

Sistem Klasifikasi Gelombang Otak Berbasis K-Nearest Neighbors Pada Kendali Gerak Robot Humanoid

Ihsan A Mansur¹, Muh Anshar², Ejah Umraeni Salam³, Ahmad Ridha⁴

^{1,2,3,4} Departemen Teknik Elektro, 92171, Universitas Hasanuddin

INFORMASI ARTIKEL	A B S T R A K
Received: May 15, 2024 Revised: January 05, 2025 Available online: April 27, 2025	<p>Perkembangan teknologi di bidang robotika menunjang kemajuan industri dan masyarakat modern secara umum. Adanya robotika dalam kalangan masyarakat sangat membantu seperti adanya robot pelayan hingga penggunaan robotika dalam dunia medis. Mengacu pada perkembangan teknologi yang menggabungkan neurosains, pengolahan sinyal, pembelajaran mesin, dan robotik untuk mengontrol Gerakan robot multiplatform menggunakan sinyal gelombang otak manusia. Sinyal gelombang otak memiliki tipikal dan karakteristik individu yang berbeda-beda, gelombang otak tidak bisa ditiru atau dibaca sehingga tidak mungkin memiliki kesamaan. Dalam konteks ini, teknik pengolahan sinyal dan pembelajaran mesin digunakan untuk mengklasifikasikan pola gelombang otak dalam kategori yang dapat diinterpretasikan oleh sistem. Sistem ini dibuat bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi untuk menggerakkan robot humanoid dan menganalisa performa robot belajar dalam mempresentasikan kendali gerak yang ditangkap melalui gelombang otak manusia saat memikirkan arah gerak yang diinginkan. Ada dua jenis pengujian yaitu pengujian untuk mengukur waktu klasifikasi dan pengujian untuk mengukur ketepatan klasifikasi. Pada pengujian untuk mengukur waktu dilakukan berdasarkan jenis gerakan yaitu ke depan, ke belakang, ke kiri, dan ke kanan. Pada pengujian ketepatan klasifikasi subjek akan memikirkan arah gerak robot untuk menggerakkan empat arah yang berbeda secara berulang sebanyak 20 kali sehingga akurasi sebesar 80, 65, 70, 60, 60, dan 65 dengan rata-rata 66,66.</p> <p>Kata kunci— Gelombang Otak, K-Nearest Neighbors, Robot</p>
CORRESPONDENCE	A B S T R A C T
E-mail: ridhaa21d@student.unhas.ac.id	<p>The advancement of technology in the field of robotics supports the progress of industry and modern society in general. The presence of robotics within society is highly beneficial, from service robots to the use of robotics in the medical field. Referring to technological developments that combine neuroscience, signal processing, machine learning, and robotics to control the movement of multiplatform robots using human brain wave signals, brain wave signals have individual typical and characteristic patterns that cannot be imitated or read, making it impossible to have similarities. In this context, signal processing and machine learning techniques are used to classify brain wave patterns into categories that can be interpreted by the system. This system is designed to build a classification system to control humanoid robots and analyze the robot's learning performance in presenting motion control captured through human brain waves when thinking about the desired direction of movement. There are two types of testing, that is testing to measure classification time and testing to measure classification accuracy. In the testing to measure time, it is based on the type of movement that is forward, backward, left, and right. In the classification accuracy testing, the subject will think about the robot's direction of movement to move in four different directions repeatedly 20 times, resulting in accuracies of 80, 65, 70, 60, 60, and 65 with an average of 66.66.</p> <p>Keywords— Brain Wave, K-Nearest Neighbors, Robot</p>

