

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori penunjang dan teori terkait yang relevan dengan penelitian, serta penerapan algoritma K-Means sebagai metode pengelompokan data. Untuk memperkuat landasan penelitian, maka digunakan beberapa referensi terkait tentang penggunaan sensor.

2.1 TEORI PENUNJANG

Teori penunjang menjelaskan tentang teori-teori yang mendasari permasalahan dan penyelesaian penelitian, baik perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk perancangan penelitian ini.

2.2 Stroke dan Bahasa Isyarat

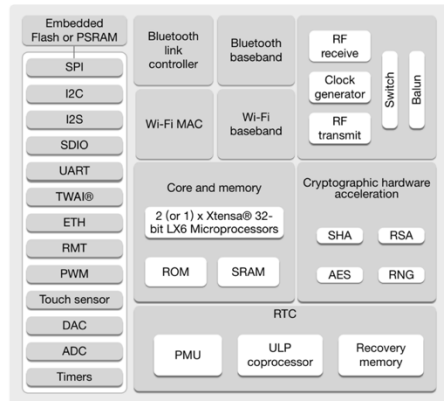
Menurut WHO, stroke terjadi ketika aliran darah ke otak terhenti, biasanya akibat pecahnya atau tersumbat pembuluh darah, yang mengurangi pasokan oksigen dan nutrisi ke otak (Utama & Nainggolan, 2022). Stroke menyebabkan gangguan fisik atau disabilitas, dengan gejala seperti kelumpuhan, gangguan bicara, perubahan kesadaran, dan gangguan penglihatan. Di Indonesia, stroke semakin meningkat dan menjadi beban negara. Stroke juga merupakan penyebab kematian kedua dan disabilitas ketiga di dunia.

Bahasa isyarat adalah bahasa non-verbal yang mengandalkan komunikasi manual, bahasa tubuh, dan gerakan bibir. Bahasa ini digunakan oleh penyandang tunawicara dan tunarungu (Olvia, Damajanti, & Muljosumarto, 2018). Pengguna bahasa isyarat biasanya menggabungkan gerakan tangan, lengan, tubuh, serta ekspresi wajah untuk mengungkapkan pikiran.

2.2.1 Mikrokontroler ESP-32

ESP32 adalah salah satu seri chip dengan dua CPU yang menggunakan arsitektur Harvard Xtensa LX6 (“ESP32 Technical Reference,” 2024). Seperti ditampilkan pada Gambar 2.1, chip ini berbagai fitur, termasuk Wi-Fi, Bluetooth, prosesor dual core,

memori yang cukup besar, dan fitur-fitur lainnya yang memungkinkannya digunakan dalam berbagai aplikasi IoT.



Gambar 2.1 Arsitektur ESP32

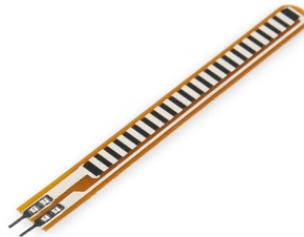
Selain itu, ESP32 mendapat dukungan luas dari komunitas pengembang yang aktif, yang berkontribusi pada berbagai pustaka perangkat lunak dan proyek *open-source*. Hal ini menjadikannya populer dalam pengembangan aplikasi IoT.

2.2.2 Flex Sensor dan Analog Digital Converter

Flex sensor adalah jenis *flex sensor* yang dapat mendeteksi perubahan atau tekukan dalam bentuk mekanis (Mamun, Polash, & Alamgir, 2017). Sensor ini terdiri dari substrat fleksibel yang dilengkapi dengan strip resistif yang berubah resistansi nya saat ditekuk tampak pada Gambar 2.2. Perubahan resistansi ini dapat digunakan untuk mengukur atau memantau besaran fisik seperti sudut tekukan, perubahan panjang, atau gaya tekan pada benda yang terpasang sensor. Ketika sensor ditekuk, strip resistif mengalami perubahan resistansi akibat perubahan panjang atau perubahan luas penampang nya. Perubahan resistansi ini dapat diukur dengan menggunakan metode pengukuran tegangan atau arus yang melalui sensor.

