi otak berdekatan dengan telinga. Bagian ini merupakan lokasi korteks pendengaran utama, yang paling penting menafsirkan suara dan Bahasa apa yang kita dengar. Temporal Lobe berkaitan dengan ingatan dan pendengaran, dan pemrosesan informasi dari indera penciuman, rasa, dan suara. Bagian ini juga bertugas sebagai media penyimpanan. Fungsi utama dari temporal lobe adalah memproses suara pendengaran [5]. Adapun beberapa fungsi yang tidak kalah pentingnya dari Temporal lobe yaitu:

- Membantu dalam menginformasikan ingatan jangka panjang dan memproses informasi baru
- Formasi ingatan visual dan verbal
- Menafsirkan bauran suara

2.1.4 Occipital Lobe

Occipital lobe berlokasi di bagian belakang Parietal Lobe dan Temporal Lobe, dan bertanggung jawab untuk memproses informasi visual. Occipital Lobe memuat sistem pemrosesan visual otak: ini memproses gambar dari mata kita dan menghubungkan informasi dengan mengumpulkan gambar di penyimpanan. Occipital Lobe merupakan bagian paling kecil diantara empat bagiannya, berlokasi dekat daerah belakang dari korteks cerebral, dekat belakang dari tempurung kepala [5]. Adapun beberapa fungsi yang tidak kalah pentingnya dari Occipital lobe yaitu:

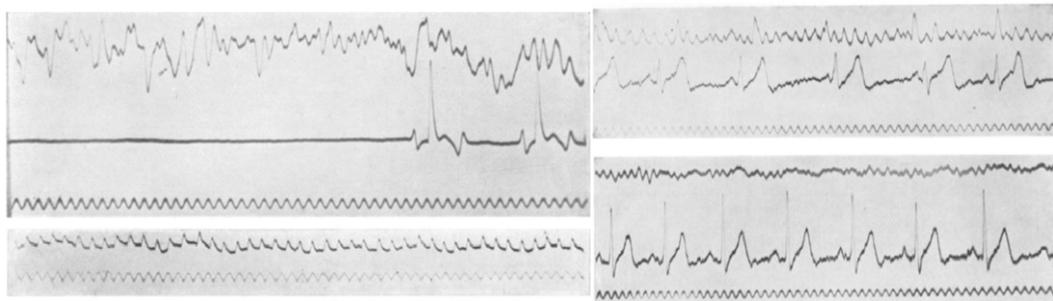
- Memproses visual spasial
- Pergerakan dan pencocokan warna

2.2 Electroencephalograph (EEG)

Otak manusia memiliki fungsi yang sangat besar terhadap kegiatan manusia itu sendiri. Pada otak manusia terjadi perubahan kimiawi yang sangat cepat melalui rangsangan terjadi pada panca inderanya. Perubahan kimiawi tersebut memicu efek listrik pada tubuh manusia. Untuk mengukur segala aktivitas dari otak manusia yang dimana adanya pengaruh kimiawi di kepala manusia yang sangat cepat diperlukan perekam yang disebut *Electroencephalograph* (EEG) [8].

EEG diperkenalkan pertama kali oleh Hans Berger. Dia melakukan EEG pertamanya pada operasi saraf di otak dengan memasukkan kulit kepala pasien pada

tahun 1924. Beberapa tahun setelahnya, dia menemukan cara untuk merekam secara non – invasif. Pada tahun 1929, dia menerbitkan lembaran pertama mengenai EEG yang berjudul “*Über das Elektrenkephalogramm des Menschen,*” yang dimana menggunakan gelombang alpha dan beta [9]. Pada tahun 1957 Gray Walters menjadi orang pertama yang merekam otak dengan elektroda, dan menunjukkan ritme otak berubah mengikuti kegiatan yang berbeda juga [5].



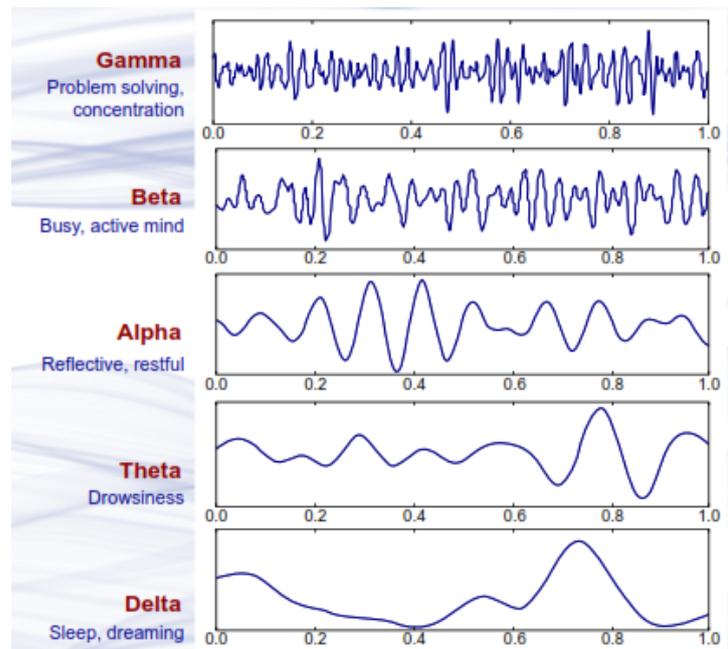
Gambar 2.2 Contoh EEG pertama kali yang terekam [9]

Pembacaan EEG merupakan prosedur aman yang bisa dipasangkan berulang kali pada pasien, orang dewasa normal, dan anak – anak tanpa kerusakan atau batasan. Area sekitar menimbulkan arus yang disebabkan oleh aktifitas neuron yang terdiri dari ion Na^+ , K^+ , Ca^{++} , dan Cl^- yang dikeluarkan melalui saluran di membran neuron ke dalam saluran yang diatur oleh membrane potensial. Aktifitas litrik yang terekam terekam di permukaan kepala. Diantara elektroda dan lapisan saraf yang tembus arus melalui kulit, tengkorak, dan beberapa lapisan lainnya. Sinyal yang terdeteksi melalui lapisan cukup lemah, jadi sinyal tersebut diperkuat, didigitalkan, dan disimpan ke penyimpanan komputer. EEG berguna dalam peralatann medis untuk merekam baik normal dan tidak normalnya aktifitas elektrik pada otak [5].

EEG mengalami perkembangan yang sangat pesat dimana hasil dari perekaman dapat dilihat langsung dengan sistem antar muka menggunakan komputer untuk melihat secara langsung gelombang otak atau sering disebut dengan *Brain-Computer Interface* (BCI) [8].

2.3 Gelombang Otak

Gelombang otak adalah tegangan elektrik yang beresialasi di otak yang hanya berukuran per jutaan volt. Berbagai area pada otak tidak memancarkan frekuensi gelombang otak yang sama secara bersamaan. Sebuah sinyal EEG antara elektroda diletakkan pada kulit kepala memiliki banyak gelombang dengan karakteristik berbeda. Jumlah data yang besar diterima pada satu rekaman EEG membuat penafsiran yang sulit. Pola gelombang otak begitu unik untuk setiap individu [5]. Pada Gambar menunjukkan gelombang otak yang aktif pada manusia



Gambar 2.3 Gelombang Otak yang Aktif pada Manusia

Manusia memiliki frekuensi otak yang berbeda pada kondisi santai, sadar, tidur, panik, dan sebagainya. Melalui riset yang panjang dari EEG, maka gelombang otak dibagi menjadi:

1. Delta

Gelombang Delta mencerminkan aktivitas frekuensi rendah (0.5 – 4 Hz) [10]. Gelombang ini sangat sering ditemukan pada bayi baru lahir, anak – anak, dan berhubungan dengan tingkat relaksasi dan restorative, tidur nyenyak. Delta sering dijumpai pada cedera otak, masalah belajar, ketidak mampuan berpikir, dan mengidap ADHD. Jika gelombang ini tertekan, dapat mengakibatkan ketidakmampuan memulihkan diri dan revitalisasi otak, serta kurang tidur. Gelombang delta yang memadai membantu kita merasakan pemulihan dan meningkatkan sistem imun, pemulihan natural, dan tidur nyenyak [5].

2. Theta

Gelombang Theta berkisar pada frekuensi 4 – 7 Hz [10]. Pada rentang tertentu frekuensi ini terlibat bila melamun dan tidur. ADHD, depresi, aktifitas berlebih, berhasrat, dan kurang perhatian dilihat ketika gelombang theta memuncak. Bila tertekan, kecemasan, emosional tak terkendali, dan stress dapat dilihat. Pada kondisi optimal, theta membantu dalam kreatifitas, koneksi emosional, intuisi, dan relaksasi. Gelombang Theta memiliki keuntungan untuk meningkatkan intuisi dan kreaktifitas kita, serta membuat kita lebih natural. Theta juga terlibat dalam tidur yang restoratif [5].

3. Alpha

Gelombang Alpha pada perekaman EEG terekam pada rentang 7 – 13 Hz and mudah direkam selama kondisi relaks [10]. Gelombang ini berada di rentang beta dan theta. Gelombang ini mudah ditemukan bila melamun, tidak mampu fokus, dan sedang rileks. Bila tertekan dapat menyebabkan kecemasan, stress tinggi, dan insomnia. Ketika gelombang ini optimal maka akan menyebabkan kondisi rileks [5].

4. Beta

Pada umumnya, gelombang osilasi pada tegangan rendah pada rentang 13 – 30 Hz frekuensi disebut sebagai gelombang beta. Pada orang dewasa, aktifitas gelombang Beta memiliki amplitude antara 10 dan 20 μV (*micro volts*) [10]. Jika memiliki gelombang beta yang cukup, itu membiarkan kita untuk fokus. Bila gelombang ini terlalu menonjol dapat menyebabkan kecemasan, gairah yang tinggi, ketidak mampuan untuk rileks, dan stress, sedangkan bila terjadi penekanan dapat menyebabkan ADHD, melamun, depress, dan kognisi yang buruk. Pada gelombang beta kondisi optimal membantu lebih focus, mengingat, dan memecahkan masalah [5].