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang robotika menunjang kemajuan industri dan masyarakat modern secara umum. Adanya robotika dalam kalangan masyarakat sangat membantu seperti adanya robot pelayan hingga penggunaan robotika dalam dunia medis. Dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat merupakan hal yang menjadikan motor penggerak dalam majunya industri 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. Mengacu pada perkembangan teknologi yang menggabungkan neurosains, pengolahan sinyal, pembelajaran mesin, dan robotik untuk mengontrol gerakan robot multiplatform menggunakan sinyal gelombang otak manusia. Sinyal gelombang otak memiliki tipikal dan

karakteristik individu yang berbeda-beda, gelombang otak tidak bisa ditiru atau dibaca sehingga tidak mungkin memiliki kesamaan. Gelombang otak adalah pola aktivitas listrik yang dihasilkan oleh neuron-neuron dalam otak manusia. Pola ini dapat diukur menggunakan perangkat elektroensefalogram (EEG) dan menggambarkan keadaan mental dan emosional seseorang, seperti tingkat konsentrasi, relaksasi, atau bahkan keadaan emosi tertentu. Sinyal EEG yang dihasilkan oleh otak manusia dapat dijadikan sebagai input untuk mengendalikan gerakan robot pada berbagai platform. Ini melibatkan hubungan aktivitas otak manusia dengan gerakan fisik yang diinginkan pada berbagai jenis robot seperti robot beroda atau robot humanoid. Dalam konteks ini, teknik pengolahan sinyal dan pembelajaran mesin digunakan untuk mengklasifikasikan pola gelombang otak dalam kategori yang dapat diinterpretasikan oleh sistem. Ini melibatkan identifikasi pola-pola tertentu dalam sinyal EEG yang mengindikasikan niat atau perintah tertentu dari individu. Algoritma k-nearest neighbor digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kemiripan atribut. Dalam konteks ini, k-nearest neighbor digunakan untuk mengklasifikasikan sinyal EEG ke dalam kategori-kategori yang sesuai dengan tujuan kontrol robot. Dimana setiap kelompoknya dapat mewakili dari perintah seperti bergerak maju, berhenti, atau putar ke kanan. Dengan memadukan pembacaan EEG pada gelombang otak dan berbagai jenis gerakan robot dapat menciptakan antarmuka otak-robot yang inovatif. Tujuannya adalah untuk membuka potensi baru dalam control robotic dengan memanfaatkan gelombang otak manusia sebagai input kontrol. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah Membangun sistem klasifikasi K-Nearest Neighbor yang bertujuan untuk menggerakkan robot dan Menganalisa kinerja pembelajaran robot dalam menunjukkan pengendalian gerakan berdasarkan gelombang. Dalam penelitian ini dibuat sistem yang hanya fokus pada perancangan sistem. Sehingga pada penelitian ini diberikan beberapa batasan yaitu Pengujian hanya dibatasi pada robot humanoid dan Gerakan robot hanya pada gerakan upper limb dengan tingkat dof.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gelombang Otak

Ada lima gelombang otak utama yang dibedakan berdasarkan rentang frekuensinya yang berbeda. Rentang frekuensi ini, dari yang rendah hingga tinggi, berturut-turut disebut sebagai alpha, theta, beta, delta, dan gamma.

- Gelombang Delta, yang frekuensinya berkisar antara 0,5 hingga 4 Hz, umumnya dikaitkan dengan tidur dalam dan bisa juga terjadi saat seseorang terjaga.
- Gelombang Theta, yang frekuensinya berkisar antara 4 hingga 7,5 Hz, Gelombang Theta dihubungkan dengan akses ke pikiran bawah sadar, inspirasi kreatif, dan meditasi yang dalam.
- Gelombang Alpha, yang frekuensinya berkisar antara 8 hingga 13 Hz, Gelombang Alpha sering dianggap menandakan kesadaran yang santai tanpa perhatian atau konsentrasi yang aktif.
- Gelombang Beta, yang frekuensinya berkisar antara 14 hingga 26 Hz, Gelombang Beta adalah ritme bangun otak yang umum, terkait dengan pemikiran aktif, perhatian yang fokus pada dunia luar, atau

penyelesaian masalah konkrit, dan biasa ditemukan pada orang dewasa normal.