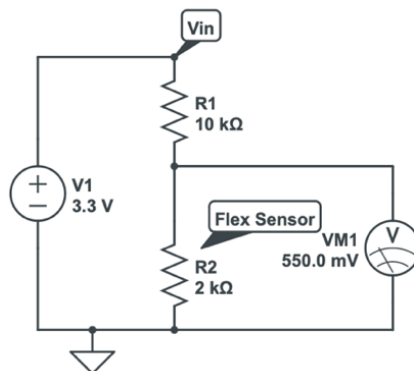
Analog to Digital Converter (ADC) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi bentuk digital. ADC sering digunakan dalam berbagai aplikasi,

termasuk sistem pengukuran, komunikasi, kontrol, pemrosesan maupun biomedical (Arafa, Ellaithy, Zekry, Abouelatta, & Shawkey, 2023). ADC bekerja dengan mengambil sinyal analog sebagai input, yang dapat berupa tegangan atau arus, dan mengkonversinya menjadi representasi digital dengan menggunakan teknik pengukuran atau sampling.



Gambar 2.2 Tampak fisik *flex sensor*

Pada tahap pengambilan sampel nilai tegangan yang diambil diubah menjadi representasi digital diskrit dengan menggunakan skala nilai tertentu (misalnya, bilangan biner) yang sesuai dengan resolusi ADC.



Gambar 2.3 Simulasi *flex sensor*

Pada Gambar 2.3, *flex sensor* diatur dalam rangkaian *voltage divider* untuk menghasilkan perbedaan potensial, nilai resistor yang digunakan adalah 10K, dengan asumsi nilai Flex Sensor saat disimulasikan memiliki tahanan 2K. Seperti yang

diketahui sebelumnya, *flex sensor* memiliki nilai tahanan jika berubah bentuk. Untuk mengukur perbedaan potensial tersebut, akan digunakan ADC dengan resolusi 12 bit, yang memiliki rentang nilai sebesar 4095. Berdasarkan informasi tersebut, dapat dilakukan perhitungan nilai ADC dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Nilai ADC} = \left(\frac{\text{Beda Potensial}}{\text{Tegangan Referensi}} \right) \times (2^{\text{ADC BIT}} - 1) \quad (1)$$

Dalam hal ini, berdasarkan Gambar 2.3 nilai analog yang akan diterima oleh ESP32 adalah senilai 550,0 mV atau sekitar 0,55V. Jika ESP32 di set menggunakan resolusi 12 bit, maka perhitungannya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Nilai ADC} &= \left(\frac{550\text{mV}}{3.3\text{V}} \right) \times (2^{12} - 1) \\ \text{Nilai ADC} &= \left(\frac{0.55\text{V}}{3.3\text{V}} \right) \times 4095 \\ \text{Nilai ADC} &= 682 \end{aligned} \quad (2)$$

Dari hasil hitungan diatas, didapatkan nilai digital dari 550mV adalah 682, nilai tersebut kemudian dikirim ke server lokal untuk di proses lebih lanjut.

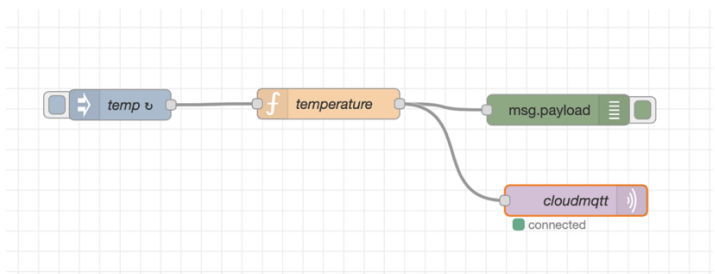
2.2.3 PostgreSQL

PostgreSQL adalah sistem manajemen basis data relasional objek (*Object-Relational Database Management System* atau ORDBMS) yang bersifat *open-source* dan dirancang untuk menangani beban kerja data yang kompleks. Berbeda dengan sistem basis data tradisional, PostgreSQL menerapkan arsitektur *Multi-Version Concurrency Control (MVCC)* yang memungkinkan konsistensi data tinggi tanpa mengorbankan performa dalam lingkungan dengan konkurensi tinggi. Menurut Salunke dan Ouda (2024), penerapan MVCC pada PostgreSQL terbukti unggul dibandingkan MySQL dalam operasi *read-heavy*, di mana mekanisme ini memungkinkan proses pembacaan data dilakukan tanpa memblokir proses penulisan, sehingga meminimalkan latensi pada sistem berskala besar.