5. Gamma

Gelombang Gamma adalah gelombang dengan osilasi yang cepat dan biasa ditemukan pada kondisi sadar pada rentang 25 Hz ke atas [10]. Gelombang ini berhubungan mengenai fungsi kognitif, belajar, ingatan, dan pemrosesan informasi. Hal yang menonjol dari gelombang ini

mengenai kecemasan, gairah tinggi, dan stress. Ketika menjadi berlebih bisa menyebabkan Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), depresi, dan ketidak mampuan belajar. Pada kondisi optimal gelombang gamma membantu dalam perhatian, focus, memperkuat indera (penciuman, penglihatan, dan pendengaran), kesadaran, pemrosesan mental, dan persepsi [5].

2.4 Robot

Robot merupakan mesin yang diprogram untuk menangani serangkaian tugas kompleks. Istilah robot pertama kali berasal dari bahasa Ceko yaitu “robota” yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. Istilah ini muncul pada tahun 1920 oleh seorang pengarang sandiwara bernama Karel Capek melalui karyanya yang berjudul “Rossum’s Universal Robot” dimana berarti Robot Dunia milik Rossum [11].

Robot juga harus memiliki kemampuan, yaitu: (1) Bisa mendapatkan informasi dari sekelilingnya; dan (2) Bisa melakukan sesuatu secara fisik, seperti bergerak atau memanipulasi objek. Untuk dikatakan sebagai robot sebuah sistem tidak perlu meniru semua perilaku manusia, namun cukup mengadopsi satu atau dua sistem saja yang telah ada pada diri manusia yang dapat dikatakan sebagai robot. Sistem ini berupa sistem penglihatan (mata), sistem pendengaran (telinga), ataupun sistem gerak [12].

2.2.1 Komponen Dasar Robot

Robot mampu mengumpulkan informasi lalu melakukan sesuatu secara fisik sebab robot memiliki komponene sebagai berikut:

1. Kontroler

Kontroler merupakan bagian utama dari sistem robot sehingga keberadaanya sangat penting. Sensor atau perintah dari seorang memberikan masukan pada robot sebagai informasi masukan. Kontroler mengolah tersebut menjadi data pada robot. Kontroler mengarahkan penggerak yang ada pada robot secara elektrik berdasar perintah yang telah disematkan. Perangkat lunak dan perangkat keras yang baik diperlukan pada robot guna membuat kinerja kontroler lebih efektif [13].

2. Sensor

Sensor merupakan jenis transduser yang mengubah besaran energi seperti mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia ke besaran energi listrik. Keluaran sensor terhadap umpan balik lingkungan sekitar menjadikan robot dapat memperbaiki dirinya sendiri [13]. Sensor robot dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

- a. Sensor Internal

Sensor internal merupakan sensor yang digunakan untuk memperoleh informasi tentang robot itu sendiri. Contoh sensor internal diantaranya sensor posisi, sensor kecepatan, sensor akselerasi, sensor torsi, dan sebagainya.

b. Sensor Eksternal

Sensor eksternal merupakan sensor yang digunakan untuk memperoleh informasi berdasarkan lingkungan sekitar robot. Ada begitu banyak sensor eksternal yang dapat digunakan pada robot, diantaranya kamera untuk melihat lingkungan sekitar, sensor jarak berupa sensor inframerah dan sensor ultrasonik untuk mengukur benda yang ada disekitarnya, sensor sentuhan guna mengetahui terdapat objek disekitarnya pada jarak tertentu seperti *photodiode* dan *Radio Frequency Identification* (RFID), dan sebagainya [14].

3. Aktuator

Aktuator merupakan peralatan mekanis untuk menggerakkan robot. Aktuator menerima masukan sinyal perintah dari kontroler guna menghasilkan berupa gerakan fisik. Untuk mengatur arah dan kecepatan dari aktuator diperlukannya modul *drive* [13]. Terdapat berbagai jenis aktuator yang digunakan, untuk menghasilkan gerakan fisik dari sinyal robot yaitu:

1. Penggerak Hidrolik

Penggerak hidrolik merupakan penggerak yang menggunakan tekanan cairan. Penggerak ini menggunakan tekanan berupa cairan untuk mengendalikan silinder dan tabung guna mengendalikan arus dari cairan. Hidrolik memiliki kelebihan yang dimana keluaran dayanya cukup besar dan akurasi yang tinggi, namun memiliki kekurangan seperti respon lambat dan ukurannya sangat besar.

2. Penggerak Pneumatik

Penggerak pneumatik merupakan penggerak yang menggunakan tekanan udara. Penggerak ini menggunakan tekanan berupa udara untuk mengendalikan silinder dan tabung guna mengendalikan arus dari udara. Pneumatik memiliki kelebihan yang dimana ukuran kecil dan respon yang begitu cepat, namun memiliki kekurangan seperti daya tekan silinder yang kurang dan akurasi terhadap posisi yang diinginkan sangat sulit.

3. Penggerak Elektrik

Penggerak elektrik adalah motor listrik yang menggunakan daya listrik untuk bergerak. Motor listrik terdiri dari motor stepper, motor *Direct Current* (DC), motor *Alternating Current* (AC), dan motor servo. Motor memiliki kelebihan yang dimana ukurannya kecil, mudah digunakan dengan akurasi yang tinggi, respon yang cepat. Namun, motor listrik juga memiliki kekurangan yaitu daya tekan yang dihasilkan lebih rendah dari hidrolis [14].

2.5 Robot Belajar

Robot belajar merupakan salah satu bidang penelitian yang menggabungkan mesin belajar dan robotik. Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), belajar dapat diartikan sebagai perubahan tingkah laku atau tanggapan yang disebabkan oleh pengalaman. Menurut Mitchell, belajar merupakan proses untuk meningkatkan kinerja berdasarkan pengalaman. Dalam mendesain sistem belajar ada beberapa

tahapan yaitu: (1) Memilih jenis pengalaman yang akan dilatih; (2) Memilih tipe pengetahuan yang akan diterapkan dan penerapan kinerja; (3) Memilih variable yang merepresentasikan pada sebuah pembelajaran yang akan diterapkan; (4) Memilih pendekatan fungsi yang akan diterapkan; dan (5) Menguji sistem belajar [15].

Bekey menyebutkan ada 3 alasan mengapa belajar merupakan hal yang penting untuk diterapkan pada robot. Yang pertama yaitu robot harus mempunyai kemampuan untuk belajar melakukan tugas tidak mudah untuk diprogram sebelumnya. Yang kedua yaitu informasi tidak selalu lengkap. Yang ketiga yaitu robot harus memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungannya [16].

Aspek penting yang diimplementasikan dari belajar yaitu dimana robot memungkinkan untuk meningkatkan kinerjanya melalui pengalaman yang telah diperoleh baik dari mekanismenya atau dari lingkungan sekitar [17].

2.6 Penelitian Terkait

“Smart Depth of Anesthesia Monitoring with EEG Sensors and Agent-based Technology”, Chrystinne O. Fernandes, Carlos J. P. de Lucena, Daniel de S. e Silva (2017)

Penelitian ini membahas tentang penggunaan perangkat EEG dalam memantau pasien secara *online*. Tujuan dari penelitian ini yaitu menciptakan sistem *Smart Depth of Anesthesia Monitoring* yang dimana mampu meningkatkan pemantauan secara masif dengan konsep *Internet of Thing* (IoT). Selain itu mampu mengukur tingkat aktifitas pasien secara

personal. EEG dari per individu pasien akan dikirim ke *database* untuk ditampilkan ke aplikasi guna memantau pasien secara *real time*. Adapun 10 parameter yang digunakan yaitu *Attention, Meditation, Delta, Theta, Low Alpha, High Alpha, Low Beta, High Beta, Low Gamma, dan Mid Gamma* [18].

Perbedaan dari artikel ini dengan penelitian yang akan saya lakukan adalah pada artikel ini membangun sebuah sistem pemantauan pengguna perangkat EEG berbasis Iot. Sedangkan pada penelitian yang saya lakukan adalah pengendalian dengan menggunakan perangkat EEG yang dimana robot akan bergerak berdasarkan parameter dari perangkat EEG.

“Controlled wheelchair based on brain computer interface using Neurosky Mindwave Mobile 2”, K. Permana, S. K. Wijaya, P. Prajitno (2019)

Penelitian ini membahas penggunaan EEG dengan antarmuka berbasis BCI untuk mengendalikan kursi roda. Tujuan dari penelitian ini yaitu pengguna dapat mengendalikan kursi roda secara otomatis dengan menggunakan otak pengguna. Sinyal yang terekam dari perangkat EEG akan diklasifikasikan menjadi 3 parameter dengan bantuan antarmuka BCI menggunakan MATLAB. Dari parameter tersebut digunakan untuk membandingkan sebagai isyarat untuk aktuasi yang diinginkan pengguna terhadap kursiroda [19].

Perbedaan artikel ini dengan penelitian yang saya akan lakukan adalah pada artikel ini pengguna perangkat EEG menggunakan 3 parameter untuk

mengendalikan kursi roda. Sedangkan pada penelitian yang akan saya lakukan yaitu perangkat EEG digunakan untuk mengendalikan robot Humanoid dengan menggunakan 10 parameter dengan klasifikasi gerakannya menggunakan Arduino IDE.

2.7 Arduino Mega 2560

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, dimana dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Banyak pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika lewat Arduino karena mudah dipelajari. Tidak hanya pemula, para pelajar dan professional pun ikut mengembangkan aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (libraries) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain:

1. Sederhana dan mudah pemrogramannya. Perlu diketahui bahwa lingkungan pemrograman di Arduino mudah digunakan untuk pemula, dan cukup fleksibel.
2. Perangkat lunaknya bersifat *open source*. Perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan sebagai *open source*, tersedia bagi para pemrograman berpengalaman untuk pengembangan lebih lanjut. Bahasanya bisa

dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka-pustaka C++ yang berbasis pada Bahasa C untuk AVR.

3. Perangkat kerasnya bersifat *open source* sehingga siapa saja bisa membuat perangkat keras Arduino ini, apalagi *bootloader* tersedia langsung dari perangkat lunak Arduino IDE-nya.

