



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tunanetra

Tunanetra adalah individu yang mengalami gangguan penglihatan, baik secara total (buta) maupun sebagian (low vision), yang menyebabkan keterbatasan dalam melakukan aktivitas sehari-hari secara mandiri. Menurut WHO (2022), sekitar 2,2 miliar orang di dunia mengalami gangguan penglihatan, dan sebagian di antaranya membutuhkan alat bantu untuk menjalani aktivitas normal. Di Indonesia, tunanetra termasuk dalam kelompok penyandang disabilitas sensorik, yang dilindungi hak-haknya dalam Undang-Undang Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas. Dari sudut pandang medis seseorang dikatakan mengalami tunanetra apabila “memiliki visus dua puluh per dua ratus atau kurang dan memiliki lantang pandangan kurang dari dua puluh derajat. Secara umum, tunanetra adalah kondisi seseorang yang mengalami gangguan atau hambatan pada indra penglihatannya. Tunanetra dibagi menjadi dua kelompok, mereka yang buta tidak dapat melihat (blind), dan mereka yang lemah penglihatan (low vision). Penyandang low vision di Indonesia belum mendapatkan layanan yang diperlukan secara merata. Hal ini berdampak pada tidak maksimalnya kualitas dan partisipasi mereka dalam masyarakat di berbagai aspek kehidupan (Bahri & Harmadi, 2023). Aksesibilitas bagi tunanetra meliputi kemudahan dalam mengakses informasi, mobilitas, serta aktivitas finansial seperti mengenali uang. Keterbatasan dalam penglihatan membuat tunanetra sulit membedakan nominal uang, membaca teks, ataupun bernavigasi di lingkungan umum. Oleh karena itu, dibutuhkan alat bantu yang dirancang secara inklusif, seperti alat deteksi nominal uang kertas Indonesia.



Hak Cipta :

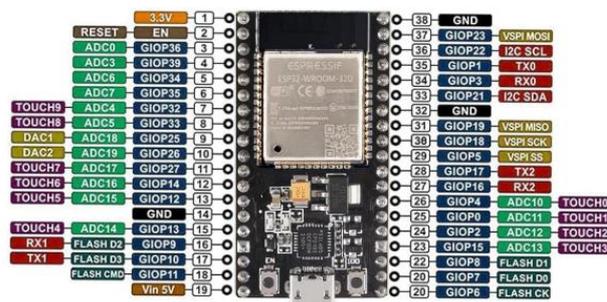
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Mikrokontroler ESP 32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, yang menjadi salah satu perangkat IoT (*Internet of Things*) paling populer berkat kemampuan integrasi komunikasi nirkabel dan performa yang tinggi. ESP32 merupakan pengembangan dari pendahulunya, yaitu ESP8266, dengan peningkatan signifikan dari sisi performa, fitur, dan fleksibilitas penggunaan. Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral.

Chip ini tergolong lengkap karena sudah mencakup prosesor, memori, dan akses ke pin GPIO (General Purpose Input Output). ESP32 juga dapat digunakan sebagai alternatif dari Arduino, dengan keunggulan tersendiri yaitu mampu terhubung langsung ke jaringan WiFi.

Mikrokontroler ini tersedia dalam dua varian, yakni versi dengan 30 GPIO dan versi dengan 36 GPIO. Meskipun keduanya memiliki fungsi yang serupa, versi 30 GPIO lebih dipilih karena menyediakan dua pin GND. Label pada setiap pin tercetak di bagian atas board, sehingga memudahkan identifikasi. Selain itu, board ini dilengkapi dengan antarmuka USB to UART, yang mendukung pemrograman melalui software seperti Arduino IDE. Catu daya untuk board dapat disuplai melalui konektor micro-USB (Nizam et al., 2022)





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada gambar 2.1 merupakan bentuk fisik dari mikrokontroler ESP32, dalam proyek tugas akhir ini ESP32 bertindak sebagai pengendali input dan output pada sistem.

2.3 Arduino IDE

Arduino IDE Arduino Integrated Development Environment adalah sebuah software open-source yang berfungsi untuk menulis kode program, dan mengcompile menjadi kode biner dan mengupload kedalam memori mikrokontroler. Arduino IDE ini mendukung Bahasa pemrograman C dan C++, serta dilengkapi dengan berbagai Pustaka (library) yang memudahkan integrasi sensor, actuator, dan perangkat lainnya. Kode program yang digunakan dalam Arduino IDE disebut sketch atau “source code” dengan ekstensi file .ino. dan ditulis menggunakan editor teks bawaan yang mendukung fitur dasar seperti cut/paste serta search/replace untuk mempermudah penulisan kode (Sokibi & Nugraha, 2020)

Arduino IDE kompatibel dengan beragam tipe board Arduino, sehingga mempermudah pengembangan proyek menggunakan berbagai perangkat keras. Selain itu, dukungan dari komunitas pengguna yang besar memungkinkan pengguna mendapatkan bantuan dalam menyelesaikan berbagai kendala saat mengerjakan proyek



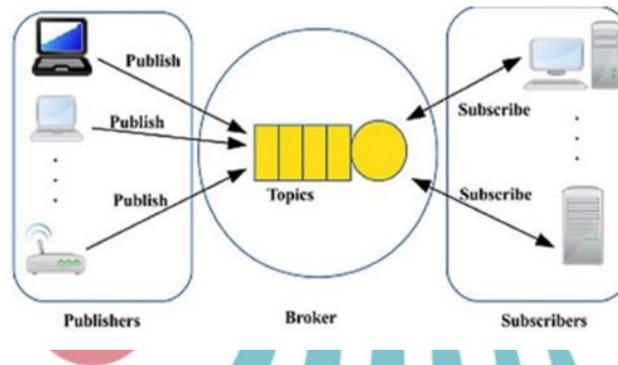
Gambar 2. 2 Arduino IDE

(Sumber: <https://www.arduino.cc/en/software/>)



2.4 MQTT

MQTT merupakan salah satu jenis protokol yang biasa digunakan pada IoT dengan model komunikasi publish subscribe, dan memiliki fitur ringan yang cocok untuk lingkungan terbatas.



Gambar 2. 3 MQTT

(Sumber : : <https://nitin-sharma.medium.com/getting-started-with-mqtt-part-1-a3c365e3a488>)

Pada gambar 2.3 terdapat alur kerja MQTT, dalam model komunikasi publish subscribe terdapat tiga komponen utama yaitu publisher, subscriber, dan message broker. Publisher merupakan perangkat IoT yang secara berkala menerbitkan data sensor. Subscriber merupakan perangkat atau aplikasi yang berlangganan data yang diterbitkan oleh publisher. Message broker merupakan suatu entitas yang bertugas untuk menampung data yang diterbitkan oleh publisher dan mengirimkannya ke subscriber sesuai topik yang diinginkan. Untuk memastikan bahwa data yang diterbitkan oleh publisher benar-benar data yang diinginkan oleh subscriber, pada MQTT terdapat istilah topik. Topik merupakan entitas yang digunakan pada broker untuk menyaring data dari publisher sehingga dapat tepat dikirimkan ke subscriber yang menginginkannya. Klien MQTT merupakan pengguna dari sistem, yang dalam hal ini merupakan publisher dan subscriber. MQTT memiliki tiga level jaminan agar data dapat tersampaikan dari publisher ke subscriber. (Harnanta et al., 2020)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.5 Sensor Proximity

Sensor proximity E18-D80NK adalah sensor jarak yang dilengkapi dengan infrared dan termodulasi. Sensor ini tahan terhadap gangguan cahaya bola lampu maupun cahaya matahari .



Gambar 2. 4 Sensor Proximity

(Sumber : <https://www.allelcoelec.com/blog/A-Complete-Guide-to-theE18-D80NK-Adjustable-IR-Sensor.html>)

Dalam pengembangan Sensor proximity E18-D80NK ditunjukkan pada gambar 2.4 yang memiliki 3 pin, yaitu GND yang berarti ground, VCC yang berarti tegangan positif, Sinyal yang berarti dapat berupa digital maupun analog. Cara kerja dari sensor proximity E18-D80NK ketika emitor mengirimkan sinyal berupa cahaya inframerah mengenai objek, setelah phototransistor menerima sinyal dari objek. Sensor proximity bisa menggunakan keluaran sinyal analog maupun digital. Jika menggunakan pin analog untuk output rangkainan sensor maka akan berlogika —LOW yang berarti terdapat objek, berlogika —HIGH yang berarti tidak ada objek. Dan jika menggunakan pin digital untuk output sensor akan berupa —0 yang berarti terdapat objek, berlogika —1 yang berarti tidak ada objek. Kelebihan dari sensor proximity dapat merasakan kedekatan objek target untuk mencapai pengenalan posisi, penghindaran rintangan, interaksi manusia-komputer, dan fungsi lainnya. (Sotyohadi et al., 2024)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6 Conveyor

Conveyor merupakan peralatan pemindahan dalam industri yang digunakan untuk memindahkan suatu benda dengan jarak yang tetap serta muatan yang tetap. Konveyor terbagi menjadi beberapa jenis, salah satu yang paling umum digunakan adalah konveyor sabuk. Conveyor sabuk terdiri dari beberapa komponen utama diantaranya ialah: belt, pulley, sistem penggerak, dan roller (Sahat et al., 2024)



Gambar 2. 5 Conveyor

(Sumber : https://id.misumiec.com/linked/material/mech/OKU1/PHOTO/221000074039_001.jpg)

Gambar 2.5 merupakan konveyor belt yang digunakan sebagai media pemindahan uang kertas pada sistem pendeteksi nominal uang berbasis YOLOv8 untuk penyandang tunanetra. Conveyor ini berfungsi untuk menggerakkan uang kertas menuju area deteksi secara otomatis. Penggerak utama dari konveyor ini adalah motor DC yang terhubung dengan roller. Roller tersebut berfungsi sebagai penopang dan penggerak sabuk (belt) yang melapisi bagian atas konveyor. Sabuk tersebut memiliki lebar dan panjang yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem.

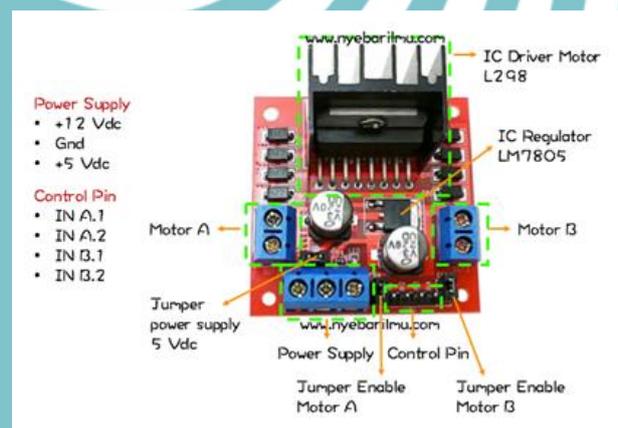
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.7 Driver Motor

Driver motor L298N merupakan modul pengendali motor DC yang paling banyak digunakan dalam dunia elektronika. Modul ini berfungsi untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor DC. IC L298 merupakan tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC, dan motor stepper.