- Gelombang Gamma, yang frekuensinya berkisar antara 30 hingga 45 Hz,

B. Degree Of Freedom

Derajat kebebasan mengacu pada jumlah parameter yang mengontrol kondisi fisik sebuah sistem. Hal ini sering digunakan untuk menggambarkan kemampuan gerak robot dalam ruang tiga dimensi, termasuk gerakan ke depan dan ke belakang, naik dan turun, serta ke kiri dan ke kanan. Jumlah derajat kebebasan ini penting dalam menentukan konfigurasi robot. Setiap sendi atau sumbu dalam konstruksi robot berkontribusi pada derajat kebebasan (DOF) yang dimilikinya. Setiap DOF ini bisa berupa gerakan geser, rotasi, atau dioperasikan oleh berbagai jenis aktuator lain.

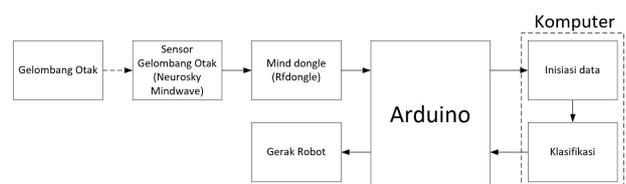
C. K-Nearest Neighbors

Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa k-nearest neighbors (K-NN) adalah salah satu algoritma machine learning untuk melakukan klasifikasi terhadap objek baru berdasarkan sejumlah k tetangga terdekatnya. Tujuan penggunaan K-NN adalah untuk memprediksi objek, apakah objek tersebut masuk dalam satu golongan tertentu atau golongan yang lain. Pada KNN data akan dinyatakan dalam ruang vektor. Sesuai dengan namanya "nearest neighbor" K-NN menggunakan klasifikasi berdasarkan "kedekatan" dengan tetangga. Contoh mudahnya seperti ini, jika saya berada di lingkungan yang sekitarnya adalah orang-orang kaya maka saya adalah orang kaya. Jika Eko berada di kampus maka Eko adalah mahasiswa.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Secara Umum

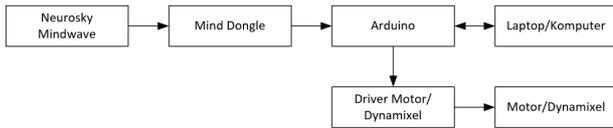
Secara umum sistem bekerja dengan cara ketika gelombang otak dibaca dengan sensor gelombang otak, sensor mengirim data gelombang otak secara wireless ke mind dongle. Dari mind dongle data diteruskan ke mikrokontroler yang data tersebut akan dikirim ke komputer atau laptop. Ketika di computer atau laptop data yang sudah terkumpul akan dilakukan pengelompokkan menjadi 5 kelompok sesuai dengan arah gerak yaitu ke depan, ke belakang, ke kanan, ke kiri, dan diam. Setelah dilakukan pengelompokkan data, data gelombang otak yang diterima sensor akan diklasifikasi ke dalam kelompok gerak yang sudah ditentukan sehingga hasil klasifikasi itu akan menjadi gerak pada robot.



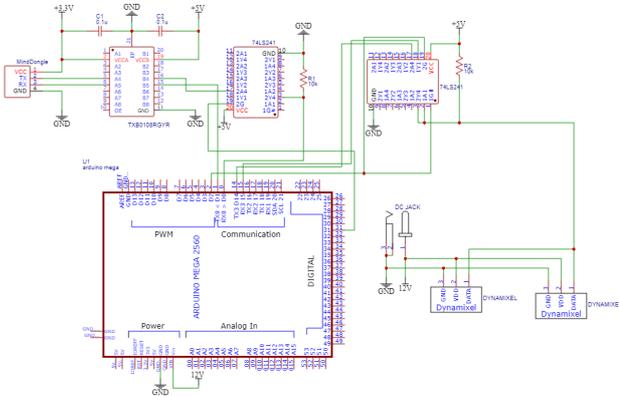
Gambar 1. Blok diagram rancangan umum

B. Perancangan Perangkat Keras

Secara garis besar, perangkat keras sistem terdiri dari 6 bagian utama, yaitu Neurosky Mindwave, mind dongle, Arduino, laptop/komputer, driver dynamixel, dan dynamixel.