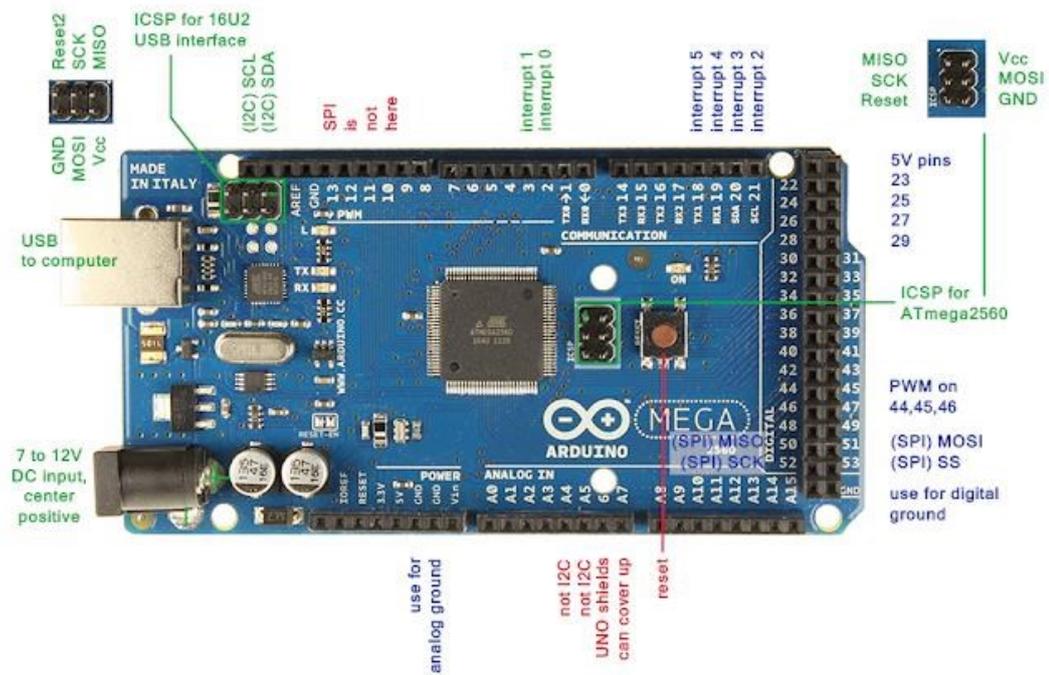
Arduino Mega 2560 menggunakan *Integrated Circuit* (IC) mikrokontroler ATmega 2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang relatif banyak yaitu 54 buah pin input/output digital (15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output *Pulse Width Modulation* (PWM)), 16 buah analog input, 4 *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART). Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16 Mhz. Untuk penggunaannya relative sederhana, tinggal menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui *jack* DC dengan adaptor 7-12 V DC. Berikut merupakan spesifikasi Arduino Mega 2560 yang tertera pada Tabel 2.1 [20]:

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 [20]

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12 V
Tegangan Input (limit)	6-20 V
Pin Digital I/O	54
Pin Analog Input	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA

Memori Flash	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4KB
Frekuensi Detak	16 MHz
Panjang	101.52 mm
Lebar	53.3 mm
Berat	37 g

Pada tabel diatas dapat dilihat bentuk dari Arduino Mega 2560 pada gambar 2.2



Gambar 2.4 Arduino Mega 2560

2.8 Servo Dynamixel AX-12+

Servo Dynamixel AX-12+ adalah motor servo yang terintegrasi dengan mikroprosesor yang dimana mampu memberikan informasi berupa posisi, kecepatan, suhu, tegangan, dan torsi dari motor sendiri. Selain itu terdapat alarm yang berbunyi bila terjadi kesalahan dari aktuasi terhadap parameter yang telah diatur. Adapun pada Tabel 2.2 menjelaskan mengenai spesifikasi Dynamixel AX-12+ [21]:

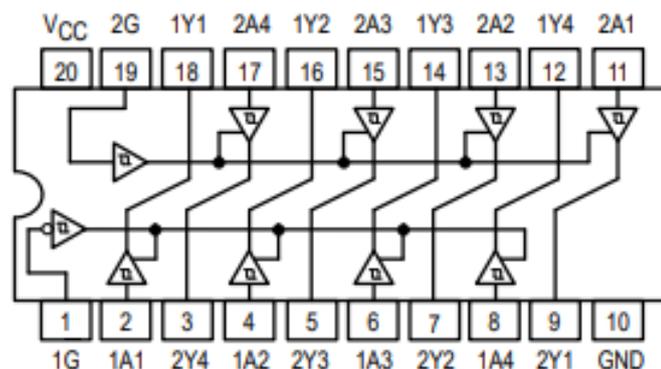
Tabel 2.2 Spesifikasi Dynamixel AX-12+

Baud Rate	7,843 [bps] - 1 [Mbps]
Berat	53.5 g
Dimensi (PxLxT)	(32x40x50) mm
Resolusi	0.29°
Derajat Pergerakan	0 - 300° Bergerak terus - menerus
Rasio Gear	254:1
Torsi	1.5 N.m pada 12 V x 1.5 A
Kecepatan tanpa Beban	59 rev/min pada 12 V
Suhu Kerja	5 – 70 °C
Tegangan Masukkan	9 – 12 V (Direkomendasikan: 11.1V)
Sinyal Perintah	Paket Digital
Koneksi Fisik	TTL Level Multi Drop Bus

	Half Duplex Asynchronous Serial Communication (8bit, 1stop, No Parity)
ID	254 (0 – 253)
Masukan Balik	Posisi, Suhu, Beban, Tegangan Masukkan, dan lain - lain
Material Gear	Plastik
Material Bodi	Plastik (Depan, Tengah, Belakang)

2.9 IC 74LS241

IC 74LS241 merupakan *octal three - state buffer*. Pada Gambar 2.3 menunjukkan skematik rangkaian yang ada dalam di IC 74LS241 [20].



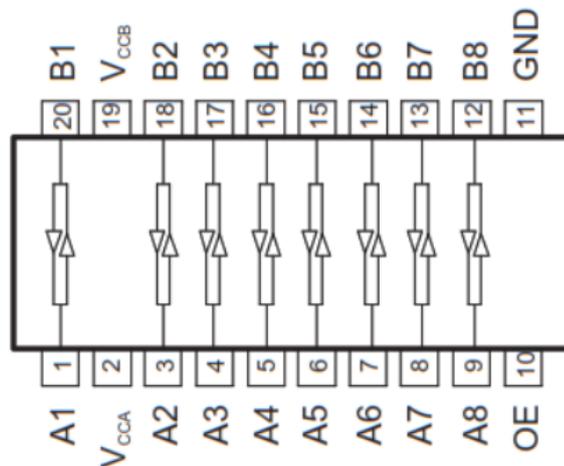
Gambar 2.5 IC 74LS241

Pada IC ini didesain untuk meningkatkan performa dan pengalamanan densitas *driver three state memory*, *driver* pewaktu, dan jalur berorientasi pada penerima dan pengirim. Perancang memiliki banyak pilihan kombinasi dari pembalik dan non

– pembalik keluaran, simetris, masukkan *active –low output - control* (\bar{G}), dan masukkan komplemen *output – control* (G dan \bar{G}) [22].

2.10 IC TXB0108

IC TXB0108 merupakan IC penerjemah level tegangan dua arah. Terdapat 20 pin yang dimana masukkan dari tegangan akan dinaikkan atau diturunkan dari dua arah melalui 8 pin dari sisi kiri ataupun sisi kanan. Pada Gambar 2.4 menunjukkan skematik rangkaian IC TXB0108.



Gambar 2.6 Skematik rangkaian IC TXB0108

Pada IC ini non – pembalik menggunakan konfigurasi yang dibagi dua berdasarkan masukkan daya pada jalurnya. Pada *port A* didesain to mengikuti Tegangan V_{CCA} . V_{CCA} menerima masukkan tegangan dari 1.2 V sampai 3.6V. Pada *port B* didesain untuk mengikuti tegangan pada V_{CCB} . V_{CCB} menerima tegangan dari 1.65 V sampai 5.5 V. Ini membiarkan untuk seluruh tegangan rendah dua arah antaranya dari 1.2 V, 1.5 V, 1.8 V, 2.5 V, 3.3 V, dan 5 V pada titiknya. Pada tegangan V_{CCA} tidak

seharusnya melewati V_{CCB} . Ketika pin *Output – Enable* (OE) adalah nol, seluruh keluaran digantikan dengan Keadaan Impedansi – tinggi [23].

2.11 Neurosky MindWave

Neurosky Mindwave merupakan salah satu perangkat EEG yang ada di pasaran dengan antar muka otak ke komputer atau *Brain – Computer Interface* (BCI). MindWave melaporkan pengguna dapat melihat kondisi mental dengan melihat perhatian atau *Attention* dan meditasi atau *Meditation* yang berdasarkan algoritma eSense™ yang telah mereka patenkan. Pada algoritma tersebut dapat menampilkan frekuensi beberapa gelombang otak. MindWave dapat digunakan untuk memainkan video gim, penelitian, atau beberapa pengaplikasian untuk meningkatkan pengalaman pengguna. Gambar merupakan NeuroSky MindWave yang akan digunakan [7].



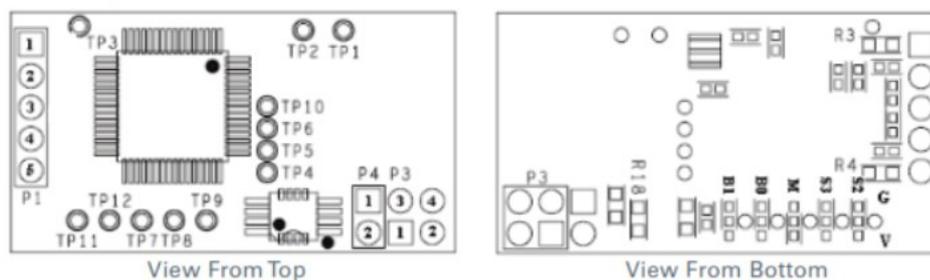
Gambar 2.7 NeuroSky MindWave

MindWave menggunakan sebuah modul untuk merekam gelombang otak. Modul tersebut adalah *Think Gear ASIC (Application - Specific Integrated Circuit) Module* (TGAM). Modul ini memiliki spesifikasi sebagai berikut pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi TGAM

Dimensi (PxLxT)	(2.79 x 1.52 x 0.25) cm
Berat	130 g
Keluaran Baud Rate	1200, 9600, 57600, dan 115200
Permukaan Elektroda	150 mm ²
Tegangan Masukkan	1.5v – 3.3 V
Rentang Frekuensi	3 – 100 Hz

Untuk Layout pada papannya sendiri terlihat di Gambar 2.5 yang merupakan layout dari TGAM [24].



