

Rancang Bangun Robot *Remote Control* Menggunakan Teknologi DTMF Dengan SIM800L GPRS GSM

Beny Wirahmat Halawa^{1*}, Gogor Christmass Setyawan², Kristian Juri Damai Lase³

Program Studi Informatika, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: beny21.halawa@gmail.com

Abstract

Remote Control Robot is a mechanical device that is controlled remotely. This research aims to overcome the reliability and efficiency constraints of communication on remote control of robots by using DTMF technology and SIM800L GPRS GSM module. The prototype consists of SIM800L GPRS module as communication module, Arduino Nano used as the main microcontroller, motor driver L298N to control DC motor, ultrasonic sensor HC-SR04 for object detection, and other electronic components. Tests were conducted to ensure connection to the cellular network, call reception, and use of DTMF, as well as security features so that the robot only responds to commands from authorized numbers. The results showed that the prototype successfully met its functionality needs. The robot can be effectively controlled via DTMF signals under various network conditions. The implementation of DTMF technology and SIM800L GPRS GSM enables effective control of the robot without physical presence at the same location.

Keywords: *Robot Control; Arduino Nano; Dtmf Technology; Sim800l Gprs GSM*

Abstrak

Robot *Remote Control* merupakan perangkat mekanik yang dikendalikan dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan mengatasi kendala keandalan dan efisiensi komunikasi pada pengendalian jarak jauh robot dengan menggunakan teknologi DTMF dan modul SIM800L GPRS GSM. Prototipe terdiri dari modul SIM800L GPRS sebagai modul komunikasi, Arduino Nano digunakan sebagai mikrokontroler utama, motor *driver* L298N untuk mengontrol motor DC, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk deteksi objek, dan komponen elektronik lainnya. Pengujian dilakukan untuk memastikan koneksi ke jaringan seluler, penerimaan panggilan, dan penggunaan DTMF, serta fitur keamanan agar robot hanya merespon perintah dari nomor yang diizinkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe berhasil memenuhi kebutuhan fungsionalitasnya. Robot dapat dikontrol secara efektif melalui sinyal DTMF dalam berbagai kondisi jaringan. Implementasi teknologi DTMF dan SIM800L GPRS GSM memungkinkan pengendalian robot secara efektif tanpa kehadiran fisik di lokasi yang sama.

Kata kunci: *Robot Remote Control; Arduino Nano; Teknologi Dtmf; Sim800l Gprs Gsm*

1. Pendahuluan

Pada era teknologi yang terus berkembang pesat, kebutuhan akan sistem kontrol jarak jauh semakin meningkat, terutama dalam pengembangan aplikasi robotika [1]. Robot *remote control* adalah sebuah struktur yang secara khusus dilengkapi dengan aktuator berbentuk roda untuk menginisiasi pergerakan keseluruhan tubuh robot, dengan demikian, robot ini mampu untuk melakukan perpindahan posisi dari satu lokasi ke lokasi lainnya [2]. Robot *remote control* menjadi solusi yang efektif untuk menanggapi tantangan-tantangan di berbagai bidang, seperti *eksplorasi* lingkungan berbahaya, penyelamatan, dan pengawasan area tertentu. Oleh karena itu, pengembangan sistem kontrol yang andal dan efisien menjadi hal yang sangat penting.

Saat ini, sistem kontrol jarak jauh untuk robot masih menghadapi beberapa kendala, terutama dalam hal keandalan dan efisiensi komunikasi. Banyak sistem yang ada menggunakan teknologi berbasis Bluetooth atau Wi-Fi, yang sering kali terbatas oleh jangkauan dan kondisi sinyal yang tidak stabil. Kondisi ini menciptakan gap antara kebutuhan akan kontrol robot yang dapat diandalkan dalam berbagai kondisi lingkungan dan kemampuan teknologi yang ada untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Akibatnya, banyak aplikasi kritis yang masih belum dapat dioptimalkan karena keterbatasan sistem kontrol yang ada.

Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu teknologi yang menarik perhatian adalah *Dual-Tone Multi-Frequency* (DTMF) bersama dengan SIM800L GPRS. DTMF adalah metode pengkodean sinyal suara menggunakan kombinasi dua frekuensi untuk merepresentasikan setiap digit pada keypad telepon [3]. Sementara itu, SIM800L GPRS adalah modul komunikasi seluler yang memungkinkan transfer data melalui jaringan GPRS [4]. Teknologi DTMF biasanya digunakan dalam aplikasi kontrol jarak jauh yang memanfaatkan jaringan telepon seluler 2G. Meskipun 2G bukanlah generasi teknologi seluler terbaru, kebanyakan wilayah masih memiliki cakupan 2G yang luas. Oleh karena itu, penggunaan jaringan 2G dengan SIM800L GPRS dapat memberikan kehandalan dan ketersediaan yang baik untuk kontrol jarak jauh [5].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah robot *remote control* yang menggunakan teknologi DTMF dengan bantuan Modul SIM800L GPRS GSM. Komponen utama yang digunakan dalam pengembangan robot ini meliputi: Arduino Nano sebagai otak dari robot [6], Modul SIM800L GPRS sebagai penghubung ke jaringan GSM [7], Motor Driver L298N untuk mengontrol motor DC [8], Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi objek di sekitar [9]. Dengan menggabungkan teknologi DTMF, GSM, dan komponen-komponen elektronik tersebut, diharapkan robot *remote control* yang dirancang dapat memberikan kinerja yang handal dan responsif. Manfaat dari penelitian ini meliputi peningkatan keandalan sistem kontrol robot untuk berbagai aplikasi kritis, seperti eksplorasi, penyelamatan, dan pengawasan, serta memberikan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam kontrol robot jarak jauh.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Simanungkalit [10], dengan berjudul "Studi Komparasi Pengontrol Robot Mobil Pada *Smartphone* Android Berbasis Teknologi Nirkabel". Studi ini merancang aplikasi *smartphone* Android sebagai *remote control* untuk robot mobil menggunakan Bluetooth dan WiFi serta dua jenis input perintah: *screen button* dan *accelerometer*. Masalah yang diatasi adalah menentukan metode kontrol yang paling efektif. Proses penelitian melibatkan komparasi kedua media komunikasi dan jenis input perintah. Hasil analisa menunjukkan persentase keberhasilan input perintah *screen button* 95,84% dan *accelerometer* 91,20%, serta Bluetooth 95,72% dan WiFi 91,32%.

Menurut penelitian oleh Widiyanto dan Nuryanto [11], yang berjudul "Rancang Bangun Mobil Remote Control Android dengan Arduino". Studi ini merancang *smartphone* yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino untuk mengendalikan alat elektronik, dalam hal ini mobil *remote control* mainan (RC Car). Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan eksperimen. Arduino diprogram dengan bahasa C untuk menggerakkan motor sesuai dengan data masukan dari Android. Hasil penelitian menunjukkan prototipe alat elektronik yang dikendalikan melalui koneksi *Bluetooth* dengan *smartphone* Android. Pengujian menunjukkan bahwa kecepatan pairing antara Android dan Arduino lebih dipengaruhi oleh versi Android dibandingkan hardware yang digunakan, dan jarak antara Arduino dan Android tidak berpengaruh signifikan terhadap kecepatan pairing.

Penelitian oleh Wijayanto, Pambudiyatno, dan Sawali [12], berjudul "Rancangan Kontrol Robot Car Menggunakan Gestur Tangan Berbasis Arduino Nano Dan Avr Dengan Sensor *Accelerometer*". Penelitian ini merancang robot yang dapat bergerak sesuai perintah melalui gesture tangan untuk memenuhi kebutuhan sistem otomatis yang akurat. Metode yang digunakan adalah membaca *gesture* tangan dengan sensor *accelerometer*, memproses *input* pada mikrokontroler Arduino Nano, dan mengirimkan perintah melalui modul RF 433. Hasil penelitian menunjukkan perintah diterima oleh modul RF433, diproses oleh IC L293D, dan diterjemahkan untuk menggerakkan motor DC pada robot *car*, yang dapat maju, mundur, belok kiri, atau kanan.

Penelitian oleh Suhendar, Surahmat, dan Fuady [13], berjudul "Sensor Robot Pemadam Api Dengan Beberapa Mode Operasi Berbasis Teknologi Dtmf, Bluetooth Dan Gsm". Penelitian ini mendesain dan mengembangkan robot pemadam api menggunakan sensor api, sensor suhu, dan sensor asap untuk deteksi kebakaran. Robot dapat dikendalikan melalui *remote control* DTMF, *Bluetooth*, dan teknologi GSM/GPS, dan beroperasi dalam tiga mode: otonom, mengikuti garis, dan manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa robot dapat beroperasi secara otonom, mengikuti garis hitam untuk mendeteksi api, atau dikendalikan secara manual menggunakan *remote control*.