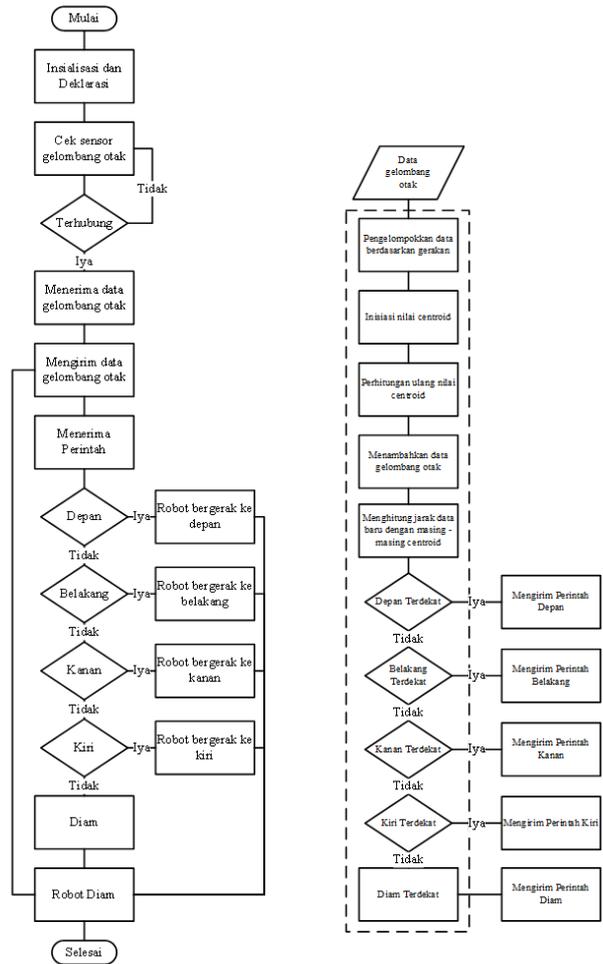
Gambar 2. Blok diagram Perangkat keras



Gambar 3. Rangkaian elektronika penerima isyarat perintah robot humanoid

C. Perancangan Perangkat Lunak

Sistem perangkat lunak dimulai dengan melakukan inialisasi dan deklarasi variabel yang diperlukan. Setelah itu, system akan mengecek sensor mindwave sudah terhubung atau belum terhubung. Jika sudah terhubung maka akan menerima data gelombang otak dari sensor, namun jika belum terhubung sensor akan mencoba untuk menghubungkan ulang sampai sensor dapat terhubung dengan arduino. Data yang diterima oleh sensor akan langsung dikirim ke arduino dan Arduino akan meneruskannya ke komputer untuk diproses dimana program akan melakukan pengelompokkan data berdasarkan jenis gerakan yaitu ke depan, ke belakang, ke kanan, ke kiri, dan diam. Setelah melakukan pengelompokkan data program akan menentukan centroid untuk masing-masing gerakan dan centroid akan melakukan perhitungan ulang hingga mendapatkan nilai eror terendah. Data yang dikirim dari arduino akan dianggap sebagai data baru dimana data baru tersebut akan dimasukkan ke dalam salah satu kelompokkan gerak berdasarkan perhitungan dari jarak terdekat dengan centroid. Jika nilai centroid terdekatnya adalah ke depan maka komputer akan mengirim perintah depan ke arduino, begitu pula juga dengan gerakan lainnya. Ketika arduino menerima perintah gerakan, arduino akan mulai menggerakkan robot sesuai dan perintah yang diterima dari komputer. Setelah robot bergerak robot akan kembali ke posisi semula atau posisi diam dan Arduino akan mengirim kembali data gelombang otak ke computer untuk di olah lagi. Sistem akan berlangsung secara terus menerus hingga sistem di non aktifkan.



Gambar 4. Blok diagram Perangkat lunak

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Hasil Pengujian Waktu Proses Klasifikasi

Pada pengujian ini, subjek akan memikirkan arah gerak robot untuk menggerakkan robot ke satu arah. Keberhasilan pergerakan robot dihitung bila pergerakan robot dapat menggerakkan lengannya ketika subjek memikirkan untuk menggerakkan lengan robot. Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan 6 orang untuk melakukan satu gerakan berulang yang terdiri dari angkat tangan kedepan, kebelakang, ke kanan, dan ke kiri.