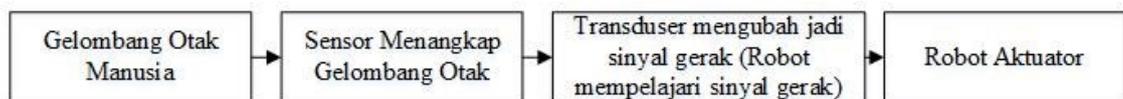
Gambar 2.8 Layout dari modul TGAM

BAB 3

Metodologi Penelitian

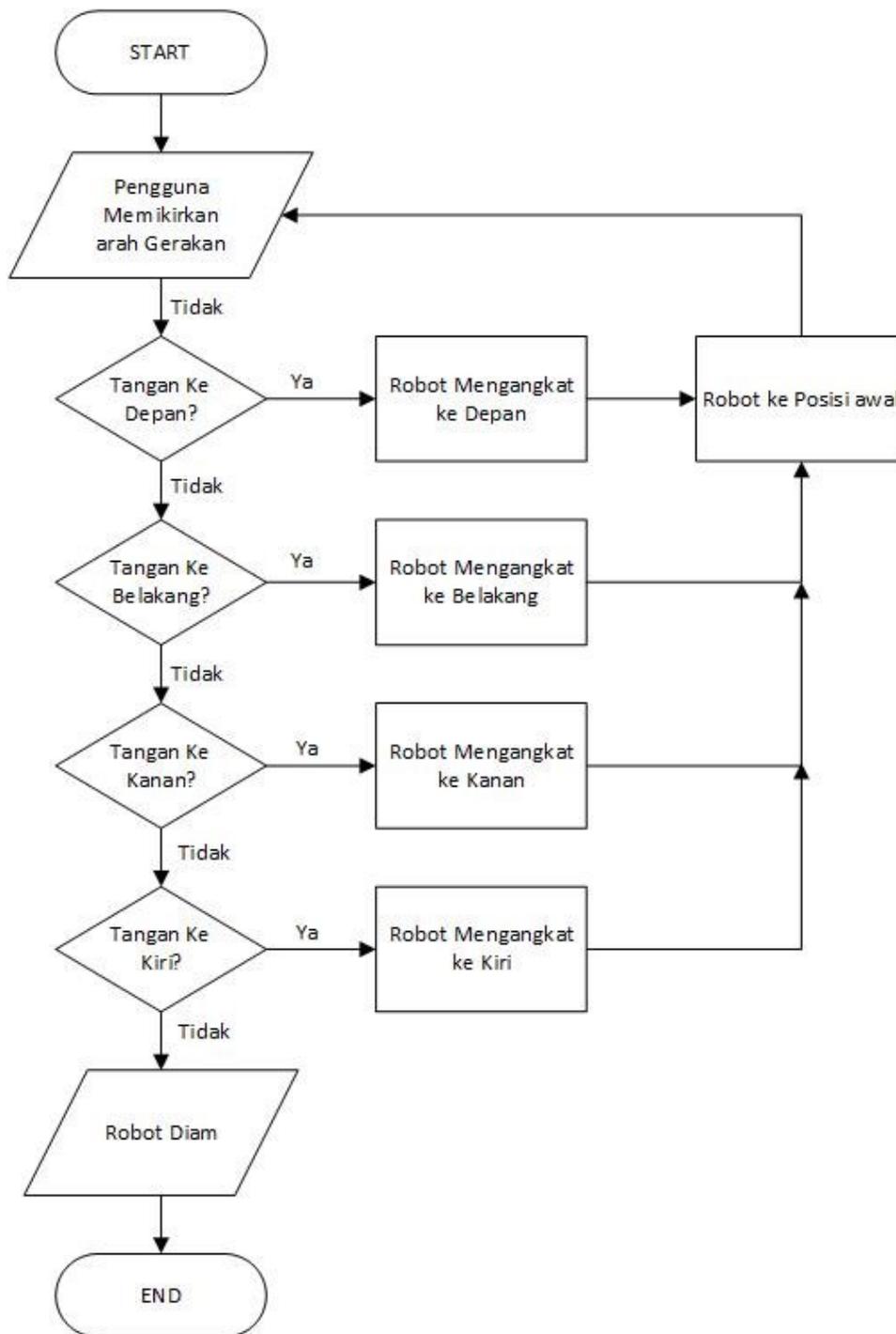
3.1 Rancangan Umum

Dalam penelitian ini, Sistem terbagi atas beberapa komponen. Pada Gambar 3.1 menunjukkan sistem blok diagram sistem.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Gambar 3.1 adalah sistem kerja seluruh sistem. Awalnya, Manusia memikirkan gerakan apa yang diinginkan. Dari pikiran manusia tersebut memicu terjadi gelombang otak yang mana sensor EEG MindWave akan mendeteksi melalui sensor TGAM. Dari sensor tersebut, gelombang otak ditransformasikan menjadi isyarat yang dibagi menjadi beberapa parameter, lalu akan dibawa ke pengirim untuk dikirimkan ke penerima. Dari isyarat yang diterima penerima akan diolah oleh mikrokontroller untuk menginterpretasikan perintah yang ada ke motor servo. Hasil dari perintah tersebut membentuk gerakan pada robot humanoid. Gambar 3.2 menunjukkan alur diagram kerja pada sistem robot humanoid dengan MindWave.



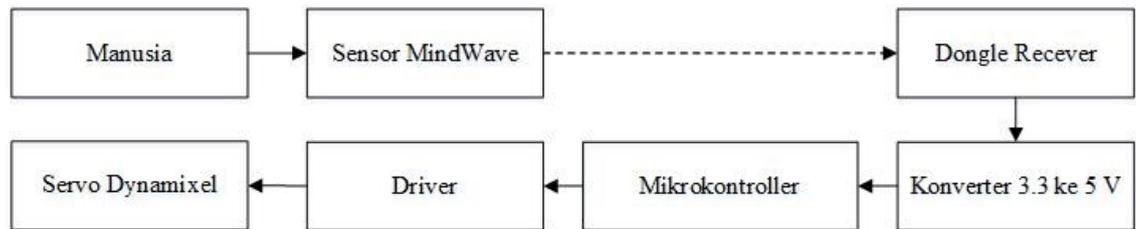
Gambar 3.2 Alur Kerja Sistem Robot Humanoid

Gerakan yang dihasilkan dari Robot Humanoid mewakili gerakan apa yang dipikirkan manusia. Gambar 3.2 merupakan alur dari manusia memikirkan gerakan

tangan pada robot hingga robot dapat mengangkat tangannya. Pada penelitian ini, gerakan yang diujikan yaitu mengangkat tangan ke depan, mengangkat tangan ke belakang, mengangkat ke kanan, dan mengangkat ke kiri.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini menggunakan Perangkat keras atau *hardware* terdiri dari sensor EEG MindWave, *dongle receiver* MindWave, Arduino Mega 2560, IC 74LS241, IC TXB0108, dan Robot Humanoid. Sensor EEG Mindwave berfungsi untuk mengukur gelombang otak pada kepala manusia. Data tersebut dikirimkan menuju ke dongle receiver yang telah dimodifikasi sebagai penerima secara nirkabel. Setelah data diterima, data tersebut melalui IC TXB0108 guna diubah tegangan dari 3.3 V menuju 5 V yang akan dibawa ke pin serial Arduino Mega2560. Setelah data masuk ke Arduino Mega 2560, selanjutnya data tersebut diolah menjadi perintah gerak berupa posisi pada motor servo yang ada pada robot humanoid. Untuk mengirim perintah dari Arduino ke Motor yang ada pada robot humanoid digunakan IC 74LS241 sebagai antaruka komunikasi dengan robot humanoid. IC tersebut berfungsi sebagai pemilah data apakah data tersebut dialamatkan sebagai data dari Transmitter atau data dari Receiver. Setelah melalui IC 74LS241, Robot humanoid yang terdiri dari beberapa motor Dynamixel akan bergerak berdasarkan posisi yang diterima dari Arduino Mega 2560. Posisi dari kumpulan motor tersebut membentuk sebuah gerakan manusia pada robot humanoid. Gambar 3.3 menunjukkan alur Hardware pada robot humanoid.