IC ini dilengkapi dengan transistor-transistor logika (TTL) berbasis gerbang NAND, sehingga memudahkan pengaturan arah putaran motor. Di pasaran, modul driver motor L298N sudah tersedia dalam bentuk praktis dengan susunan pin I/O yang rapi, memudahkan penggunaan. Kelebihan utama modul ini adalah presisi kontrol motor, sehingga motor dapat dikendalikan dengan lebih akurat. Untuk detail konfigurasi pin, dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini (Wahid & Suprayitno, 2020)



Gambar 2. 6 Driver L298N

(Sumber : <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-l298n/>)

Motor driver ini bekerja untuk menggerakkan maksimal 2 motor DC terpisah atau bisa digunakan untuk 1 motor stepper bipolar 2 fasa, menggunakan masukan logic-level dari Arduino atau jenis kit mikrokontroler yang lain. Pin-pinnya terdiri dari:

- Out 1, Out 2 : mengatur/menjalankan motor DC A
- Out 3, Out 4 : mengatur/menjalankan motor DC B
- GND : penghubung ground
- 5V : sumber suplai tegangan 5V ke modul

- EnA : mengaktifkan PWM untuk motor DC A
- In1, In2 : mengatur masukan ke motor DC A
- In3, In4 : mengatur masukan ke motor DC B
- EnB : mengaktifkan PWM untuk motor DC B

2.8 Motor DC

Motor DC adalah perangkat elektronik yang mengubah energi listrik arus searah (DC) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Sumber masukan motor DC dapat berupa arus DC yang stabil atau berdenyut, sehingga motor ini juga dikenal sebagai motor arus searah. Untuk beroperasi, motor DC memerlukan suplai tegangan DC yang dihubungkan ke dua terminalnya. Kinerja motor ini diukur dalam satuan putaran per menit (RPM), dengan arah putaran yang dapat disesuaikan berdasarkan polaritas tegangan masukan. Pembalikan arah putaran dilakukan dengan membalik polaritas sumber listriknya. Secara umum, motor DC bekerja pada rentang tegangan 1,5-volt hingga 24 volt, menghasilkan putaran antara 3.000 RPM hingga 8.000 RPM tergantung spesifikasi dan tegangan yang diberikan. Kecepatan putaran motor DC berbanding lurus dengan tegangan masukan; semakin tinggi tegangan, semakin cepat putarannya, dan sebaliknya. Namun, terdapat batasan operasional tegangan, di mana tegangan minimum tidak boleh kurang dari 50% tegangan nominal agar motor dapat berputar. Sementara itu, tegangan maksimum tidak boleh melebihi 30% dari batas yang ditentukan untuk mencegah overheating atau kerusakan motor. Ketika beroperasi tanpa beban, motor DC hanya membutuhkan arus yang sangat kecil. Namun, saat diberi beban (misalnya roda), arus dan daya yang diperlukan akan meningkat secara signifikan, bahkan bisa mencapai beberapa kali lipat dari kondisi tanpa beban (Wahid & Suprayitno, 2020)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 7 Motor DC

(Sumber: <https://robu.in/product/pair-5v-200rpm-microbit-tt-dc-motor-148/>)

Pada Gambar 2.7 merupakan bentuk fisik dari motor dc pada tugas akhir ini. Pada pengoperasionalan motor dc, perlunya suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk mengubahnya menjadi energi mekanik. Kumparan pada medan disebut sebagai stator (bagian diam) dan kumparan jangkar atau sering disebut rotor (bagian berputar). Prinsip kerjanya, medan magnet pada rotor berlawanan dengan medan magnet stator. Dengan stator sebagai bagian yang diam maka yang diperlukan adalah mengubah medan magnet pada rotor untuk menjaga kontinuitas momen putar rotor. Sehingga, arah aliran arus yang mengalir pada rotor diubah arahnya dengan menghubungkan sumber tegangan luar melalui brush dan commutator. Fungsi commutator tersebut agar memastikan posisi medan jangkar dalam keadaan optimal untuk menghasilkan medan putar. Dalam proyek tugas akhir ini motor dc digunakan untuk menggerakkan dua conveyor (conveyor 1 dan conveyor 2) dalam sistem pendeteksi uang kertas untuk tunanetra.

2.9 DF Player Mini

DF Player Mini merupakan modul pemutar file MP3 yang memiliki output sederhana langsung terhubung ke speaker. Di dalam speaker, membran akan bergetar dan menggetarkan udara sehingga menghasilkan gelombang suara yang dapat dideteksi oleh telinga manusia.(Febrian Aziz et al., 2021)

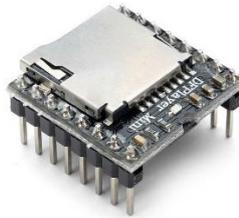
Modul ini bekerja dengan tegangan input antara 3,3V hingga 5V yang dihubungkan ke pin VCC, sedangkan pin GND berfungsi sebagai jalur ground untuk melengkapi rangkaian listrik.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler seperti Arduino, DF Player Mini menggunakan pin RX dan TX. Pin RX menerima perintah dari mikrokontroler, sedangkan pin TX mengirimkan data balik, misalnya status pemutaran audio. Selain itu, modul ini menyediakan dua jenis output audio: output langsung ke speaker melalui pin SPK1 dan SPK2, serta output analog melalui pin DAC_L dan DAC_R yang dapat dihubungkan ke amplifier eksternal untuk meningkatkan kualitas suara.



Gambar 2. 8 DF Player Mini

(Sumber : https://wiki.dfrobot.com/DFPlayer_Mini_SKU_DFR0299)

DF Player Mini juga dilengkapi dengan fitur tambahan seperti pin BUSY yang memberikan informasi status pemutaran audio (HIGH saat aktif dan LOW saat idle), serta pin ADKEY yang memungkinkan pengontrolan dasar seperti play, pause, dan next track tanpa menggunakan mikrokontroler. Dalam proyek akhir ini, speaker digunakan sebagai output audio untuk memutar rekaman yang disimpan di DF Player Mini, sehingga dapat didengar oleh penyandang tunanetra.

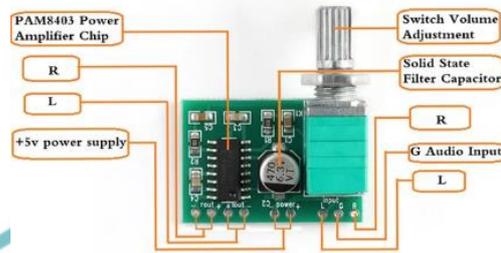
2.10 PAM8403

PAM8403 adalah IC penguat daya audio (audio power amplifier) dengan ukuran board cukup kecil (21 mm x 18 mm x 4 mm), didalamnya sudah terintegrasi penguat audio yang mampu memproduksi suara stereo 2 x 3 W yang cukup untuk didengar melalui hubungan langsung ke loudspeaker 4 atau 8ohm. Bentuk fisik dan bagian-bagian dari PAM8403 audio amplifier, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12. (Rustamaji et al., 2024).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 9 PAM8403

(Sumber : <https://store.ichibot.id/wp-content/uploads/2024/12/142-4.png>)

Dalam Proyek ini PAM8403 berperan sebagai penguat suara dari modul suara DFPlayer Mini, yang menyebutkan nominal uang secara audio agar bisa didengar oleh pengguna tunanetra dengan jelas.

2.11 Speaker

Speaker atau juga dikenal sebagai penguat suara adalah perangkat yang mengubah sinyal elektrik ke frekuensi audio (suara) melalui penggetaran komponen yang berbentuk membran untuk menggetarkan udara sehingga terjadilah gelombang suara yang terdengar sampai di gendang telinga dan dapat didengar sebagai suara. Speaker terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu cone, suspension, magnet permanen, voice coil, dan kerangka speaker. Proses perubahan sinyal listrik menjadi suara terjadi melalui interaksi elektromagnetik antara voice coil dan magnet permanen. Voice coil berfungsi sebagai penggerak, sedangkan magnet permanen tetap statis. Ketika sinyal listrik mengalir melalui voice coil, medan magnet yang dihasilkannya berinteraksi dengan magnet permanen, menciptakan gerakan tarik-tolak yang mengakibatkan cone bergerak maju-mundur. Gerakan inilah yang menghasilkan getaran suara .



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Cone merupakan bagian utama yang berfungsi menggerakkan udara—semakin besar ukurannya, semakin besar pula tekanan udara yang dihasilkan, sehingga meningkatkan volume suara. Suspension berperan dalam mengembalikan cone ke posisi semula setelah bergerak sekaligus menstabilkan voice coil. Karakteristik suspension, seperti kekakuan (rigidity), bahan, dan desain, sangat memengaruhi kualitas suara yang dihasilkan. (Irwan & Kiswantono, 2023)



Gambar 2. 10 Speaker

Sumber : <https://www.amazon.in/3-Watt-Speaker/s?k=3+Watt+Speaker>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

PERENCANAAN DAN REALISASI

3.1 Rancangan Alat

Perancangan sistem pendeteksi nominal uang kertas kedalam wadah penyimpanan uang berbasis YOLOv8 untuk penyandang tunanetra bertujuan untuk membantu penyandang tunanetra dalam mengidentifikasi dan menyortir uang kertas berdasarkan nominalnya secara mandiri. Sistem ini memanfaatkan webcam sebagai perangkat utama untuk menangkap citra uang kertas. Proses identifikasi nilai uang dilakukan menggunakan teknologi pengenalan objek berbasis kecerdasan buatan, yaitu YOLOv8, yang berjalan pada platform Raspberry Pi 4, Sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme conveyor ganda sebagai media sortir serta sistem audio berbasis DF Player Mini untuk memberikan umpan balik suara yang jelas mengenai nominal uang serta jumlah uang yang telah tersimpan di wadah. Untuk pengendalian input dan perangkat output, sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pengontrol utama yang mengatur motor, sensor, serta DF Player Mini.

Lalu Raspberry Pi 4 mengirimkan data hasil deteksi nominal ke ESP32 melalui komunikasi data MQTT, Sistem ini mencakup tujuh bagian utama, yaitu deskripsi alat, desain alat, cara kerja alat, spesifikasi hardware, spesifikasi software, diagram blok, dan flowchart.