Dari pengujian waktu proses klasifikasi gerakan ke depan, setiap peserta dapat mengendalikan robot sebanyak 5 kali dengan rata-ata untuk periodenya yaitu T1 selama 00:00:43, T2 selama 00:00:36, T3 selama 00:00:28, T4 selama 00:00:22, dan T5 selama 00:01:51. Adapun rata-rata waktu yang didapatkan setiap subjek yaitu n1 selama 00:01:00, n2 selama 00:01:08, n3 selama 00:00:09, n4 selama 00:01:06, n5 selama 00:00:08, dan n6 selama 00:00:21. Dari rata-rata waktu yang diperlukan untuk menggerakkan robot pada setiap subjek pengguna, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan robot selama 00:00:48. Dalam penelitian sebelumnya didapatkan waktu rata-rata selama 00:01:33 sehingga membuat penelitian ini lebih cepat 45 detik dari penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Hasil Pengujian Waktu Gerakan Kedeapan

Periode (T)	Subjek (n)						Rata-Rata Periode
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	
T1	00:02:08	00:00:07	00:00:10	00:01:30	00:00:09	00:00:14	00:00:43
T2	00:00:49	00:00:45	00:00:11	00:00:57	00:00:08	00:00:46	00:00:36
T3	00:00:26	00:01:08	00:00:09	00:00:41	00:00:09	00:00:19	00:00:28
T4	00:00:50	00:00:27	00:00:08	00:00:32	00:00:08	00:00:08	00:00:22
T5	00:00:46	00:00:23	00:00:09	00:01:51	00:00:07	00:00:18	00:01:51
Rata-Rata Pengguna	00:01:00	00:01:08	00:00:09	00:01:06	00:00:08	00:00:21	00:00:48

Dari pengujian waktu proses klasifikasi gerakan ke belakang, setiap peserta dapat mengendalikan robot sebanyak 5 kali dengan rata-ata untuk periodenya yaitu T1 selama 00:00:41, T2 selama 00:00:44, T3 selama 00:00:15, T4 selama 00:00:15, dan T5 selama 00:00:17. Adapun ratarata waktu yang didapatkan setiap subjek yaitu n1 selama 00:00:32, n2 selama 00:00:16, n3 selama 00:00:25, n4 selama 00:00:16, n5 selama 00:00:21, dan n6 selama 00:00:47. Dari rata-rata waktu yang diperlukan untuk menggerakkan robot pada setiap subjek pengguna, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan robot selama 00:00:26. Dalam penelitian sebelumnya didapatkan waktu rata-rata selama 00:01:39 sehingga membuat penelitian ini lebih cepat 1 menit 13 detik dari penelitian sebelumnya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Waktu Gerakan Kebelakang

Periode (T)	Subjek (n)						Rata-Rata Periode
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	
T1	00:00:19	00:00:32	00:00:55	00:00:19	00:00:13	00:01:49	00:00:41
T2	00:01:35	00:00:26	00:00:13	00:00:40	00:00:31	00:00:59	00:00:44
T3	00:00:07	00:00:07	00:00:31	00:00:07	00:00:10	00:00:31	00:00:15
T4	00:00:25	00:00:07	00:00:10	00:00:09	00:00:31	00:00:09	00:00:15
T5	00:00:17	00:00:09	00:00:19	00:00:07	00:00:23	00:00:28	00:00:17
Rata-Rata Pengguna	00:00:32	00:00:16	00:00:25	00:00:16	00:00:21	00:00:47	00:00:26

Dari pengujian waktu proses klasifikasi gerakan ke kanan, setiap peserta dapat mengendalikan robot sebanyak 5 kali dengan rata-ata untuk periodenya yaitu T1 selama 00:00:37, T2 selama 00:00:29, T3 selama 00:01:19, T4 selama 00:00:37, dan T5 selama 00:00:39. Adapun rata-rata waktu yang didapatkan setiap subjek yaitu n1 selama 00:00:11, n2 selama 00:00:45, n3 selama 00:01:20, n4 selama 00:00:14, n5 selama 00:00:29, dan n6 selama 00:01:09. Dari rata-rata waktu yang diperlukan untuk menggerakkan robot pada setiap subjek pengguna, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan robot selama 00:00:44. Dalam penelitian sebelumnya didapatkan waktu rata-rata selama 00:01:56 sehingga membuat penelitian ini lebih cepat 1 menit 12 detik dari penelitian sebelumnya.