2.2.4 Node RED

Node-RED adalah sebuah alat pengembangan visual yang digunakan untuk membangun alur kerja (*workflow*) atau aplikasi

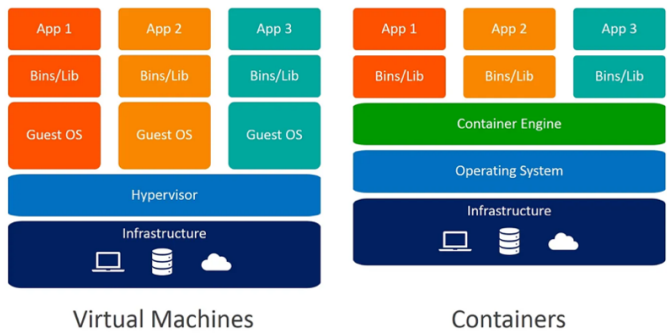
berbasis aliran data (*flow-based programming*). Dikembangkan oleh IBM Emerging Technology, Node-RED menyediakan antarmuka pengguna berbasis web yang intuitif untuk membuat dan menghubungkan berbagai aliran data atau komponen-komponen berdasarkan aliran visual (“Documentation Node-RED,” 2024).



Gambar 2.4 Node RED data flow

Node-RED menggunakan konsep aliran data yang diwakili oleh node-node yang saling terhubung tampak pada Gambar 2.4. Setiap node mewakili tugas atau fungsi tertentu, seperti mengolah data, mengambil data dari sumber eksternal, melakukan operasi logika, atau mengirim data ke tujuan tertentu. Node-RED memiliki berbagai macam node bawaan yang mencakup fungsionalitas umum, seperti pengolahan teks, manipulasi data.

2.2.5 Docker



Gambar 2.5 Perbandingan VM dan kontainer

Docker adalah sebuah platform perangkat lunak yang digunakan untuk mengemas, menjalankan, dan mendistribusikan aplikasi dalam lingkungan yang terisolasi yang disebut sebagai "kontainer" (Hitimana, Bajpai, Musabe, Sibomana, & Jayavel, 2022). Kontainer memungkinkan pengembang untuk mengintegrasikan aplikasi beserta seluruh dependensi nya, seperti sistem operasi, library, dan file konfigurasi, ke dalam satu unit yang dapat dijalankan secara konsisten di berbagai infrastruktur. Perbedaan mendasar antara struktur arsitektur Virtual Machine (VM) dan Docker Container diilustrasikan pada Gambar 2.5.

Salah satu keunggulan utama Docker adalah fleksibilitas lokasi. Dengan menggunakan Docker, aplikasi yang dikemas dalam kontainer dapat dijalankan dengan konsisten di berbagai sistem operasi dan lingkungan yang mendukung Docker. Hal ini memungkinkan pengembang untuk menghindari masalah kompatibilitas dan menyederhanakan proses penyebaran aplikasi.

2.2.6 Protokol MQTT

MQTT adalah sebuah protokol komunikasi standar OASIS yang digunakan untuk Internet of Things (IoT) ("The Standard for IoT Messaging," 2024). Protokol ini dirancang secara ringan dengan tujuan menghubungkan perangkat-perangkat jarak jauh menggunakan kode yang minim dan penggunaan bandwidth yang rendah. MQTT digunakan secara luas di berbagai industri seperti otomotif, manufaktur, telekomunikasi, minyak dan gas, dan lainnya.

Pada protokol MQTT, terdapat tiga komponen utama: *publisher*, *subscriber*, dan broker. *Publisher* adalah perangkat atau aplikasi yang mengirimkan pesan ke broker. *Subscriber* adalah perangkat atau aplikasi yang berlangganan (*subscribe*) pada topik tertentu di broker untuk menerima pesan yang diterbitkan. Sedangkan broker adalah server pusat yang bertindak sebagai perantara antara *publisher* dan *subscriber*, bertugas menerima, menyimpan, dan mengirimkan pesan sesuai dengan aturan yang ditentukan.