3.1.1 Deskripsi Alat

- Nama Alat : Sistem Pendeteksi Nominal Uang Kertas Rupiah Kedalam Wadah Penyimpan Berbasis YOLOv8 Untuk Penyandang Tunanetra.
- Fungsi Alat : Alat ini dirancang untuk membantu Tunanetra dalam mengidentifikasi dan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menyortir uang kertas berdasarkan nominalnya secara mandiri.

Nama Subsystem : Implementasi ESP32 Sebagai Pengendali Input dan Output Pada Sistem Pendeteksi Nominal Uang.

Fungsi Subsystem : Penerapan ESP-32 sebagai unit pengendali utama untuk mengatur dan mengontrol Input dan output berdasarkan hasil deteksi nominal uang dari Raspberry Pi 4.

3.1.2 Cara Kerja Alat

Cara kerja pada Sistem Pendeteksi Nominal uang kertas berdasarkan nominal kedalam wadah penyimpan uang bagi tunanetra, dirancang untuk membaca dan menyortir uang kertas secara otomatis berdasarkan warnanya yang merepresentasikan nominal 1000, 2000, 5000, 10.000, 20.000, 50.000, 100.000. Proses dimulai dengan peletakan uang kertas diawal conveyor 1, dibagian awal conveyor 1 terdapat sensor proximity yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan uang pada sistem. Begitu sensor ini aktif motor DC akan menggerakkan conveyor 1 yang akan membawa uang menuju ke bagian tengah conveyor, yaitu tepat dibawah webcam berada.

Webcam yang terhubung ke raspberry pi 4 menangkap gambar uang, lalu mengirimkannya ke model YOLOv8 yang telah dilatih untuk mengenali nominal uang rupiah. Setelah uang berhasil terdeteksi (misalnya Rp10.000, Rp20.000, atau Rp50.000), Raspberry Pi mengirim data nominal tersebut ke ESP32 melalui protokol MQTT menggunakan topic seperti uang/nominal, ESP32 bertindak sebagai subscriber, yang berlangganan pada topic tersebut dan langsung menerima informasi nominal uang . Setelah nominal

uang dikenali, ESP32 akan menerima informasi dari Raspberry Pi dan langsung mengaktifkan DF Player Mini untuk mengeluarkan suara lewat speaker. Misalnya, jika terdeteksi Rp20.000, maka speaker akan mengucapkan “Dua puluh ribu rupiah”.

Setelah itu, sistem akan mengatur pergerakan conveyor kedua, yang berisi beberapa wadah penyimpanan uang. Setiap wadah sudah disiapkan untuk masing-masing nominal, misalnya satu wadah untuk Rp5.000, wadah lain untuk Rp10.000, dan seterusnya. Conveyor kedua akan bergerak secara otomatis sehingga wadah yang sesuai dengan nominal uang yang terdeteksi akan berada tepat di bawah jalur keluaran conveyor satu. Lalu pada ujung conveyor satu terdapat sensor proximity kedua yang akan mendeteksi keberadaan uang, jika uang sudah melewati sensor proximity kedua maka motor pada conveyor satu akan berhenti dan uang jatuh pada wadah sesuai nominalnya. Conveyor kedua bergerak sesuai dengan pembacaan dari webcam itu sendiri, jadi jika webcam mendeteksi uang 1000 maka motor dari conveyor kedua akan bergerak sesuai pembacaan dari webcam, begitu juga dengan pembacaan nominal uang kertas. yang lain. untuk mengontrol motor DC pada conveyor 1 dan 2 digunakan driver motor L298N yang terhubung ke ESP32. ESP32 mengatur kecepatan dan arah putaran motor sesuai perintah yang diterima dari Raspberry Pi. Untuk mengontrol semua motor (baik conveyor 1 maupun conveyor 2).

3.1.3 Spesifikasi Alat

Berikut Merupakan Spesifikasi dari alat Sistem Pendeteksi Nominal Uang Kedalam Wadah Penyimpan Berbasis yolov8 Untuk penyandang tunanetra yang ditunjukkan oleh table 3.1.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat

Fitur	
a)	Pendeteksi Nominal Uang Otomatis
b)	Interaksi Suara untuk Tunanetra
c)	DF Player dan speaker memberikan umpan balik suara, menyebutkan nilai uang yang terdeteksi.
d)	Dual Mikrokontroler (Raspberry Pi 4 + ESP32)
e)	Raspberry Pi menangani pemrosesan gambar, sementara ESP32 menangani kontrol motor, suara, dan sensor.
f)	Ramah Difabel
g)	Seluruh sistem dirancang untuk dapat digunakan oleh tunanetra tanpa perlu membaca atau melihat layar.
h)	Sistem Modular dan Dapat Dikembangkan
i)	Sistem dapat ditambah untuk deteksi lebih banyak jenis uang, atau fitur baru seperti identifikasi keaslian uang.
Spesifikasi	Keterangan
Ukuran Total Alat	80cm x 60cm
Warna	Putih
Tegangan Operasional	5-12V
Konsumsi Daya	60 Watt
Kapasitas Nominal yang didukung	uang emisi 2016 dan 2022
Akurasi Deteksi	95%

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

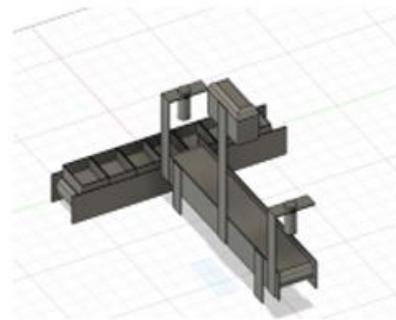
3.1.4 Visualisasi Alat

Berikut adalah representasi visual dari alat yang dirancang, yang terdiri dari tampak depan, samping, atas, dan diagonal:

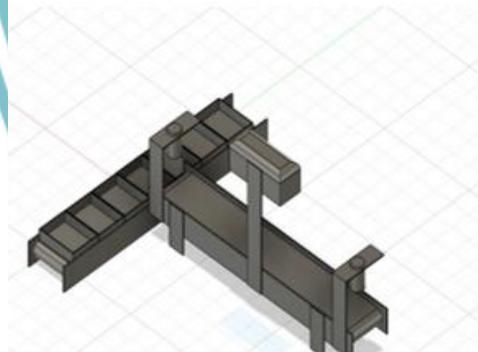
Tampak Depan



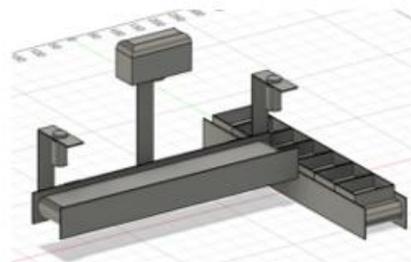
Tampak Samping



Tampak Atas



Tampak Diagonal



Gambar 3. 1 Visualisasi Alat

3.1.5 Spesifikasi Komponen

Berikut merupakan spesifikasi komponen yang digunakan pada alat Sistem pendeteksi nominal uang berbasis yolov8 yang ditunjukkan oleh tabel 3.2

Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
ESP-32	<p><i>Program memory 448kB, Operating Voltage 2.3V-3.6V,</i></p> <p><i>Wi-fi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz up to 150 Mbit/s,</i></p> <p><i>CAN, I2C, I2S, SDIO, SPI, UART, ADC 12-bit,</i></p> <p><i>Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE),</i></p> <p><i>25x digital GPIO, 18x ADC Input channels, 2x DAC, OpenOCD debug interface with 32Kb TRAX buffer, SDIO master/slave 50MHz, supports external SPI flash up to 16 MB, SD-card interface support.</i></p> <p><i>Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz, - RAM 4GB</i></p>	1
Raspberry Pi 4 Model B	<p><i>- OpenGL ES 3.0 graphics</i></p> <p><i>- 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless,</i></p> <p><i>- Bluetooth 5.0 BLE</i></p> <p><i>- Gigabit Ethernet</i></p> <p><i>- 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.</i></p> <p><i>- 40 pin GPIO</i></p> <p><i>- Dual display 2 × micro-HDMI ports.</i></p>	1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
Webcam	<p>HD 1080 Wide Angel, Noise reducing Microphone, auto white Balance, Play & Plug No Set-Up, Power Input 5V, Dimension 100 x 25 x 50mm, Pixels 200W.</p>	1
Sensor Proximity E18-D80NK	<p>Power Supply: 5 VDC, supply current DC 25mA, maximum load current 200mA, effective from 3-80CM Adjustable, detection of objects: transparent or opaque working environment temperature: -25+55.</p> <p>Tegangan Kerja: 3.2 - 5 V</p> <ul style="list-style-type: none"> - Output: DAC 24-bit - SNR: 85 dB -Kompabilitas File Sistem: FAT16 dan FAT 32 -Kapasitas Penyimpanan Maksimum: Micro SD 32 GB dan NORFLASH 64 MB 	2
Df Player Mini	<ul style="list-style-type: none"> - Mode Pengontrolan: Mode control I/O, mode serial, mode kontrol tombol AD - Jenis Format Audio: MP3, WAV, WMA - Jumlah File Audio: 255 berkas audio (maksimal) - Equalizer: 6 level - Volume: 30 level 	1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
Speaker	<p><i>Model CS Audio CS-15402</i></p> <p><i>Impedance 4 Ohm,</i></p> <p><i>Rated Power: 3W</i></p> <p><i>Max Power: 6W</i></p> <p><i>SPL: 83±3dB (0.1W/0.1M)</i></p> <p><i>Frequency Range: 120Hz-16KHz</i></p> <p><i>Distortion: =5%</i></p> <p><i>Suitable for: 5W-15W Amplifiers</i></p> <p><i>Neodymium Magnetic: 22mm OD diameter: 40MM</i></p> <p><i>Opening: 36MM</i></p> <p><i>Speaker height / Tinggi: 16MM</i></p> <p><i>Product name: PAM8403 digital power amplifier board</i></p> <p><i>Specification model: XTW8403</i></p> <p><i>Power supply range: 5v DC</i></p> <p><i>Lowest output: 3W*2</i></p> <p><i>Appearance size: 29.5* 20.2* 15mm (excluding protruding potentiometer rod).</i></p>	1
PAM8403	 <p>POLITEKNIK NEGERI JAKARTA</p>	1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
Motor DC	Tegangan Kerja: 3~6V Arus Tanpa Beban Kontinyu: 150mA +/- 10% Kecepatan Operasi Minimum (3V): 90+/- 10% RPM Kecepatan Operasi Minimum (6V): 200+/- 10% RPM Torsi: 0.15Nm ~ 0.60Nm Torsi Stall (6V): 0.8kg.cm Rasio Gigi: 1:48 Dimensi Body: 70 x 22 x 18mm Berat: 30.6g	2
Driver Motor L298N	Tegangan Input: 3.2V~40V DC • Driver: L298N Dual H Bridge DC Motor Driver • Sumber Daya: DC 5V - 35V • Arus Puncak: 2 Ampere • Rentang Arus Operasi: 0 ~ 36mA • Rentang Tegangan Input Sinyal Kontrol: Low: $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5V$ High: $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$ • Rentang Tegangan Input Sinyal Enable: Low: $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5V$ (sinyal kontrol tidak aktif), High: $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$ (sinyal kontrol aktif) • Konsumsi Daya Maksimum: 20W (pada suhu $T = 75^{\circ}C$)	1