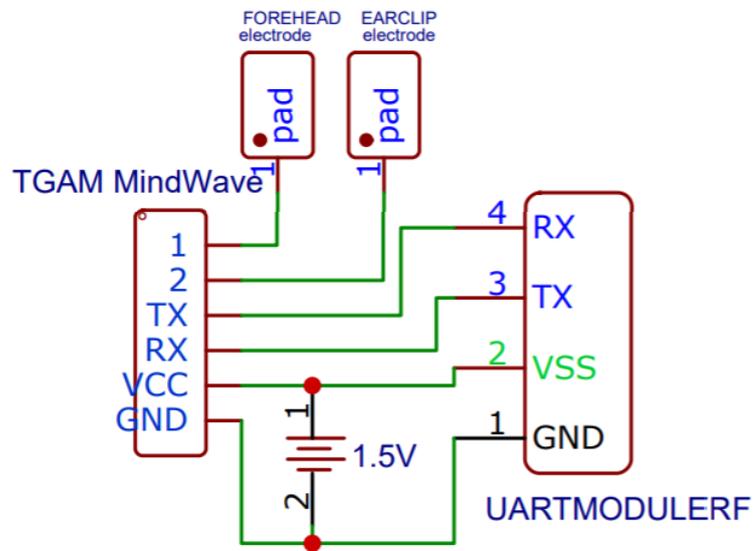


Gambar 3.3 Gambaran Alur Hardware pada Robot

3.3.1 Perancangan Rangkaian Elektronika

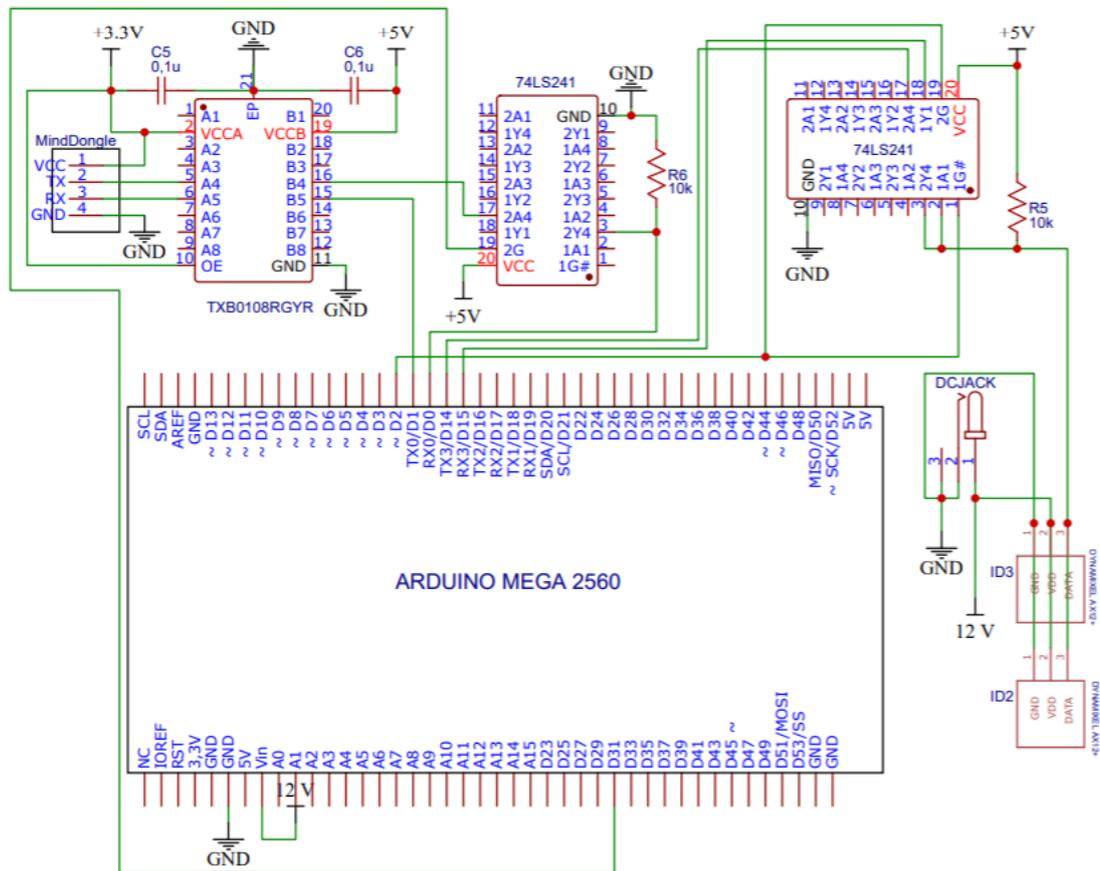
Pada perancangan elektronika, terdapat dua bagian yang dimana elektronika pada bagian pengguna dengan sensor EEG dari NeuroSky MindWave dan penerima isyarat perintah untuk mengendalikan robot humanoid.

Pada rangkaian pengguna terdiri dari modul TGAM sebagai modul untuk mengukur EEG yang akan diterima dari elektroda, terdapat dua yang digunakan yaitu elektroda yang dipasangkan dahi pengguna dan elektroda yang dipasangkan telinga pengguna, sumber daya sebesar 1.5 V, dan modul komunikasi UART berbasis gelombang radio. Pada Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian elektronika yang digunakan pada pengguna MindWave.



Gambar 3.3.4 Rangkaian Elektronika Pengguna MindWave

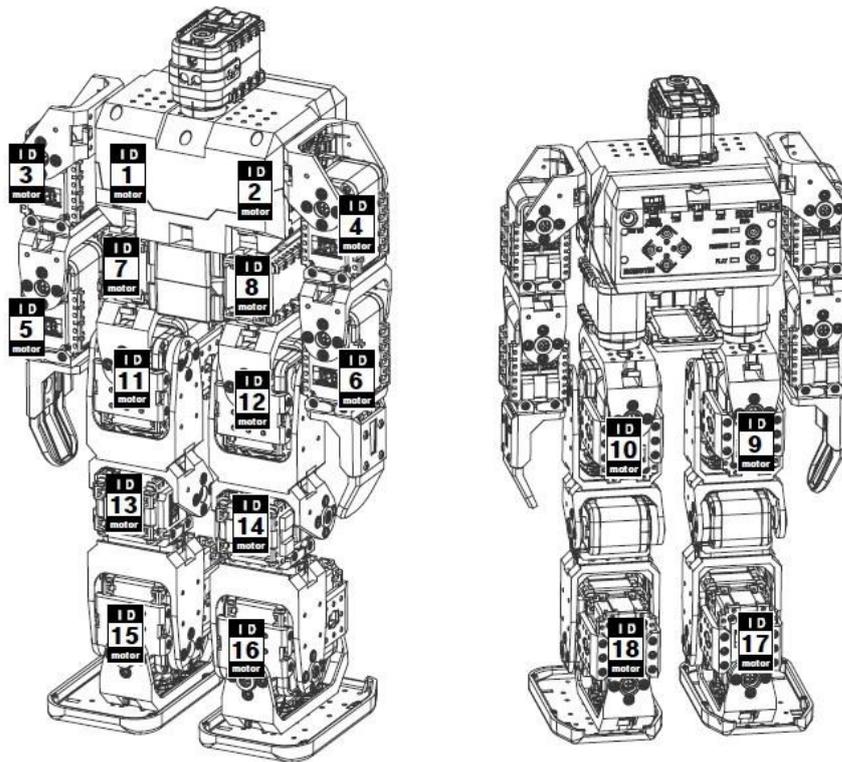
Pada rangkaian penerima isyarat untuk menggerakkan robot humanoid terdiri dari Arduino Mega 2560, Dongle USB Mindwave yang sudah dimodifikasi, IC TXB0108, IC 74LS241 sebanyak dua buah, kapasitor 0.1 μf sebanyak dua buah, resistor 10K Ω sebanyak dua buah, DC jack 12 V, dan motor servo Dynamixel Ax-12+ sebanyak 18 buah. Gambar 3.5 menunjukkan Penerima Isyarat Perintah Robot Humanoid



Gambar 3.3.5 Penerima Isyarat Perintah Robot Humanoid

3.3.2 Perancangan Mekanika Robot

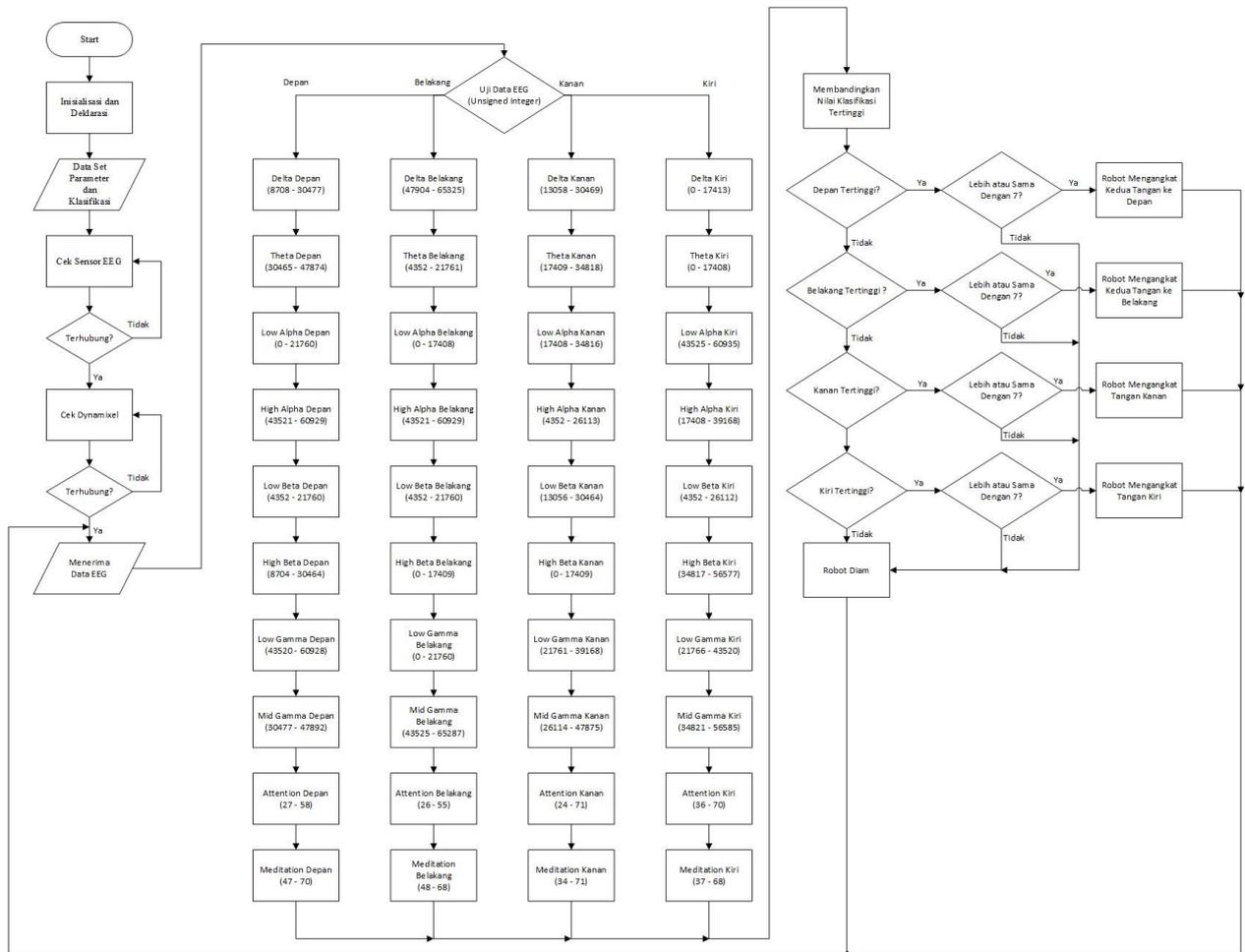
Mekanik Robot terdiri dari 18 buah Servo Dynamixel yang terhubung satu dan lainnya menggunakan kerangka robot dari Robotis. Masing – masing motor servo memiliki *Identification* (ID). Pada Gambar 3.6 menunjukkan desain robot humanoid tampak 3 dimensi (3D) dengan 18 buah motor servo.