Tabel 3. Hasil Pengujian Waktu Gerakan ke Kanan

Periode (T)	Subjek (n)						Rata-Rata Periode
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	
T1	00:00:08	00:01:19	00:00:56	00:00:10	00:00:18	00:00:54	00:00:37
T2	00:00:09	00:00:18	00:00:26	00:00:18	00:00:08	00:01:37	00:00:29
T3	00:00:18	00:01:14	00:01:34	00:00:22	00:01:42	00:02:44	00:01:19
T4	00:00:10	00:00:46	00:02:03	00:00:12	00:00:10	00:00:22	00:00:37
T5	00:00:10	00:00:09	00:01:45	00:00:08	00:01:36	00:00:07	00:00:39
Rata-Rata Pengguna	00:00:11	00:00:45	00:01:20	00:00:14	00:00:29	00:01:09	00:00:44

Dari pengujian waktu proses klasifikasi gerakan ke kiri, setiap peserta dapat mengendalikan robot sebanyak 5 kali dengan rata-ata untuk periodenya yaitu T1 selama 00:00:50, T2 selama 00:00:48, T3 selama 00:00:55, T4 selama 00:00:43, dan T5 selama 00:00:22. Adapun rata-rata waktu yang didapatkan setiap subjek yaitu n1 selama 00:01:16, n2 selama 00:00:14, n3 selama 00:00:57, n4 selama 00:00:30, n5 selama 00:00:27, dan n6 selama 00:00:56. Dari rata-rata waktu yang diperlukan untuk menggerakkan robot pada setiap subjek pengguna, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan robot selama 00:00:43. Dalam penelitian sebelumnya didapatkan waktu rata-rata selama

00:01:40 sehingga membuat penelitian ini lebih cepat 57 detik dari penelitian sebelumnya.

Tabel 4. Hasil Pengujian Waktu Gerakan ke Kiri

Periode (T)	Subjek (n)						Rata-Rata Periode
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	
T1	00:02:33	00:00:09	00:00:54	00:00:20	00:00:25	00:00:41	00:00:50
T2	00:02:27	00:00:07	00:00:18	00:00:56	00:00:52	00:00:07	00:00:48
T3	00:00:56	00:00:18	00:01:07	00:00:33	00:00:30	00:02:08	00:00:55
T4	00:00:17	00:00:27	00:02:09	00:00:10	00:00:07	00:01:07	00:00:43
T5	00:00:11	00:00:12	00:00:18	00:00:32	00:00:24	00:00:37	00:00:22
Rata-Rata Pengguna	00:01:16	00:00:14	00:00:57	00:00:30	00:00:27	00:00:56	00:00:43