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
	<i>Input volt: 220V</i>	
<i>Power Supply</i>	<i>Output: 12V</i> <i>Current: 3A</i>	1

3.1.6 Spesifikasi Software

Tabel 3.3 Spesifikasi Software

<i>Nama Software</i>	<i>Version</i>	<i>Menu</i>
<i>Arduino IDE</i>	<i>2.2.1</i>	<i>File, Edit, Tools, Sketch, Compile, Port, Upload, Example, Help Telegram</i>
<i>Visual Studio Code</i>	<i>1.100.3</i>	<i>10.15.0 File, Edit, View, Chats, Contacts, Calls, Settings</i>
<i>EasyEDA</i>	<i>6.5.40</i>	<i>File, Edit, View, Tools, Terminal, Run debug, Selection, Go, Help, Terminal.</i>
<i>Fusion 360</i>	<i>2602.0.71</i>	<i>File, Edit, View, Design, Tools, Window, Help</i>
<i>Draw IO</i>	<i>20.5.0</i>	<i>Design, Create, Insert, Select, File, Help</i>
<i>Google Collab</i>	<i>1.0.0</i>	<i>File, Edit, View, Arrange, Extras, Help</i>
<i>Roboflow</i>	<i>1.1.66</i>	<i>File, Edit, Runtime, View, Insert, Tools, Help, Runall, Text, Code, Commands.</i>
		<i>File, Data, Edit, Create</i>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

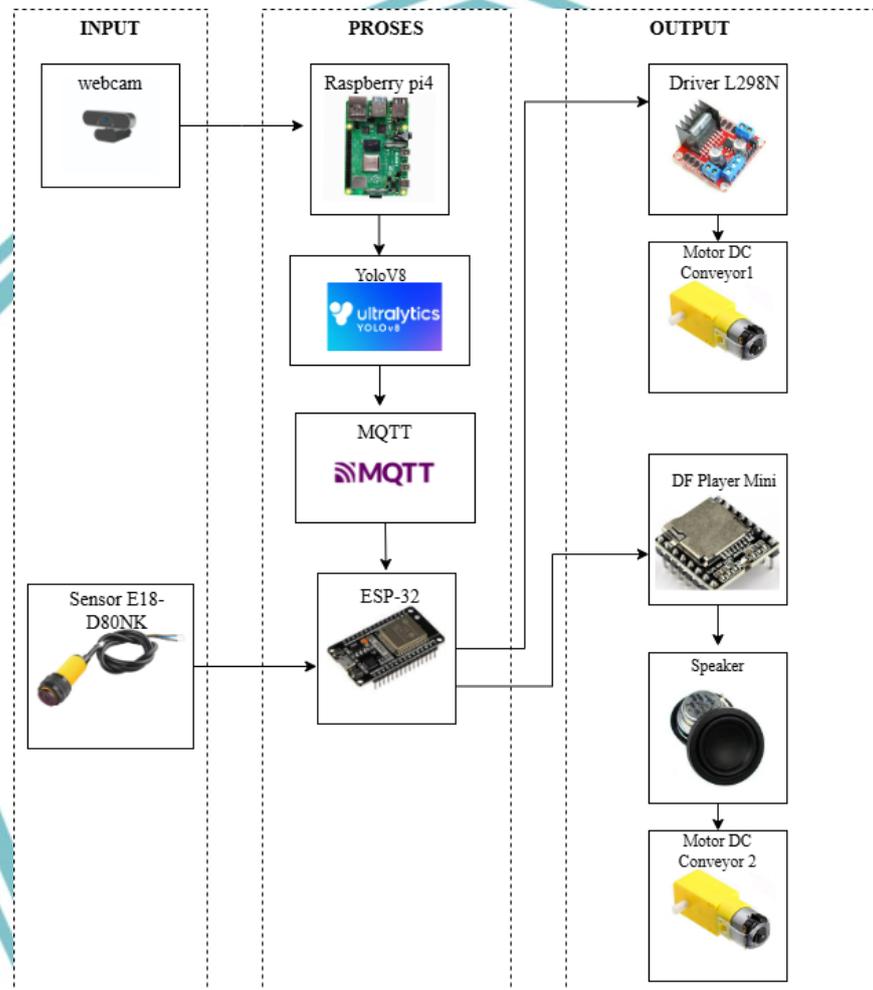
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

<i>Nama Software</i>	<i>Version</i>	<i>Menu</i>
VNC Viewer	7.13.1	<i>File, View, Help, Connect.</i>

3.1.7 Diagram Blok



Gambar 3. 2 Blok Diagram

Pada gambar 3.2 merupakan blok diagram alat, sistem ini menunjukkan sistem yang menggabungkan berbagai komponen input, pemrosesan, dan output.

- Webcam berfungsi sebagai sensor input untuk menangkap citra uang kertas yang akan diproses lebih lanjut.
- Sensor E18-D80NK sebagai input berfungsi untuk mendeteksi keberadaan object (uang) di posisi awal dan posisi akhir conveyor satu.

- c) Raspberry Pi 4 bertindak sebagai unit pemrosesan utama. yang menerima input dari webcam dan menjalankan model YOLOv8 untuk mendeteksi nominal uang, lalu mengirimkan data hasil deteksi ke ESP32.
- d) Lalu ESP32 sebagai Pengendali yang menerima data hasil deteksi dari Raspberry Pi melalui MQTT dan menggerakkan motor DC pada conveyor2, dan mengontrol df player mini untuk memutar suara melalui speaker.
- e) Driver L298N sebagai output yang digunakan untuk mengontrol motor DC, Berdasarkan perintah dari ESP32, driver ini mengatur arah dan kecepatan putaran motor yang digunakan untuk menggerakkan mekanisme sortir uang.
- f) Lalu motor dc sebagai output yang berfungsi sebagai aktuator mekanis untuk menggerakkan conveyor satu dan kedua.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

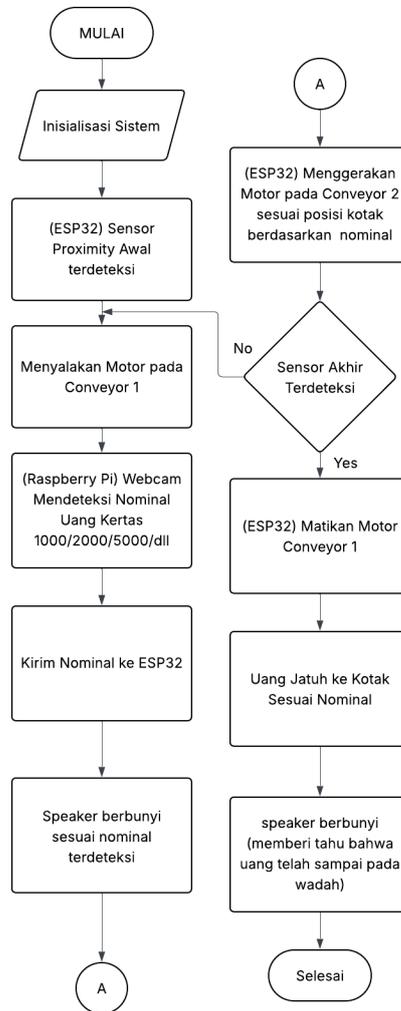
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.8 Flowchart Cara Kerja Alat

1. Flowchart Cara Kerja Alat

Pada Gambar 3.3 merupakan penjelasan dari flowchart cara kerja alat.



Gambar 3. 3 Flowchart Cara Kerja Alat

Pada gambar 3.3 berdasarkan flowchart diatas menggambarkan alur kerja sistem pendeteksi nominal uang berbasis yoloV8 untuk tunanetra, menggunakan webcam sebagai sensor pengambil citra nominal uang, dan raspberry pi4 sebagai pemroses utama untuk pendeteksian nominal uang kertas rupiah. Proses dimulai dengan inisialisasi webcam, sensor, dan motor. Setelah inisialisasi berhasil ESP32 membaca sensor Proximity Jika terdeteksi adanya objek (uang kertas) masuk ke conveyor 1, maka proses dilanjutkan.

ESP32 menyalakan motor pada conveyor 1 untuk menggerakkan uang menuju area deteksi kamera, dan saat uang bergerak di conveyor 1, Raspberry Pi menggunakan webcam untuk menangkap gambar uang dan mendeteksi nominalnya (misalnya Rp1000, Rp2000, Rp5000, dll) menggunakan algoritma deteksi objek (misalnya YOLOv8). Lalu raspberry Pi mengirim hasil deteksi nominal uang ke ESP32 melalui MQTT. ESP32 mengintruksikan df player mini untuk memutar suara berdasarkan nominal uang kertas rupiah yang terdeteksi melalui speaker, sebagai informasi bagi pengguna (terutama tunanetra), Berdasarkan nominal yang diterima, ESP32 menggerakkan motor conveyor 2 untuk mengarahkan uang ke kotak penyimpanan yang sesuai. Sistem memeriksa apakah uang sudah mencapai ujung conveyor 1, Jika belum terdeteksi, sistem menunggu (looping) hingga sensor akhir aktif. Jika terdeteksi, lanjut ke langkah berikutnya.