2.2.7 K-Means

K-Means adalah algoritma yang digunakan untuk mengelompokkan data menjadi beberapa kelompok yang saling berdekatan berdasarkan pada jarak antara data tersebut. Algoritma ini berjalan dengan mengi terasi dua tahap utama, yaitu assignment dan update. Pada tahap assignment, setiap data akan diberikan label kelompok berdasarkan jarak terdekat ke pusat kelompok terdekat. Pada tahap update, pusat kelompok akan dihitung ulang berdasarkan rata-rata posisi data yang termasuk dalam kelompok tersebut.

K-Means memiliki keuntungan sebagai algoritma clustering yang relatif cepat dan mudah diimplementasikan dan cepat (Gadal et al., 2022). Namun, algoritma ini memiliki kelemahan dalam menangani data dengan bentuk yang tidak beraturan atau memiliki varian yang besar di antara kelompoknya. Selain itu, karena algoritma ini hanya mencari jarak terdekat ke pusat kelompok terdekat, terkadang hasil clustering yang dihasilkan tidak optimal dan bergantung pada inisialisasi awal pusat kelompok.

2.2.8 Grafana

Grafana adalah platform open-source berbasis web yang dirancang untuk visualisasi data secara interaktif. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk melakukan *query*, *visualisasi*, dan peringatan (*alerting*) pada data metrik dari berbagai sumber penyimpanan yang berbeda. Menurut Salibindla (2024), Grafana berfungsi sebagai lapisan antarmuka (*interface layer*) yang menyatukan data *time series* menjadi *dashboard* yang dapat dikustomisasi, memudahkan pemantauan kinerja sistem secara aktual. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuan interoperabilitas yang tinggi, di mana Grafana tidak menyimpan data itu sendiri, melainkan menarik data secara dinamis dari *backend* seperti PostgreSQL, Prometheus, atau Influx DB.

2.3 PENELITIAN TERKAIT

Dari beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai penelitian serupa, terdapat beberapa penelitian yang

dapat dijadikan studi Pustaka. Sumber pustaka ini dapat dijadikan perbandingan dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya, dari studi penelitian ini diantaranya:

Penelitian berjudul “*Rancang Bangun Flex Sensor Gloves*” menghasilkan perangkat penerjemah bahasa isyarat menggunakan *flex sensor* pada sarung tangan dan metode K-Nearest Neighbors (K-NN) sebagai pengenalan pola. Perangkat ini dapat menerjemahkan bahasa isyarat SIBI (*Indonesian Sign Language System*) berupa huruf A-N dan angka 1-10. Dalam penelitian ini, perangkat yang dibuat memiliki tingkat keberhasilan sebesar 65,38 persen (Zakaria, Firmansyah, & Prabowo, 2019).

Penelitian berjudul “*Medical Remotely Caring with COVID-19 Virus Infected People Using Optimized Wireless Arm Tracing System*” menghadirkan sistem inovatif untuk melindungi tenaga medis dari infeksi COVID-19 dengan meminimalkan kontak langsung dengan pasien. Sistem ini menggunakan *flex sensor* pada sarung tangan untuk membaca gerakan jari, yang datanya dikirim melalui protokol ZigBee. Dengan penerapan Kalman filter untuk penyaringan data dan algoritma PSO yang mengoptimalkan parameter kontrol PID, sistem mampu mempercepat *rise time* menjadi 1,2 detik dan *settling time* menjadi 1,6 detik, menghasilkan respons yang lebih cepat dan akurat dibandingkan sebelum dilakukan peningkatan. (Therib, Al-baghdadi, & Marzog, 2020).

Penelitian yang berjudul “*E Patient Monitoring System Using Arduino*” merancang sebuah sistem untuk mengumpulkan data kesehatan pasien seperti suhu tubuh, detak jantung, dan kualitas udara sekitar. Data tersebut dikirimkan melalui modul Wi-Fi ESP8266 ke platform *internet of things* Thing Speak untuk diproses dan dianalisis. Jika terjadi perubahan tiba-tiba dalam kondisi kesehatan pasien, sistem akan mengirimkan pemberitahuan SMS kepada keluarga dan dokter yang merawat pasien. (Unawane, Jadhav, & Jagtap, 2021).