Gambar 3.6 Desain Robot Humanoid Tampak 3 Dimensi

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak atau *software* pada proses pergerakan robot humanoid berfokus pada bagaimana sistem pada robot mampu mengukur gelombang otak sebagai isyarat gerakan dari pengguna dan menginterpretasikannya menjadi perintah gerakan pada robot humanoid. Gerakan yang dihasilkan robot terdiri dari mengangkat kedua tangan ke depan, mengangkat kedua tangan ke belakang, mengangkat tangan kanan, dan mengangkat tangan kiri. Gambar 3.7 menunjukkan alur kerja perancangan perangkat lunak pada sistem kendali gerak robot humanoid:



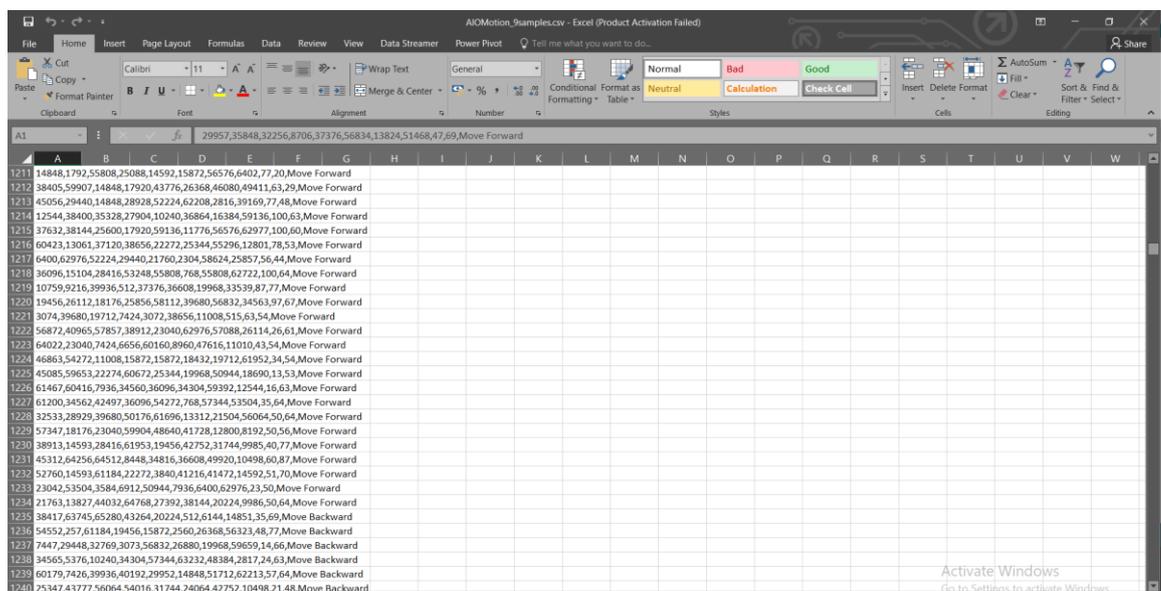
Gambar 3.7 Alur Kerja Perancangan Perangkat Lunak Sistem Kendali Gerak Robot Humanoid

Adapun dalam merancang software pada sistem kendali gerak robot humanoid menggunakan Microsoft Excel 2016, Microsoft Visual Studio Code dan Arduino IDE. Microsoft Excel 2016 berfungsi untuk mengambil data yang mana direkam oleh MindWave. Data tersebut disimpan dengan sepuluh parameter dan lima klasifikasi kondisi yang dimana 4 kondisi gerak dan 1 kondisi diam. Data yang telah dikumpulkan akan diolah menggunakan Microsoft Visual Studio Code untuk menampilkan data dominan dari tiap parameter per klasifikasi guna mendapatkan

nilai – nilai rentang minimum dan maksimum. Hasil dari data tersebut menjadi set data parameter per klasifikasi yang mana digunakan pada Arduino IDE untuk menjadi perbandingan bahwa data dari pengguna secara langsung akan dibandingkan dengan data set yang telah ditentukan untuk mengendalikan robot humanoid.

3.3.1 Akusisi Data

Pertama – tama agar robot mengetahui dan mampu mempelajari jenis parameter yang akan diklasifikasikan, diperlukannya sebuah software yang dapat mengakusisi data yang diambil dari relawan yaitu Microsoft Excel 2016. Pada Excel diperlukan ekstensi menu yang disebut Data Streamer. Untuk mengambil data perlu menggunakan Baud Rate sebesar 115200 dan format data yang digunakan *comma-separated value (csv)*. Adapun Gambar 3.8 menunjukkan Hasil Akusisi Data Relawan dengan MindWave.



Gambar 3.8 Hasil Akusisi Data Relawan dengan MindWave

3.3.2 Set Data per Parameter

Pada tahap ini, data yang ada dalam bentuk csv akan diolah menggunakan software Microsoft Visual Studio Code. Adapun Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu Python. Python merupakan salah satu Bahasa pemrograman yang sangat banyak digunakan di dunia. Ada berbagai macam pustaka atau library yang digunakan guna mempermudah dalam menentukan data yang akan dijadikan acuan data.

```
from typing import Literal
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib import ticker
```

Di atas merupakan script pemrograman pada Python dalam mendeklarasikan library. Penggunaan *library* pandas memiliki banyak fitur berguna diantaranya mengetahui formasi data yang akan digunakan, menghitung banyaknya data yang akan digunakan, mengubah dimensi data, dan sebagainya. Kemudian dari fungsi *library* tersebut data csv dengan menginisiasikan direktori tempat berkas yang digunakan.

```
mind = pd.read_csv(r'C:\Users\Muh. Abri Yansyah \ Desktop \ 6November \ Collectiong\
AIOMotion_9samples.csv', header=None)
mind_list = mind.to_numpy().tolist()
```

Dari data tersebut akan dimuat dalam bentuk matriks untuk memudahkan data dibagi berdasarkan klasifikasi yang diinginkan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *list*.

```
mind_array = [[],[],[],[],[ ]]
for i in mind_list :
    if i[len(i)-1] == "Move Forward":
        i.pop()
        mind_array[0].append(i)
```

```

elif i[len(i)-1] == "Move Backward":
    i.pop()
    mind_array[1].append(i)
elif i[len(i)-1] == "Move right":
    i.pop()
    mind_array[2].append(i)
elif i[len(i)-1] == "Move left":
    i.pop()
    mind_array[3].append(i)
elif i[len(i)-1] == "Stop":
    i.pop()
    mind_array[4].append(i)

```

Dalam hal ini terdapat lima klasifikasi yang dilakukan dengan melakukan fungsi perulangan for untuk memetakan klasifikasi tersebut kedalam variable *mind_array*. Dari variable *mind_list* akan diurutkan berdasarkan klasifikasinya, klasifikasinya yaitu *Move Forward*, *Move Backward*, *Move right*, *Move left*, dan *Stop*. Untuk mengurutkan tersebut, dari data yang ada di *mind_list* akan dikenali bila akhiran dari sampel data yang dimasukkan berinisiasi dengan jenis klasifikasinya. Misalnya, bila yang pertama adalah sampel *Move Forward* maka data akan dimasukkan ke *mind_array* kedalam matriks dengan kolom pertama karena eksekusi pada fungsi `append` pada `mind_array[0].append(i)`, namun *Move Forward* akan hilang karena nama klasifikasi diangkat dengan fungsi `pop()`. Setelah disatukan dalam matriks *mind_array*. Matriks dalam variable tersebut dibagi menjadi per klasifikasi untuk membentuk suatu diagram guna mempermudah pengambilan data set yang akan diterapkan pada robot humanoid.

```

fig, plottingForwardDelta = plt.subplots(1, figsize=(16,6))
....

for P in range(0,len(mindForward)):
    for S in range(0,len(mindForward[P])):
        if S == 0:
            print(mindForward[0][0])