Setelah uang sampai di ujung, ESP32 mematikan motor pada conveyor satu. Lalu uang kertas jatuh ke dalam kotak yang sesuai dengan nominalnya dan speaker memberikan suara notifikasi bahwa uang sudah masuk ke dalam kotak (misalnya: "Uang telah sampai pada wadah penyimpanan"). Proses penyortiran untuk satu lembar uang selesai. Sistem siap menerima uang berikutnya.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

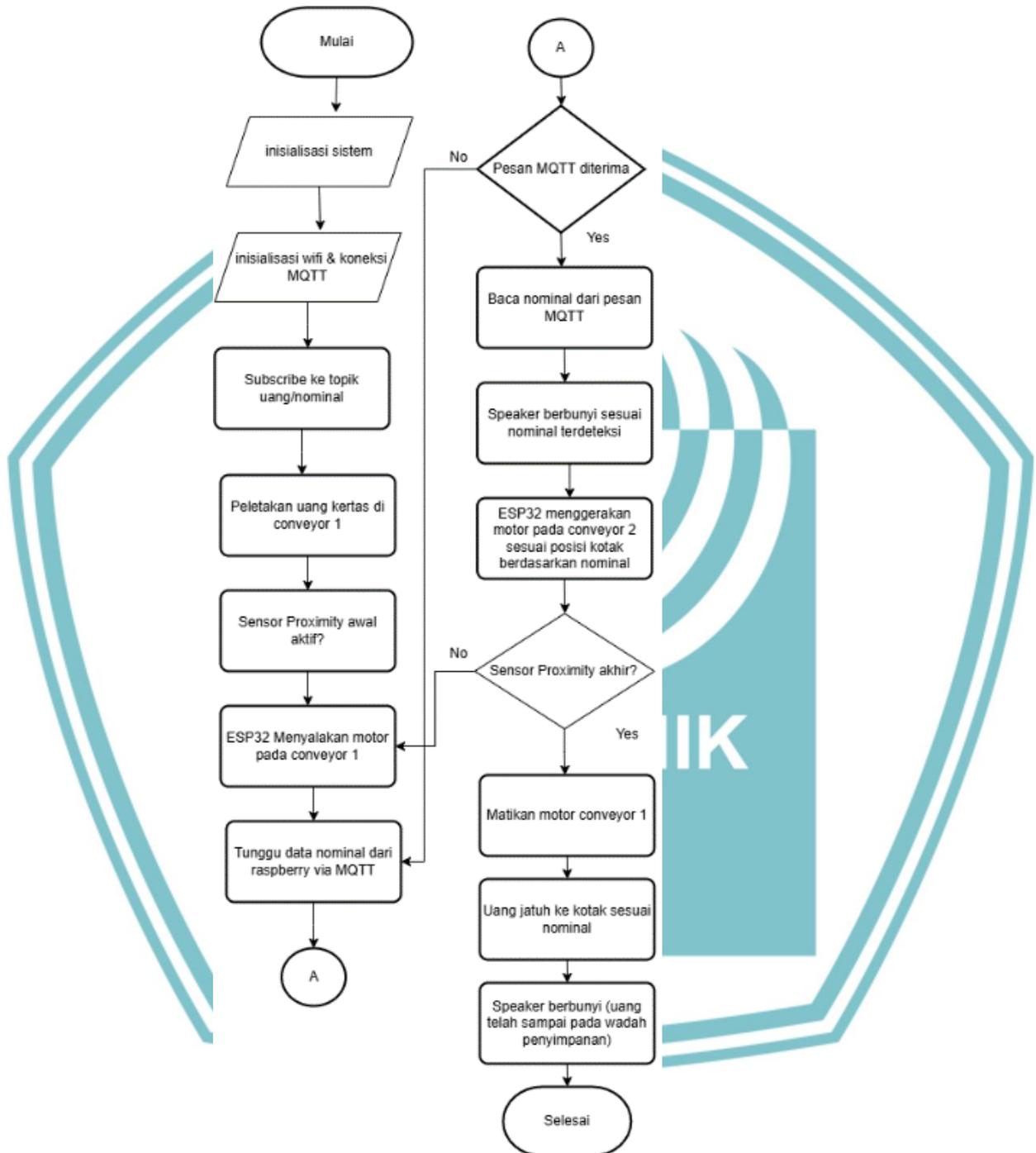
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Flowchart Subsystem

Berikut merupakan flowchart dari subsystem :



Gambar 3. 4 Flowchart Subsystem

Proses dimulai dengan inisialisasi sistem, di mana ESP32 mengaktifkan seluruh perangkat yang terhubung, kemudian dilanjutkan dengan proses inisialisasi jaringan WiFi dan koneksi ke broker MQTT.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Setelah koneksi berhasil, ESP32 melakukan subscribe pada topik MQTT yang digunakan untuk menerima data nominal uang, yaitu uang/nominal. Selanjutnya, pengguna meletakkan uang kertas pada conveyor 1. Sistem akan memeriksa status sensor proximity awal. Apabila sensor mendeteksi keberadaan uang kertas, maka ESP32 akan mengaktifkan motor DC untuk menggerakkan conveyor 1 agar uang dapat berpindah menuju area deteksi. Pada saat proses pemindahan berlangsung, ESP32 menunggu data nominal hasil deteksi dari Raspberry Pi yang dikirimkan melalui MQTT. Ketika pesan MQTT diterima, ESP32 membaca nominal uang yang telah terdeteksi dan mengaktifkan speaker untuk memberikan informasi suara kepada pengguna mengenai nominal uang tersebut.

Setelah itu, ESP32 menggerakkan motor pada conveyor 2 untuk mengarahkan posisi uang ke wadah atau kotak penyimpanan sesuai dengan nominal yang telah terdeteksi. Proses ini berlangsung hingga sensor proximity akhir mendeteksi keberadaan uang. Apabila terdeteksi, maka motor pada conveyor 1 dimatikan, dan uang akan secara otomatis jatuh ke dalam kotak yang sesuai. Sebagai penanda bahwa proses telah selesai, speaker kembali mengeluarkan suara sebagai konfirmasi bahwa uang telah berhasil disortir dan disimpan. Proses ini kemudian berakhir dan sistem siap untuk memproses uang berikutnya.

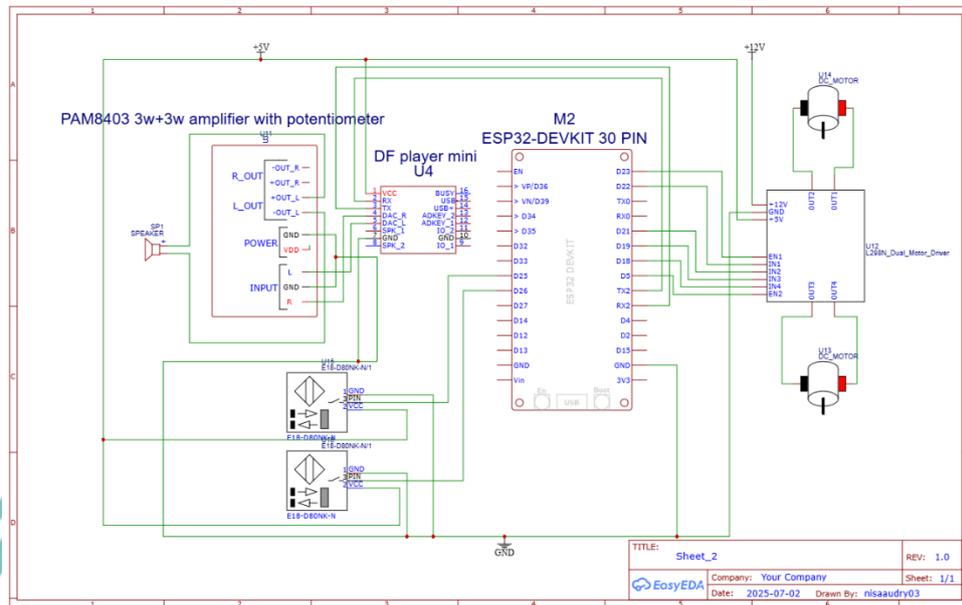
3.2 Realisasi Alat

Realisasi alat ini difokuskan pada implementasi ESP32 sebagai pusat pengendali input dan output dalam sistem pendeteksi dan sortir uang kertas yang dirancang untuk membantu penyandang tunanetra. ESP32 bertanggung jawab untuk mengelola perangkat input seperti sensor proximity serta perangkat output seperti motor DC dan modul audio DFPlayer Mini, berdasarkan data klasifikasi nominal uang yang diterima dari Raspberry Pi 4 melalui protokol komunikasi MQTT.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.1 Wiring Diagram



Gambar 3. 5 Wiring Diagram

Pada gambar 3.5 Wiring diagram menunjukkan berbagai komponen yang dihubungkan ke modul ESP32 sebagai pusat kendali. ESP32 sebagai mikrokontroler utama, terhubung ke berbagai perangkat melalui pin-pin GPIO, diantaranya Sensor E18-D80NK Sensor ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan uang kertas yang masuk. Output dari sensor dihubungkan ke salah satu pin digital ESP32 (misalnya pin D25) untuk membaca sinyal HIGH atau LOW saat ada objek. Lalu DF Player Mini Modul ini berfungsi untuk memutar file audio (berisi informasi nominal uang) dari microSD. Modul DFPlayer terhubung ke ESP32 melalui pin TX2 dan RX2 (menggunakan UART komunikasi serial).

Output audio dari DFPlayer kemudian diperkuat menggunakan amplifier PAM8403 sehingga suara dapat terdengar lebih jelas melalui speaker kecil yang terpasang pada output amplifier. Sementara itu, proses sortir fisik dilakukan menggunakan dua buah motor DC, yang dikendalikan oleh motor driver dual channel (seperti L298N). Driver ini diberi suplai 12V sebagai sumber tenaga utama motor. Input kendali (IN1–IN4) dari driver terhubung langsung ke pin digital ESP32.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Keseluruhan sistem ini bekerja secara sinergis dengan data hasil deteksi yang dikirim dari Raspberry Pi 4 melalui protokol MQTT. Raspberry Pi menggunakan YOLOv8 untuk mendeteksi nominal uang kertas, kemudian hasil klasifikasi tersebut dikirim ke ESP32 untuk ditindaklanjuti melalui motor sortir dan audio.

3.2.2. Program Sistem

Implementasi program ESP32 sebagai pengendali input dan output pada sistem pendeteksi nominal uang dilakukan melalui pemrograman menggunakan Arduino IDE. Kode program arduino dibuat dengan mempertimbangkan fungsi-fungsi yang diinginkan yaitu :

1. untuk merespons data hasil klasifikasi nominal uang yang dikirim dari Raspberry Pi 4 melalui komunikasi MQTT.
2. menjalankan serangkaian aksi logis seperti pengaktifan motor, pembacaan sensor, serta pemutaran suara nominal uang melalui DFPlayer Mini.

Berdasarkan fungsi – fungsi diatas berikut merupakan program yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi – fungsi diatas :

1. Include Library

Pada bagian ini merupakan kode program yang berfungsi untuk mengimpor beberapa library penting yang dibutuhkan agar sistem berjalan sesuai dengan fungsionalitas yang diinginkan.