Penelitian yang berjudul “*An IoT Based Intelligent Healthcare Solution With ESP32 Using Machine Learning Model*” menghadirkan temuan yang menarik. Penelitian ini mengembangkan solusi kesehatan cerdas berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 dan model pembelajaran

mesin (*machine learning*). Solusi ini dirancang untuk memberikan perawatan kesehatan jarak jauh dan perawatan pasien tanpa kontak langsung, yang sangat dibutuhkan di tengah pandemi COVID-19. Solusi ini dilengkapi dengan sensor suhu, detak jantung, dan SpO2, serta model pembelajaran mesin Light GBM yang mampu memprediksi status kesehatan seseorang dengan akurasi 91,12%. Selain itu, solusi ini juga dilengkapi dengan sistem pengumpulan data secara aktual yang dapat diakses oleh pengguna dan dokter (Orpa, Ahnaf, Ovi, & Rizu, 2022).

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang dirangkum pada Tabel 2.1, pemanfaatan *flex sensor* dan teknologi IoT dalam bidang kesehatan masih didominasi oleh penerapan pada penerjemahan bahasa isyarat umum, pengendalian perangkat, serta pemantauan parameter fisiologis pasien. Penelitian-penelitian tersebut belum secara spesifik mengkaji penggunaan pergerakan jari sebagai media komunikasi pasien stroke di lingkungan rumah sakit. Selain itu, pendekatan yang digunakan umumnya menerapkan ambang batas statis atau model klasifikasi umum tanpa mempertimbangkan perbedaan karakteristik gerakan antar individu pasien. Oleh karena itu, masih terdapat *research gap* dalam pengembangan sistem *Smart Glove* yang mampu melakukan analisis dan pengelompokan data gerakan jari berbasis kluster untuk menentukan parameter deteksi per pasien sebagai alat bantu komunikasi pasien secara aktual.

Tabel 2.1 Tabel penelitian terdahulu

No	Penulis	Metode	Hasil
1	Zakaria, Riza Agung Firmansyah, dan Yulianto Agung Prabowo (2019).	Menggunakan metode machine learning KNN untuk pengenalan pola data pembacaan <i>flex sensor</i> pada sarung tangan penerjemah bahasa isyarat. Mikrokontroler: AT Mega 32, Arduino nano, MP3 DF Player. Sensor: Flex sensor.	Menggunakan metode machine learning KNN untuk pengenalan pola data pembacaan <i>flex sensor</i> pada sarung tangan penerjemah bahasa isyarat, dengan tingkat keberhasilan 65,38%. Media: Panggilan suara.

No	Penulis	Metode	Hasil
2	Therib, Al-Baghdadi, dan Marzog (2020).	Menggunakan Kalman filter untuk memprediksi sudut dari nilai flex sensor yang datanya bercampur dengan noise, PID untuk mengontrol lengan robot, dan komunikasi antar module menggunakan Zig Bee. Mikrokontroler: Arduino uno. Sensor: Flex sensor.	Gerakan tangan dokter yang memakai glove dengan sensor dapat diikuti oleh lengan robot secara nirkabel (wireless) sehingga dokter bisa menangani pasien COVID 19 tanpa kontak langsung. Penggunaan Kalman filter. meningkatkan performa sistem.
3	Unawane, Jadhav, dan Jagtap (2021).	Rancang bangun perangkat monitoring pasien berbasis IoT, sistem membandingkan nilai sensor dengan batas yang telah ditetapkan. Mikrokontroler: Arduino uno, Wi-Fi module untuk mengirimkan data ke cloud, dan GSM module untuk mengirimkan pesan singkat. Sensor: Photo sensor sebagai pembaca detak jantung, air quality sensor, temperature dan humidity sensor.	Sistem berhasil memantau beberapa parameter vital sekaligus seperti suhu, kelembapan, detak jantung, sinyal ECG, dan kualitas udara pasien. Media: LCD 1602, Thing Speak sebagai media visualisasi data, suara alarm, pesan singkat.
4	Orpa, Ahnaf, Ovi, dan Rizu (2022).	Menggunakan model Light GBM dengan dataset yang diambil dari <i>Health Advisor</i> untuk menentukan kelas target sehat, tidak sehat, tekanan darah tinggi/rendah, oksigen rendah, suhu tinggi, detak jantung tinggi. Mikrokontroler: ESP 32. Sensor: DS18B20 sebagai sensor suhu, MAX30100 sebagai denyut jantung.	Mendapatkan hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 dan SpO2 mendekati dengan alat ukur. Media: IoT cloud berbasis web, yang dapat di akses melalui <i>smartphone</i> dan laptop.