```

```

plottingForwardDelta.set_title('Forward(Delta)', loc = 'center', fontsize = 16)
plottingForwardDelta.set_xlabel('L Integer', fontsize=12)
plottingForwardDelta.set_ylabel('Frequent Value', fontsize=12)
plottingForwardDelta.axvline(maximum_MindArray[0][S], color='r', linestyle='--')
plottingForwardDelta.axvline(mean_MindArray[0][S], color='b', linestyle='--')
plottingForwardDelta.axvline(minimum_MindArray[0][S], color='r', linestyle='--')
plottingForwardDelta.axvline(mostFrequent_MindArray[0][S], color='g', linestyle='--')

n, bins, patches = plottingForwardDelta.hist([i[S] for i in mindForward],bins=15)

#Tick the XLabel
xticks = [(bins[idx+1] + value)/2 for idx, value in enumerate(bins[:-1])]
xticks_labels = [ "{:.0f} - {:.0f}".format(value, bins[idx+1]) for idx, value in
enumerate(bins[:-1])]
plottingForwardDelta.set_xticks(xticks)
plottingForwardDelta.set_xticklabels(xticks_labels, fontsize=6)
plottingForwardDelta.tick_params(axis='x', which='both',length=0)

# texting the bar
for idx, value in enumerate(n):
    if value > 0:
        plottingForwardDelta.text(xticks[idx], int(value),f'{value:.0f}',va='bottom',
ha='center', fontsize=8)
....

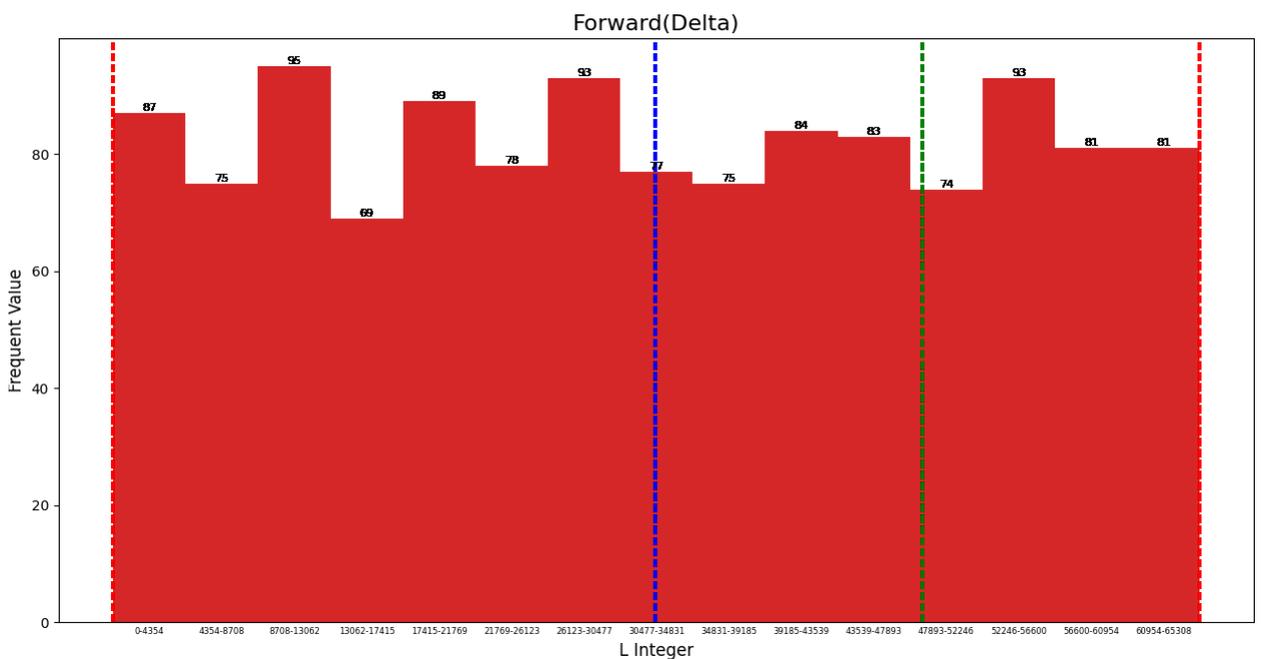
```

Dalam hal ini contoh baris pemograman yang digunakan adalah klasifikasi Move Forward parameter Delta. Untuk menampilkan dalam sebuah diagram dalam bentuk gambar digunakan cara yaitu dengan fungsi subplots dari library matplotlib.pyplot dengan ukuran 16 x 9. Hal ini dilakukan dengan 10 parameter berikutnya untuk mendapatkan tampilan diagram sedemikian rupa. Lanjut pada pada variable matriks mindForward terdapat berbagai nilai parameter di dalamnya, tapi dengan menggunakan fungsi perulangan, hal ini bisa diurutkan berdasarkan urutan nilai data yang akan ditampilkan dalam bentuk diagram. Dalam hal ini, parameter Delta sebagai salah satu contoh. Objek plottingForwardDelta menggunakan fungsi dari plt yang dimana diantaranya set_title, set_xlabel, dan

set_ylabel merupakan fungsi untuk memberikan penamaan pada diagram Delta, adapun parameter dalam fungsi dengan nilai tertentu merupakan ukuran besaran abjad yang ditampilkan. Pada fungsi axvline yang dimana terdapat parameter yang terdiri dari maximum_MindArray[0][S], mean_MindArray[0][S], minimum_MindArray[0][S], mostFrequent_MindArray[0][S] merupakan garis nilai yang menunjukkan nilai maksimum, nilai rata – rata, nilai minimum, dan nilai yang sering muncul. Untuk jenis garisnya adalah - - dan untuk warnanya berbeda yang mana r untuk merah, b untuk biru, dan g untuk hijau. Pada diagram yang digunakan menggunakan diagram berjenis histogram karena data dapat dikelompokkan berdasarkan rentang nilai yang akan ditampilkan pada diagram dengan menggunakan fungsi hist pada objek plottingForwardDelta dengan banyaknya batang adalah sebanyak 15 buah. Tentunya untuk mempermudah rentang nilai per batangnya, digunakan variable xticks sebagai fungsi pelabelan pada diagram pada daerah nilai sepanjang kordinat x. Selain itu, untuk memudahkan dalam mengetahui jumlah nilai pada rentang tertentu maka dibuatkan sebuah perulangan pada tiap banyaknya batang yang ada pada diagram, fungsi text dengan beberapa parameter di dalamnya untuk menentukan format angka, tata letak pada total nilai pada rentangnya.

Setelah nilai yang tampil dalam bentuk grafik, rentang nilai sebagai data set per parameter berdasarkan klasifikasinya ditentukan dengan cara (1) bila terdapat tiga batang tertinggi yang mana per batangnya dipisahkan satu batang maka rentang minimum yang pada batang pertama hingga rentang maksimum pada batang ke tiga sebagai rentang minimum hingga maksimum pada parameter acuan. (2) bila terjadi

terdapat batang dengan nilai tinggi namun batang ke tiga dipisahkan dengan dua batang bernilai sangat rendah maka dua batang yang dengan total nilai yang lebih baik sebagai acuan nilai baik minimum atau maksimum. Pada Gambar 3.9 merupakan menunjukkan salah satu hasil dari kompilasi parameter Delta untuk gerak ke depan dengan menggunakan software Microsoft Visual Studio Code dengan Bahasa pemograman Python.



Gambar 3.9 Salah Satu Hasil dari Kompilasi Parameter Delta untuk Gerak ke Depan

3.3.3 Pengendalian Robot Humanoid

Setelah rentang nilai acuan didapatkan tiap parameter klasifikasi, nilai – nilai tersebut digunakan pada sistem robot dengan menggunakan software Arduino IDE. Aplikasi tersebut menggunakan Bahasa pemrograman C. berikut adalah script variable dari acuan yang telah ditentukan dengan bantuan analisa menggunakan visual studio code ke dalam Arduino IDE.

```

long int minMind [5][10]= {{ 8708, 30465, 0, 43521, 4352, 8704, 43520, 30477, 27,
47}, //Forward
{47904, 4352, 0, 43521, 4352, 0, 0, 43525, 26, 48},
//Backward
{13058, 17409, 17408, 4352, 13056, 0, 21761, 26114, 24, 34},
//Right
{ 0, 0, 43525, 17408, 4352, 34817, 21766, 34821, 36, 37},
//Left
{47884, 0, 0, 17408, 43520, 13056, 8704, 34826, 14, 34}};
//Stop

long int maxMind [5][10]= {{30477, 47874, 21760, 60929, 21760, 30464, 60928, 47892,
58, 70}, //Forward
{65325, 21761, 17408, 60929, 21760, 17409, 21760, 65287, 55, 68},
//Backward
{30469, 34818, 34816, 26113, 30464, 17409, 39168, 47875, 71, 71},
//Right
{17413, 17408, 60935, 39168, 26112, 56577, 43520, 56585, 70, 68},
//Left
{65296, 21763, 21761, 34816, 60928, 30464, 26112, 52239, 65,
80}}; //Stop

```

Nilai – nilai pada minMind dan maxMind merupakan sebagai batas bawah dan batas atas pada nilai yang akan didapatkan pada sistem saat menerima data dari MindWave. Untuk mengetahui apakah MindWave terhubung dengan sistem maka digunakan fungsi readOneByte() seperti script berikut:

```

byte readOneByte(){
  while (!Serial.available()) {
    delay(5);
  };
  return Serial.read();
}

```

Setelah terhubung maka data yang diterima berupa bytes. Adapun cara mengetahui sistem penerimaan dari struktur paket pada MindWave sebagai berikut:

Data Struktur		
[SYNC][SYNC][PLENGTH]	[PAYLOAD...]	[CHKSUM]
Header	Payload	Checksum

Ketika data diterima dari MindWave hal – pertama memeriksa apakah header [SYNC] bernilai 170 desimal atau dalam hexa 0xAA. Setelah tersinkronisasi maka masuk pada [PLENGTH] dalam bentuk bytes, rentang nilai dalam decimal dari 0 sampai 169. Bila lewat dari itu maka terjadi kesalahan karena [PLENGTH] terlalu besar. Paket header selesai bila [PLENGTH] + 4.

Untuk Payload [CHKSUM] merupakan pengujian data bila data yang diterima sama yang mana merupakan (1) semua data byte bila Payload dijumlah, (2) mengambil penjumlahan dari 8 bit terendah, (3) melakukan invers pada 8 bit terendah. Bila payload checksum dan yang diterima [CHKSUM] tidak sama maka data yang masuk dinyatakan tidak valid. Namun, bila sama maka data akan dilanjutkan ke Data Payload [PAYLOAD...].

Pada data [PAYLOAD...] terdiri dari dua bagian yaitu Code dan Value. Code merupakan bilangan bytes yang mana sebagai konjungis jenis data yang dikirimkan. Value merupakan besaran data yang dimana isi dari nilai Code setiap parameter yang digunakan. Adapun Tabel sebagai informasi Code, panjang data, dan maksud nilai data yang ada pada Code.