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <DFRobotDFPlayerMini.h>
```

Library WiFi.h digunakan untuk mengaktifkan koneksi WiFi pada mikrokontroler ESP32 sehingga perangkat dapat terhubung ke jaringan nirkabel. *Library* PubSubClient.h digunakan untuk mendukung komunikasi menggunakan protokol MQTT yang umum digunakan dalam sistem *Internet of Things (IoT)*.

Library HardwareSerial.h memungkinkan penggunaan port komunikasi serial tambahan, khususnya UART2, untuk berkomunikasi dengan modul eksternal tanpa mengganggu jalur serial utama, Sementara itu, library DFRobotDFPlayerMini.h digunakan untuk mengendalikan modul audio DFPlayer Mini, yang berfungsi sebagai pemutar suara dalam sistem.

2. Deklarasi object Komunikasi serial

Pada bagian ini merupakan kode yang berfungsi untuk mendeklarasikan objek komunikasi serial dan objek pemutar audio DFPlayer Mini yang digunakan dalam sistem.

```
HardwareSerial mySerial(2);
DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;
```

Baris `HardwareSerial mySerial(2);` digunakan untuk mendefinisikan komunikasi serial UART2 pada ESP32, yang berfungsi sebagai jalur komunikasi dengan modul DFPlayer Mini. Baris `DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;` merujuk pada deklarasi objek untuk mengakses fitur-fitur dari modul DFPlayer Mini, seperti memutar suara atau mengatur volume.

3. Koneksi WIFI dan Alamat server MQTT

```
const char* ssid = "uang1";
const char* password = "12345678";
const char* mqtt_server = "192.168.43.204";
```

Kode program diatas berfungsi untuk menyimpan informasi koneksi jaringan WiFi dan alamat server MQTT yang akan digunakan oleh ESP32.

4. Konfigurasi Pin motor dan Sensor

Pada bagian ini merupakan program yang berfungsi untuk mendeklarasikan konfigurasi pin motor DC, pin sensor, serta pengaturan parameter PWM yang digunakan dalam sistem

```
const int motor1_in1 = 22, motor1_in2 = 21, ENA = 23;
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritrik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
const int motor2_in1 = 19, motor2_in2 = 18, ENB = 5;
const int sensorPin1 = 25, sensorPin2 = 26;
const int pwmChannelA = 0, pwmChannelB = 1;
const int pwmFreq = 5000, pwmResolution = 8;
```

5. Komunikasi antara ESP32 dengan Broker MQTT

```
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
```

Program di atas merupakan bagian kode yang berfungsi untuk mendeklarasikan objek komunikasi antara ESP32 dengan broker MQTT. `WiFiClient espClient`, Baris ini digunakan untuk membuat objek `espClient` yang berperan sebagai klien jaringan WiFi. Objek ini digunakan sebagai dasar untuk membangun koneksi internet, termasuk komunikasi dengan server MQTT. `PubSubClient client(espClient)` Baris ini mendeklarasikan objek `client` dari library `PubSubClient` yang digunakan untuk komunikasi dengan broker MQTT. Objek ini memanfaatkan koneksi WiFi melalui `espClient` untuk mengirim dan menerima pesan MQTT.

6. Deklarasi variabel – variabel kontrol

```
unsigned long startTime = 0;
bool step1 = false, step2 = false;
bool motorProsesAktif = false, sensor2Detected = false;
unsigned long sensor2Time = 0;
bool motorJalan = false;
bool motorKeKananDulu = true; // true = kanan dulu, false =
kiri dulu
```

Program di atas berfungsi untuk mendeklarasikan sejumlah variabel kontrol yang digunakan dalam pengaturan logika kerja motor dan sensor pada sistem.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Variabel `startTime` dan `sensor2Time` digunakan untuk mencatat waktu sebagai acuan jeda dalam proses motor, sedangkan `step1`, `step2`, `motorProsesAktif`, `sensor2Detected`, dan `motorJalan` berperan sebagai penanda status tahapan proses conveyor dan pendeteksian sensor. Selain itu, variabel `motorKeKananDulu` digunakan untuk menentukan arah awal gerakan motor sortir berdasarkan nilai nominal uang yang diterima, apakah dimulai dari kanan atau kiri.

 7. Definisi *state machine*
Sortir State Machine

```
enum SortirState { IDLE, PUTAR_NOMINAL, JEDA_SUARA,
MOTOR_MAJU, JEDA_TENGAH, MOTOR_BALIK,
SELESAI };
SortirState sortirState = IDLE;
```

Program di atas merupakan bagian yang mendefinisikan state machine atau mesin status yang digunakan untuk mengatur urutan proses sortir uang secara terstruktur. Baris `enum SortirState { IDLE, PUTAR_NOMINAL, JEDA_SUARA, MOTOR_MAJU, JEDA_TENGAH, MOTOR_BALIK, SELESAI }`; mendeklarasikan tujuh kondisi atau status berbeda yang akan dilalui selama proses sortir, dimulai dari keadaan diam (IDLE), memutar suara nominal uang (PUTAR_NOMINAL), jeda setelah suara (JEDA_SUARA), motor bergerak maju (MOTOR_MAJU), jeda di tengah (JEDA_TENGAH), motor kembali ke posisi awal (MOTOR_BALIK), hingga proses selesai (SELESAI). Variabel `sortirState` kemudian diinisialisasi dengan kondisi awal IDLE, yang berarti sistem siap menunggu perintah sortir berikutnya.

8. Deklarasi variabel kontrol dan koneksi Wifi

```
unsigned long sortirTimer = 0;
int motorPWM = 200;
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
int motorMajuDurasi = 0, motorBalikDurasi = 0;
int currentAudioFile = 0;
bool sortirAktif = false;

void setup_wifi() {
  Serial.println("Connecting to WiFi...");
  WiFi.begin(ssid, password);

  int retry = 0;
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && retry < 20) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    retry++;
  }
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("\n[WiFi] Connected!");
    Serial.print("IP Address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
  } else {
    Serial.println("\n[WiFi] Failed to connect.");
  }
}
```

Program di atas merupakan bagian yang berfungsi untuk mendeklarasikan variabel-variabel kontrol dalam proses sortir serta mengatur koneksi WiFi pada ESP32. Variabel `sortirTimer` digunakan untuk mencatat waktu selama proses sortir berlangsung, `motorPWM` menentukan kecepatan motor sortir, sedangkan `motorMajuDurasi` dan `motorBalikDurasi` menyimpan lama waktu motor bergerak maju dan mundur sesuai arah sortir.

Variabel `currentAudioFile` menyimpan nomor file audio yang akan diputar oleh DFPlayer Mini berdasarkan nominal uang,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan `sortirAktif` menandai apakah proses sortir sedang berjalan. Sementara itu, fungsi `setup_wifi()` menyambungkan ESP32 ke jaringan WiFi. Prosesnya dimulai dengan mencetak pesan "Connecting to WiFi..." ke serial monitor, lalu ESP32 mencoba terhubung ke jaringan dengan nama (SSID) dan kata sandi (password) yang telah ditentukan sebelumnya.

Jika koneksi belum berhasil, sistem akan mencoba ulang hingga 20 kali, dengan jeda 0,5 detik setiap kali percobaan. Selama proses ini, titik-titik akan dicetak ke monitor serial sebagai penanda bahwa sistem masih mencoba terhubung.

9. Fungsi Callback

```
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  String msg = "";
  for (unsigned int i = 0; i < length; i++) msg += (char)payload[i];
  Serial.print("MQTT: "); Serial.println(msg);

  if (sortirAktif) {
    Serial.println("[INFO] Sortir masih aktif, reset ke IDLE untuk lanjut.");
    sortirAktif = false;
    sortirState = IDLE;
  }
}
```

Program di atas merupakan bagian dari fungsi callback() yang digunakan untuk menangani pesan yang diterima dari server MQTT. Fungsi ini akan dijalankan secara otomatis ketika ESP32 menerima data dari topik MQTT yang telah di-subscribe. Pesan yang diterima akan disusun menjadi string msg, lalu ditampilkan melalui Serial Monitor. Jika sistem sedang dalam proses sortir (sortirAktif == true), maka program akan mereset status sortir kembali ke kondisi awal (IDLE) dan menonaktifkan proses sortir agar siap menerima perintah baru. Bagian ini sangat penting untuk

memastikan agar sistem tidak mengeksekusi perintah baru saat proses sebelumnya belum selesai.

10. Parameter Sortir Nominal

Program dibawah ini merupakan program yang berfungsi untuk mengatur parameter sortir berdasarkan pesan nominal uang yang diterima dari Raspberry Pi melalui MQTT.

Setiap pesan, seperti "uang1rb_1" hingga "uang100rb_2", akan menentukan file audio yang diputar oleh DFPlayer Mini, serta durasi gerakan motor untuk maju dan mundur sesuai posisi wadah penyimpanan uang. Nominal kecil (Rp1.000, Rp2.000, Rp5.000) diarahkan ke kiri, sedangkan nominal besar (Rp20.000 ke atas) diarahkan ke kanan. Nominal Rp10.000 dianggap posisi tengah, sehingga motor tidak bergerak. Jika pesan yang diterima tidak dikenali, sistem akan mencetak pesan error dan menghentikan proses sortir untuk menghindari kesalahan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (msg == "uang1rb_1" || msg == "uang1rb_2") {
    currentAudioFile = 1; motorMajuDurasi = 1300;
motorBalikDurasi = 900;
    motorKeKananDulu = false;
} else if (msg == "uang2rb_1" || msg == "uang2rb_2") {
    currentAudioFile = 2; motorMajuDurasi = 830;
motorBalikDurasi = 580;
    motorKeKananDulu = false;
} else if (msg == "uang5rb_1" || msg == "uang5rb_2") {
    currentAudioFile = 3; motorMajuDurasi = 450;
motorBalikDurasi = 310;
    motorKeKananDulu = false;
} else if (msg == "uang10rb_1" || msg == "uang10rb_2") {
    currentAudioFile = 4; motorMajuDurasi = 0;
motorBalikDurasi = 0;
    motorKeKananDulu = true; // default
} else if (msg == "uang20rb_1" || msg == "uang20rb_2") {
    currentAudioFile = 5; motorMajuDurasi = 360;
motorBalikDurasi = 580;
    motorKeKananDulu = true;
} else if (msg == "uang50rb_1" || msg == "uang50rb_2") {
    currentAudioFile = 6; motorMajuDurasi = 630;
motorBalikDurasi = 940;
    motorKeKananDulu = true;
} else if (msg == "uang100rb_1" || msg == "uang100rb_2") {
    currentAudioFile = 7; motorMajuDurasi = 930;
motorBalikDurasi = 1330;
    motorKeKananDulu = true;
} else {
    Serial.println("[ERROR] Pesan tidak dikenali, abaikan.");
    return;
}

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

sortirState = PUTAR_NOMINAL;
sortirTimer = millis();
sortirAktif = true;
}