B. Hasil Pengujian Ketepatan Klasifikasi

Pada pengujian ini, subjek memikirkan arah gerak robot untuk menggerakkan empat arah yang berbeda secara berulang sebanyak 20 kali. Keberhasilan penggerakkan pada robot dihitung bila robot bergerak ke arah yang dipikirkan oleh subjek. Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan 6 orang untuk melakukan enoat gerakan berbeda terdiri dari angkat tangan ke depan, ke belakang, ke kanan, dan ke kiri. Untuk akurasi yang didapatkan yaitu n1 sebesar 80, n2 sebesar 65, n3 sebesar 70, n4 sebesar 60, n5 sebesar 60, dan n6 sebesar 65 sehingga jika dirata-ratakan mendapatkan rata-rata sebesar 66,66. Dimana pada penelitian sebelumnya didapatkan persentase sebesar 44.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal dimana Pada pengendalian robot ke depan didapatkan Waktu rata-rata untuk bergerak selama 00:00:48, ke belakang didapatkan waktu rata-rata untuk bergerak selama 00:00:26, ke kanan didapatkan waktu rata-rata untuk bergerak selama 00:00:44, dan ke kiri didapatkan Waktu rata-rata untuk bergerak selama 00:00:43. Pada pengendalian robot pengukuran ketepatan klasifikasi dari 6 subjek uji coba didapatkan rata-rata akurasi sebesar 66,66. Dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat bahwa dengan menambahkan metode k-nearest neighbor dapat mempercepat proses pengendalian robot dengan gelombang otak dan meningkatkan akurasi. Dengan selisih waktu pada gerakan ke depan sebesar 45 detik lebih cepat, gerakan ke belakang sebesar 1 menit 13 detik lebih cepat, gerakan ke kanan 1 menit 12 detik lebih cepat, dan gerakan ke kiri sebesar 57 detik lebih cepat dengan tingkat akurasi 26,66 lebih akurat.

REFERENSI

- [1] Abriyansyah, Muh (2022). Kendali Robot Humanoid Dengan Gelombang Otak Manusia. Makassar : Unhas.
- [2] B. Prihambodo, A. W. F Y, E. Prayoga dan A. Jaffar (2023). Klasifikasi Kualitas Air Sungai Berbasis Teknik Data Mining Dengan Metode KNearest Neighbor (K-NN). MITOR: Jurnal Teknik Elektro, vol. 23.
- [3] C. Muhammad, R. Maulana dan M. H. H. Ihsan (2020). Purwarupa Perahu untuk Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Air Bendungan dengan Metode K-Nearest Neighbor (KNN). Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 4.
- [4] Chrystinne Fernandes, C. L. (2017). Smart depth of anesthesia monitoring with EEG sensors and agent-based technology. IEEE Smart-World, Ubiquitous Intelligence and Computing, Advanced and Trusted Computed, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (Smart World/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI). San Fransisco, USA.
- [5] Dhingra, Hema (2023). I.C.S.E. Robotics and Artificial Intelligence. New Delhi : Goyal Brothers Prakashan.
- [6] H. Said, N. Matondang dan H. N. Irmanda (2022). Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor Untuk Memprediksi Kualitas Air Yang Dapat Dikonsumsi. Techno.COM, vol. 2, pp. 256-267.

- [7] I. Handayani (2019). Application of K-Nearest Neighbor Algorithm on Classification of Disk Hernia and Spondylolisthesis in Vertebral Column. *Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1 J. B. Chandra and D. Nasien (2023). Application Of Machine Learning K-Nearest Neighbour Algorithm To Predict Diabetes. *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, vol. II.
- [8] K. Permana, S. K. (2019). Controlled wheelchair based on braincomputer interface using NeuroskyMindwave Mobile 2. *AIP Conference Proceedings* 2168.
- [9] NeuroSky (2015). *MindWave Mobile : User Guide*. San Jose : NeuroSky Inc.
- [10] Niku, Saeed B. (2011). *Introduction to Robotics : Analysis, Control, Applications* 2nd Edition. New Jersey : Wiley.
- [11] P. Putra, A. M. H. Pardede dan S. Syahputra (2022). Analisis Metode K-Nearest Neighbour (Knn) Dalam Klasifikasi Data Iris Bunga. *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTik)*, vol. 6.
- [12] Primartha, Rifkie (2018). *Belajar Machine Learning Teori dan Praktik*. Bandung : Informatika
- [13] Purnama, Bedy (2019). *Pengantar Machine Learning Konsep dan Praktikum dengan Contoh Latihan Berbasis R dan Python*. Bandung : Informatika
- [14] S. M. Prisca, B. Hidayat dan S. Darana (2018). Klasifikasi Untuk Deteksi Kualitas Keju Cheddar Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode Content Based Image Retrieval Dan K-Nearest Neighbor Berbasis Android. *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5
- [14] Senai, Saeid dan Chambers, J. A. (2013). *EEG Signal Processing*. New Jersey : Wiley