Tabel 3.1 Informasi Code, panjang data, dan maksud nilai data

[CODE](Byte)	[LENGTH](Byte)	Maksud Nilai Data
0x02	-	Kualitas Sinyal (0-255)
0x04	-	Nilai Atensi (0-100)
0x05	-	Nilai Meditasi (0-100)
0x80	2	Nialai Gelombang RAW
0x83	24	Nilai 3 byte yang mempresentasikan Delta, Theta, Low Alpha, High Alpha, Low Beta, High Beta, Low Gamma, Mid Gamma

Dari algoritma tersebut, dijabarkan guna mengetahui bila pengguna MindWave dapat mengetahui nilai – nilai yang terjadi saat itu juga. Untuk memastikan nilai yang masuk diklasifikasikan berada di perintah seharusnya, maka terlebih dahulu membandingkan nilai yang diterima oleh sistem dengan menggunakan sript berikut:

```

void comparingArray(){
  for (int group = 0; group <5; group++){
    if (group == 0){
      for (int parameter = 0; parameter < 10; parameter++){
        if ((minMind[group][parameter] <= mindArray[parameter] and (mindArray[parameter]
<= maxMind[group][parameter])){
          mindCompare[group][parameter]= 1;
        }
        else {
          mindCompare[group][parameter] = 0;
        }
      }
    }
  }
}

```

```

}

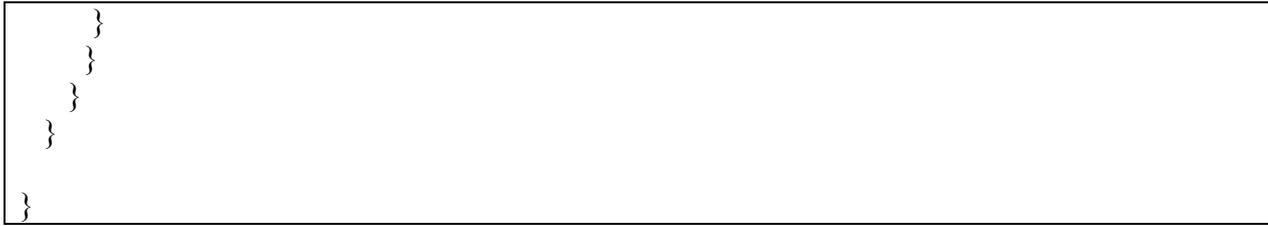
if (group == 1){
    for (int parameter = 0; parameter < 10; parameter++){
        if ((minMind[group][parameter] <= mindArray[parameter]) and (mindArray[parameter]
<= maxMind[group][parameter])){
            mindCompare[group][parameter]= 1;
        }
        else {
            mindCompare[group][parameter] = 0;
        }
    }
}

if (group == 2){
    for (int parameter = 0; parameter < 10; parameter++){
        if ((minMind[group][parameter] <= mindArray[parameter]) and (mindArray[parameter]
<= maxMind[group][parameter])){
            mindCompare[group][parameter]= 1;
        }
        else {
            mindCompare[group][parameter] = 0;
        }
    }
}

if (group == 3){
    for (int parameter = 0; parameter < 10; parameter++){
        if ((minMind[group][parameter] <= mindArray[parameter]) and (mindArray[parameter]
<= maxMind[group][parameter])){
            mindCompare[group][parameter]= 1;
        }
        else {
            mindCompare[group][parameter] = 0;
        }
    }
}

if (group == 4){
    for (int parameter = 0; parameter < 10; parameter++){
        if ((minMind[group][parameter] <= mindArray[parameter]) and (mindArray[parameter]
<= maxMind[group][parameter])){
            mindCompare[group][parameter]= 1;
        }
        else {
            mindCompare[group][parameter] = 0;
        }
    }
}

```



Hal ini bertujuan untuk mengetahui bila nilai - nilai tiap parameter masuk dalam klasifikasi. Jika nilai tersebut masuk dalam rentang batas yang telah ditetapkan maka diberi nilai 1. Jika nilai tersebut tidak masuk dalam rentang batas yang telah ditetapkan maka diberi nilai 0. Sehingga bila setelah diberikan reward maka reward tersebut di total tiap klasifikasinya. Jika Nilai keseluruhan sampel adalah nilai memenuhi sebagai nilai klasifikasi tertinggi total reward persyaratan dan melebihi atau sama dengan dari tujuh, maka sistem akan memerintahkan robot untuk mengayunkan tangan sesuai klasifikasi dari pencacahan tersebut. Namun, bila nilai reward memenuhi sebuah kelompok klasifikasi tertinggi dari klasifikasi lainnya dan total reward kurang dari tujuh maka robot akan diam.

3.4 Rancangan Pengujian

Pengujian pada Kendali Robot Humanoid dengan Gelombang Otak meliputi pengujian menggerakkan satu gerakan, kombinasi dua gerakan, dan kombinasi empat gerakan. Pengujian dilakukan di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dan laboratorium riset Cognitive Social Robotic and Advance Artificial Intelligence Research Centre.

3.4.1 Pengujian Satu Gerakkan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengguna dapat menggerakkan robot secara beruntun dengan batas waktu yang telah ditentukan. Pengujian ini

dilakukan dengan dua tipe pengguna yang terdiri dari tiga pengguna dengan data rekam data yang telah terlatih dan tiga pengguna acak tanpa ada rekam data terlatih. Pengujian ini memiliki batas tiap gerakan yang dilakukan secara berulang dengan rentang tiga menit setiap perulangannya. Banyaknya gerakan sama yang dilakukan berulang adalah sebanyak lima kali.

3.4.2 Pengujian Kombinasi Dua Gerakan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengguna dapat menggerakkan robot dengan kombinasi dua gerakan berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan dua tipe pengguna yang terdiri dari tiga pengguna dengan data rekam data yang telah terlatih dan tiga pengguna acak tanpa ada rekam data terlatih. Pengujian ini dilakukan berdasarkan perintah pengguna apakah gerakan yang robot lakukan telah sama apa yang diinginkan oleh pengguna. Total gerakan yang dapat dilakukan adalah sebanyak sepuluh gerakan.

3.4.3 Pengujian Kombinasi Empat Gerakan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengguna dapat menggerakkan robot dengan kombinasi empat gerakan berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan dua tipe pengguna yang terdiri dari tiga pengguna dengan data rekam data yang telah terlatih dan tiga pengguna acak tanpa ada rekam data terlatih. Pengujian ini dilakukan berdasarkan perintah pengguna apakah gerakan yang robot lakukan telah sama apa yang diinginkan oleh pengguna. Total gerakan yang dapat dilakukan adalah sebanyak duapuluh gerakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. L. N. K. D. a. A. A. Joe Saunders, "Self-imitation and Enviromental Scaffolding for Robot Teaching," *Advanced Robotic Systems International*, vol. 4, no. 1, p. 109, 2007.
- [2] C. L. N. a. K. D. Joe Saunders, "What is an Appropriate Theory of Imitation for a Robot Learner?," *ECSIS Symposium on Learning and Adaptive Behaviors for Robotic Systems*, vol. 23, p. 9, 2008.
- [3] D. H. C. Y. Muh. Anshar, "Utilising the See-and-Follow Method for Enhancing Robot Learning Ability," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 676, no. 1, p. 12002, 2019.
- [4] M.-A. W. Muh Anshar, "Simplified Pain Matrix Method for Artificial Pain Activation Embedded into Robot Framework," *International Journal of Social Robotics*, vol. 13, no. 1, p. 187, 2020.
- [5] B. W. G. S. C. M. Priyanka A. Abhang, Introduction to EEG and Speech-Based Emotion Recognition, London, United Kingdom: Academic Press, 2016.
- [6] Machel Thimoty Tombeng, Rickho Michael Elia Rumayar, "Light Controlling System by Using Brain Waves Sensor," *Cogito Smart Journal*, p. 240, 2017.
- [7] Neurosky, "Mindwave User Guide," 12 July 2011. [Online]. Available: http://developer.neurosky.com/docs/lib/exe/fetch.php?media=mindwave_user_guide.pdf. [Accessed 23 December 2021].
- [8] B. A. G. P. Bernhard Graimann, "Brain-Computer Interfaces: A Gentle Introduction," in *BRAIN-COMPUTER INTERFACES: Revolutionizing Human-Computer Interaction*, Graz, Springer, 2010, p. 21.
- [9] S. S. A. F. S. Rümeyşa İnce, "The inventor of electroencephalography (EEG): Hans Berger (1873 1941)," *Child's Nervous System (2021)*, vol. 37, p. 2723, 2020.
- [10] H. R.-N. G. G.-C. a. D. B.-G. Alfonso García-Monge, "Brain Activity during Different Throwing Games: EEG Exploratory," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, p. 6796, 2020.
- [11] L. McCauley, AI Armageddon and Three Laws of Robotics, USA: Ethic and Information of Technology, 2007.
- [12] H. Jaya, Pengembangan Modul Otomatis dan Robotik, Jakarta: UNIKA Atma Jaya, 2012.

- [13] H. Hosseinkhannazer, "Robotics: Applications and Fundamentals," Sharif University of Technology, Teheran, Iran, 2003.
- [14] H. Wang, "Robot Sensors and Actuators," Department of Automation of Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, People's Republic of China, 2018.
- [15] T. Mitchell, "Introduction," in *Machine Learning*, New York, McGraw-Hill Science, 1997, pp. 5-11.
- [16] G. A. Bekey, *Autonomous Robot: from Biological Inspiration Implementation and Control.*, Boston: The MIT Press, 2005.
- [17] M. Anshar, *A Directed Learning-based Evolutionary Approach for Legged Robot Motion*, Sydney: University of Technology Sydney, 2009.
- [18] C. L. D. d. S. e. S. Chrystinne Fernandes, "Smart depth of anesthesia monitoring with EEG sensors and agent-based technology," in *2017 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computed, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI)*, San Fransisco, USA, 2017.
- [19] S. K. W. P. P. K. Permana, "Controlled wheelchair based on braincomputer interface using NeuroskyMindwave Mobile 2," in *AIP Conference Proceedings 2168*, 2019.
- [20] D. Halim, *Implementasi Robot Belajar Melalui Proses Mimik untuk Meningkatkan Kinerja Robot Humanoid*, Makassar: Universitas Hasanuddin, 2018.
- [21] D. Park, "ROBOTIS-GIT/ emanual," Robotis, 11 May 2021. [Online]. Available: <https://github.com/ROBOTIS-GIT/emanual/blob/master/docs/en/dxl/ax/ax-12a.md>. [Accessed 29 December 2021].
- [22] T. Instruments, "OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS," Texas Instruments, Dallas, 2002.
- [23] T. Instruments, "TXB0108 8-Bit Bidirectional Voltage-Level Translator with Auto-Direction Sensing and ± 15 -kV ESD Protection," Texas Instruments, Dalas, 2018.
- [24] NeuroSky, "NeuroSky Brain Wave Sensors for Every Body: TGAM," NeuroSky, San Jose, 2011.