```

11. Fungsi Koneksi MQTT dan pengendalian motor conveyor

```

void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Connecting to MQTT...");
    if (client.connect("ESP32Client")) {
      Serial.println("connected");
      client.subscribe("esp32/control");
    } else {
      Serial.print("Gagal, rc="); Serial.print(client.state());
      delay(2000);
    }
  }
}

void jalankanMotor1() {
  digitalWrite(motor1_in1, LOW);
  digitalWrite(motor1_in2, HIGH);
  ledcWrite(pwmChannelA, 200);
}

void hentikanMotor1() {
  digitalWrite(motor1_in1, LOW);
  digitalWrite(motor1_in2, LOW);
  ledcWrite(pwmChannelA, 0);
}

```

Pada bagian program ini terdapat tiga fungsi utama yang masing-masing memiliki peran penting dalam proses komunikasi dan pengendalian aktuator pada sistem. Fungsi `reconnect()` digunakan untuk memastikan bahwa ESP32 tetap terhubung dengan broker MQTT. Jika koneksi terputus, maka fungsi ini akan mencoba menyambungkan kembali hingga berhasil, dan setelah terkoneksi, ESP32 akan melakukan subscribe pada topik "esp32/control" untuk menerima perintah dari server. Selanjutnya, fungsi `jalankanMotor1()` berfungsi untuk mengaktifkan motor DC pertama (motor konveyor) agar berputar ke satu arah dengan mengatur logika pin arah serta memberikan sinyal PWM melalui `ledcWrite`. Sedangkan fungsi `hentikanMotor1()` digunakan untuk menghentikan kerja motor tersebut dengan mematikan kedua pin kontrol arah dan mematikan sinyal PWM.

12. Inisialisasi sistem dan konfigurasi hardware

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  mySerial.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);
  pinMode(motor1_in1, OUTPUT);   pinMode(motor1_in2,
  OUTPUT);
  pinMode(motor2_in1, OUTPUT);   pinMode(motor2_in2,
  OUTPUT);
  pinMode(sensorPin1, INPUT); pinMode(sensorPin2, INPUT);

  ledcSetup(pwmChannelA, pwmFreq, pwmResolution);
  ledcAttachPin(ENA, pwmChannelA);
  ledcWrite(pwmChannelA, 0);

  ledcSetup(pwmChannelB, pwmFreq, pwmResolution);
  ledcAttachPin(ENB, pwmChannelB);
  ledcWrite(pwmChannelB, 0);
}
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (!myDFPlayer.begin(mySerial)) {
    Serial.println("DFPlayer gagal!"); while (true);
}
myDFPlayer.volume(30);
myDFPlayer.EQ(DFPLAYER_EQ_BASS);
myDFPlayer.outputDevice(DFPLAYER_DEVICE_SD);
}
delay(300); // Delay sebelum koneksi WiFi
setup_wifi();

client.setServer(mqtt_server, 1883);
client.setCallback(callback);
}

```

Program di atas merupakan bagian dari fungsi setup() yang berfungsi untuk menginisialisasi seluruh komponen pada sistem berbasis ESP32. Komunikasi serial dengan komputer dan DFPlayer Mini diaktifkan, lalu pin motor dan sensor disiapkan. PWM dikonfigurasi untuk mengatur kecepatan motor, dan DFPlayer Mini diatur untuk pemutaran audio dari SD card. Setelah itu, koneksi WiFi dan MQTT disiapkan agar ESP32 dapat menerima perintah melalui jaringan. Fungsi ini memastikan seluruh perangkat siap sebelum sistem berjalan.

13. Deteksi Sensor dan kendali motor conveyor

```

void loop() {
    if (!client.connected()) reconnect();
    client.loop();

    unsigned long now = millis();
    int sensor1 = digitalRead(sensorPin1);
    int sensor2 = digitalRead(sensorPin2);
}

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (sensor1 == HIGH && !motorProsesAktif && !motorJalan)
{
    jalankanMotor1();
    startTime = now; step1 = true; motorProsesAktif = true;
}
if (step1 && now - startTime >= 800) {
    hentikanMotor1(); step1 = false; step2 = true; startTime =
now;
}
if (step2 && now - startTime >= 10000) {
    jalankanMotor1(); motorJalan = true; step2 = false;
motorProsesAktif = false;
}
if (sensor2 == HIGH && motorJalan && !sensor2Detected) {
    sensor2Time = now; sensor2Detected = true;
}
if (sensor2Detected && now - sensor2Time >= 1000) {
    hentikanMotor1(); motorJalan = false; sensor2Detected =
false;
    myDFPlayer.play(8); // Konfirmasi uang tersimpan
}

```

Program di atas merupakan bagian dari fungsi loop() yang menangani proses utama sistem secara berulang. Fungsi ini pertama-tama memastikan koneksi MQTT tetap aktif melalui pengecekan client.connected(), dan jika terputus, akan melakukan reconnect(). Kemudian, sistem membaca status dari dua sensor (sensorPin1 dan sensorPin2) untuk mengatur pergerakan motor konveyor secara bertahap.

Sensor pertama mendeteksi keberadaan uang, yang akan memicu motor menyala selama 1 detik lalu berhenti. Setelah jeda 10

detik, motor kembali dijalankan untuk memindahkan uang ke sensor kedua.

Saat sensor kedua aktif, motor dihentikan setelah 1 detik, dan DFPlayer Mini akan memutar audio konfirmasi bahwa uang telah tersimpan. Program ini menjalankan logika otomatisasi proses deteksi dan pemindahan uang sebelum proses sortir dilakukan.

14. Tahap Awal Proses Sortir : Pemutaran audio nominal

```
if (sortirAktif) {
  switch (sortirState) {
    case PUTAR_NOMINAL:
      myDFPlayer.play(currentAudioFile);
      sortirTimer = millis();
      sortirState = JEDA_SUARA;
      break;
  }
}
```

Program di atas merupakan bagian dari state machine proses sortir yang digunakan untuk mengatur urutan langkah sortir uang berdasarkan status tertentu secara otomatis. Pada potongan ini, ketika `sortirAktif` bernilai `true` dan status berada pada `PUTAR_NOMINAL`, maka DFPlayer Mini akan memutar file audio sesuai nominal uang (`currentAudioFile`). Setelah audio diputar, waktu saat ini disimpan menggunakan `millis()`, dan status sistem berpindah ke `JEDA_SUARA`, yaitu jeda menunggu audio selesai. Dengan kata lain, bagian ini adalah tahap awal dari proses sortir yang memberi umpan balik suara kepada pengguna sebelum motor sortir bergerak.

15. Logika gerakan motor sortir

```
case JEDA_SUARA:
  if (now - sortirTimer >= 3000) {
    if (motorMajuDurasi > 0) {
      if (motorKeKananDulu) {
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

digitalWrite(motor2_in1, LOW); // kanan
digitalWrite(motor2_in2, HIGH);
} else {
digitalWrite(motor2_in1, HIGH); // kiri
digitalWrite(motor2_in2, LOW);
}
ledcWrite(pwmChannelB, motorPWM);
sortirTimer = now;
sortirState = MOTOR_MAJU;
} else {
sortirState = SELESAI;
sortirTimer = now;
}
}
break;

case MOTOR_MAJU:
if (now - sortirTimer >= motorMajuDurasi) {
digitalWrite(motor2_in1, LOW);
digitalWrite(motor2_in2, LOW);
ledcWrite(pwmChannelB, 0);
sortirTimer = now;
sortirState = JEDA_TENGAH;
}
break;

case JEDA_TENGAH:
if (now - sortirTimer >= 3000) {
// Balik arah
if (motorKeKananDulu) {
digitalWrite(motor2_in1, HIGH); // kiri
digitalWrite(motor2_in2, LOW);

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

} else {
    digitalWrite(motor2_in1, LOW); // kanan
    digitalWrite(motor2_in2, HIGH);
}
ledcWrite(pwmChannelB, motorPWM);
sortirTimer = now;
sortirState = MOTOR_BALIK;
}
break;

case MOTOR_BALIK:
    if (now - sortirTimer >= motorBalikDurasi) {
        digitalWrite(motor2_in1, LOW);
        digitalWrite(motor2_in2, LOW);
        ledcWrite(pwmChannelB, 0);
        sortirTimer = now;
        sortirState = SELESAI;
    }
    break;

case SELESAI:
    if (now - sortirTimer >= 500) {
        sortirAktif = false;
        sortirState = IDLE;
    }
    break;
}
}
}

```

Program di atas merupakan bagian yang bertugas mengatur alur kerja sistem dalam proses penyortiran uang berdasarkan perintah dari sistem deteksi. Proses ini berjalan secara berurutan melalui beberapa status (state) yang saling bergantian, tergantung

waktu jeda dan durasi motor, serta arah gerakan motor sortir. Berikut penjelasan tiap bagian:

1. Case JEDA_SUARA:

Pada kondisi ini, sistem memberikan jeda waktu 3 detik setelah pemutaran suara nominal uang dari DFPlayer Mini (yang terjadi pada state sebelumnya: PUTAR_NOMINAL). Tujuan dari jeda ini adalah memastikan audio telah selesai diputar sebelum motor mulai bergerak.

a) Jika motorMajuDurasi lebih besar dari 0 (artinya uang tidak masuk ke tengah langsung tanpa gerakan motor), maka:

1. Motor akan digerakkan maju dengan arah berdasarkan variabel motorKeKananDulu.
2. Jika motorKeKananDulu = true, maka motor bergerak ke kanan.
3. Jika motorKeKananDulu = false, maka motor bergerak ke kiri.

b) Setelah motor mulai bergerak, sistem mencatat waktu saat ini ke sortirTimer dan berpindah ke state MOTOR_MAJU.

c) Jika motorMajuDurasi == 0, maka motor tidak perlu dijalankan, dan sistem langsung berpindah ke state SELESAI.

2. Case MOTOR_MAJU

Pada state ini, motor akan terus bergerak maju hingga waktu yang ditentukan dalam motorMajuDurasi tercapai (waktu dihitung berdasarkan selisih millis() sekarang dengan waktu yang disimpan di sortirTimer).

- a) Setelah durasi selesai, motor dihentikan (kedua pin diatur LOW, dan PWM dimatikan).
- b) Lalu sistem berpindah ke state berikutnya: JEDA_TENGAH.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Case JEDA_TENGAH

State ini memberikan jeda selama 3 detik setelah motor bergerak maju, sebelum motor digerakkan balik ke posisi semula. Jeda ini berfungsi untuk memberikan waktu sistem menstabilkan posisi fisik atau memastikan uang sudah masuk ke wadah. Setelah jeda selesai:

1. Motor akan dijalankan ke arah sebaliknya dari arah awal.
2. Jika sebelumnya kanan dulu, sekarang balik ke kiri, dan sebaliknya.

Lalu sistem berpindah ke state MOTOR_BALIK

4. Case MOTOR_BALIK:

Pada state ini, motor dijalankan ke arah berlawanan selama waktu tertentu yang disimpan di motorBalikDurasi.

- a) Setelah waktu ini tercapai:
 1. Motor dihentikan kembali.
 2. Sistem berpindah ke state terakhir, yaitu SELESAI.

5. Case SELESAI:

State SELESAI adalah tahap penutup dari seluruh proses sortir.

- a) Sistem memberikan jeda 500 milidetik untuk transisi akhir.
- b) Setelah jeda, variabel sortirAktif diatur menjadi false dan sortirState dikembalikan ke IDLE, sehingga sistem siap menerima perintah sortir baru dari MQTT.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas proses pengujian sistem dan analisa hasil data pengujian yang didapatkan. Terdapat 1 pengujian yang akan dilakukan, pengujian bertujuan untuk menguji ESP32 sebagai pengendali input dan output pada sistem pendeteksi nominal uang, dan sortir sistem. Fokus utama pengujian adalah untuk mengetahui apakah ESP32 dapat menerima data nominal hasil deteksi dari Raspberry Pi melalui komunikasi MQTT, serta mengendalikan perangkat output seperti motor conveyor dan DFPlayer Mini dengan tepat sesuai nominal uang yang diterima. Selain itu, pengujian juga mencakup respon ESP32 terhadap input dari sensor proximity yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan uang pada conveyor.

4.1 Pengujian Sistem ESP32 Sebagai Pengendali Input, Output dan Sistem Sortir

4.1.1 Deskripsi Pengujian

Lokasi	: Wisma Ladika
Tanggal Pelaksanaan	: 22 Juni 2025
Pelaksana	: 1. Nisa Audry Azalea 2. Rangga Putra Felani
Tujuan Pengujian	: Untuk menguji kinerja ESP32 sebagai Pengendali Input dan Output pada Sistem Pendeteksi Nominal Uang

4.1.2 Prosedur Pengujian

Berikut merupakan alat alat yang digunakan dalam prosedur pengujian :

Tabel 4. 1 Alat Pengujian

Nama Alat	Jumlah
1. Webcam	1
2. Raspberry PI4	1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nama Alat	Jumlah
3. ESP32	1
4. Sensor E18-D80NK	2
5. Konveyor	2
6. Df Player Mini	1
7. Speaker	1
8. Driver Motor	1
9. PAM8403	1

Pengujian sistem pendeteksi nominal uang kertas berbasis YOLOV8 dilakukan dengan 14 kali percobaan pada sistem pendeteksi nominal uang kertas yang sudah rampung. Adapun langkah - langkah untuk melakukan pengujian pada sistem pendeteksi nominal adalah sebagai berikut:

1. Pastikan semua komponen terhubung dengan benar.
2. Pastikan Raspberry Pi dan ESP32 terhubung dalam satu jaringan WiFi
3. Pastikan ESP32 berhasil terhubung ke broker MQTT dan melakukan subscribe pada topik uang/nominal.
4. Letakkan uang kertas pada awal conveyor 1, pada bagian ini terdapat sensor proximity pertama yang akan mendeteksi keberadaan uang.
5. Setelah uang terdeteksi oleh sensor, motor DC yang terhubung ke conveyor 1 akan aktif dan mulai menggerakkan uang menuju tengah conveyor, tepat di bawah kamera (webcam).
6. Lalu Webcam menangkap gambar uang kertas dan mengirimkannya ke Raspberry Pi 4, yang menjalankan model YOLOv8 untuk mengenali nominal berdasarkan warna dominan pada uang.
7. Setelah nominal terdeteksi, Raspberry Pi mengirim data nominal tersebut melalui MQTT dengan topik uang/nominal. ESP32 sebagai subscriber menerima informasi nominal ini secara real-time.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Setelah menerima data, ESP32 akan mengaktifkan DFPlayer Mini untuk memutar suara panduan yang sesuai dengan nominal uang. Contohnya: "Sepuluh ribu rupiah".
9. Berdasarkan nominal yang diterima, ESP32 mengatur pergerakan conveyor 2 agar wadah untuk nominal tersebut berada tepat di bawah jalur keluaran conveyor 1
10. Saat uang sampai di ujung conveyor 1, sensor proximity kedua mendeteksi keberadaannya. Setelah terdeteksi, motor conveyor 1 berhenti.
11. Uang secara otomatis jatuh ke dalam wadah yang sesuai dengan nominal di conveyor 2.
12. Setelah satu siklus selesai, sistem kembali ke kondisi awal dan siap untuk menerima dan memproses uang berikutnya.

4.1.3 Data Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, maka didapatkan data hasil pengujian sebagai berikut. Pengujian dibawah mencakup pengujian input, output, dan sortir sistem.

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Input

Uji Sensor	Hasil deteksi		Nominal Uang	Sensor		Aktual	
	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi		Sensor1	Sensor2	Benar	Salah
1	✓		1ribu_1	✓	✓	✓	
2	✓		2ribu_1	✓	✓	✓	
3	✓		5ribu_1	✓	✓	✓	
4	✓		10ribu_1	✓	✓	✓	
5	✓		20ribu1	✓	✓	✓	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Uji Sensor	Hasil deteksi		Nominal Uang	Sensor1	Sensor2	Aktual	
	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi				Benar	Salah
6	✓		50rb_1	✓	✓	✓	
7	✓		100rb_1	✓	✓	✓	
8	✓		1ribu_2	✓	✓	✓	
9	✓		2ribu_2	✓	✓	✓	
10	✓		5ribu_2	✓	✓	✓	
11	✓		10ribu_2	✓	✓	✓	
12	✓		20ribu_2	✓	✓	✓	
13	✓		50ribu_2	✓	✓	✓	
14	✓		100ribu_2	✓	✓	✓	

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Output

Uji Output	Hasil deteksi		Nominal Uang	Motor1	Motor2	Speaker	Aktual	
	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi					Benar	Salah
1	✓		1ribu_1	✓	✓	On	✓	
2	✓		2ribu_1	✓	✓	On	✓	
3	✓		5ribu_1	✓	✓	On	✓	
4	✓		10ribu_1	✓	✓	On	✓	
5	✓		20ribu1	✓	X	Off	✓	

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Uji Output	Hasil deteksi		Nominal Uang	Motor1	Motor2	Speaker	Aktual	
	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi					Benar	Salah
6	✓		50rb_1	✓	✓	On	✓	
7	✓		100rb_1	✓	✓	On	✓	
8	✓		1ribu_2	✓	✓	On	✓	
9	✓		2ribu_2	✓	✓	On	✓	
10	✓		5ribu_2	✓	✓	On	✓	
11	✓		10ribu_2	✓	✓	On	✓	
12	✓		20ribu_2	✓	✓	On	✓	
13	✓		50ribu_2	✓	✓	On	✓	
14	✓		100ribu_2	✓	✓	On	✓	

Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Sortir

Uji Sortir	Nominal Uang	Hasil Deteksi Yolo	Speaker	Wadah sesuai nominal	Keterangan
1	1ribu_1	✓	On	✓	Berhasil
2	2ribu_1	✓	On	✓	Berhasil
3	5ribu_1	✓	On	✓	Berhasil
4	10ribu_1	✓	On	✓	Berhasil
5	20ribu_1	x	Off	x	Gagal (Yolo tidak mendeteksi)
6	50rb_1	✓	On	✓	Berhasil
7	100rb_1	✓	On	✓	Berhasil
8	1ribu_2	✓	On	✓	Berhasil
9	2ribu_2	✓	On	✓	Berhasil
10	5ribu_2	✓	On	✓	Berhasil
11	10ribu_2	✓	On	✓	Berhasil
12	20ribu_2	✓	On	✓	Berhasil
13	50ribu_2	✓	On	✓	Berhasil
14	100ribu_2	✓	On	✓	Berhasil

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.4 Analisa Data

Berdasarkan data hasil pengujian dengan berbagai nominal uang kertas, sistem menunjukkan performa yang baik secara umum. Sensor proximity di awal dan akhir conveyor berhasil mendeteksi keberadaan uang pada setiap percobaan, dengan tingkat keberhasilan 100%.

Motor 1 (conveyor input) dan motor 2 (conveyor sortir) berfungsi dengan baik selama sistem menerima instruksi yang lengkap dari proses deteksi. Namun, pada satu percobaan dengan uang nominal Rp20.000 emisi 2022, sistem YOLOv8 gagal mendeteksi uang, sehingga data nominal tidak terkirim ke ESP32. Akibatnya, DFPlayer Mini tidak memutar suara, dan motor sortir (conveyor 2) tidak bergerak karena tidak mendapatkan perintah nominal. Hal ini menyebabkan uang tidak tersortir ke wadah yang sesuai.

Dengan demikian, akurasi sistem secara keseluruhan (mencakup deteksi, pemutaran audio, pergerakan motor, dan keberhasilan sortir) adalah 13 dari 14 percobaan, atau sebesar 92,86%.

Secara keseluruhan, sistem pendeteksi dan penyortir uang otomatis berbasis YOLOv8 dan ESP32 menunjukkan kinerja yang cukup andal dan konsisten, meskipun masih terdapat potensi kesalahan deteksi yang dapat memengaruhi fungsi lanjutan seperti audio dan sortir. Sistem ini tetap layak digunakan sebagai alat bantu bagi penyandang tunanetra dalam mengenali dan mengelola uang kertas secara mandiri, dengan pengembangan lebih lanjut pada aspek deteksi visual untuk meningkatkan keandalan sistem.. Berikut rumus untuk menentukan akurasi sistem.

$$\begin{aligned} \text{Akurasi Deteksi Sensor (\%)} &= \frac{14}{14} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Kemudian untuk Akurasi Deteksi Motor 1, Motor 2 dan speaker adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Akurasi Pergerakan Motor (\%)} &= \frac{14}{14} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\begin{aligned} \text{Akurasi Speaker (\%)} &= \frac{13}{14} \times 100\% \\ &= 92,86 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi Sortir (\%)} &= \frac{13}{14} \times 100\% \\ &= 92,86 \% \end{aligned}$$

Setelah melakukan analisa dan perhitungan hasil data-data di atas, didapatkan bahwa persentase tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan adalah sebesar 92,86%. Nilai ini diperoleh dari jumlah percobaan yang berhasil menjalankan seluruh proses secara lengkap, mulai dari pendeteksian sensor, aktivasi motor, pemutaran suara oleh speaker, hingga penyortiran uang ke wadah yang sesuai dengan nominalnya.



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**