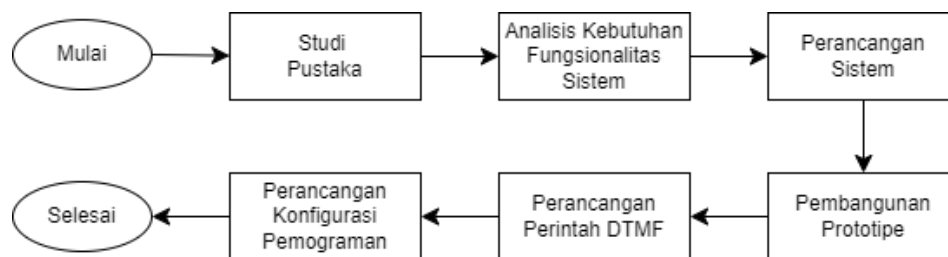
Penelitian oleh Wijaya dan Juliadi [14], berjudul "Rancang Bangun Robot Pembersih Lantai Menggunakan Arduino Nano Dengan Sistem Pengendali Berbasis Android". Penelitian

ini mengusulkan sebuah robot pembersih lantai untuk Gedung KH. Ahmad Dahlan dengan fokus pada masalah kurangnya kesadaran mahasiswa dalam menjaga kebersihan di ruang perkuliahan. Metode yang digunakan melibatkan penggunaan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek, lengan robot untuk memindahkan objek, dan sistem pengendalian melalui aplikasi berbasis Android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik berhasil mendeteksi objek seperti kertas gumpalan, sementara lengan robot dapat memindahkan objek ke tempat yang telah ditentukan. Sistem pengendalian menggunakan aplikasi via Bluetooth yang berbasis Android.

Penelitian saat ini mengusung konsep yang berbeda dengan penelitian sebelumnya dalam hal penggunaan teknologi DTMF melalui modul SIM800L GPRS GSM untuk mengendalikan robot *remote control*. Sistem ini memungkinkan pengendalian robot dari jarak jauh menggunakan sinyal DTMF yang dikirim melalui jaringan GSM, mengintegrasikan teknologi komunikasi seluler yang lebih canggih dibandingkan penggunaan Bluetooth atau WiFi. Kebaruan riset ini terletak pada pengembangan model kontrol yang tidak hanya mengandalkan koneksi langsung antara pengontrol dan robot, tetapi juga memanfaatkan jaringan telekomunikasi untuk mengirim perintah, memberikan fleksibilitas dan jangkauan yang lebih luas dalam pengendalian robot.

3. Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart metodologi

3.1 Studi Pustaka

Menentukan topik penelitian yang spesifik dan menetapkan tujuan dari studi pustaka. Mencari dan mengumpulkan literatur ilmiah, artikel jurnal, buku, konferensi, dan sumber informasi terkait lainnya yang berkaitan dengan Teknologi DTMF, SIM800L GPRS, dan pembuatan robot *remote control*.

3.2 Analisis Kebutuhan Fungsionalitas Sistem

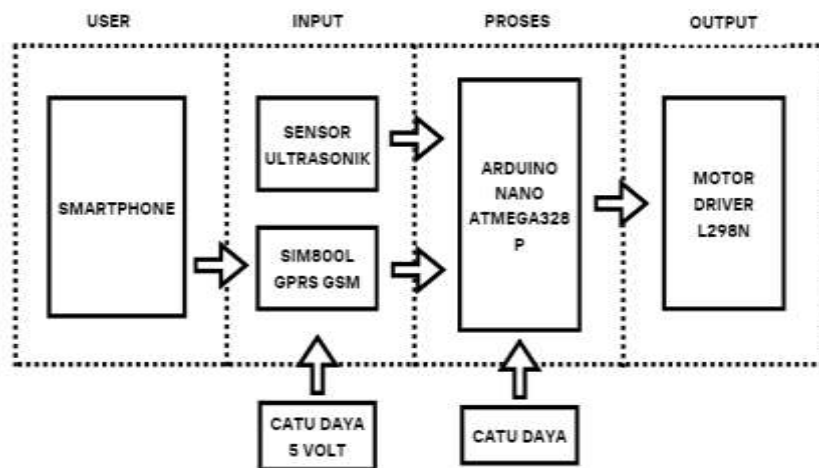
Untuk merancang dan mengembangkan sistem robot *remote control* menggunakan teknologi DTMF dengan SIM800L GPRS GSM, diperlukan analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang dibutuhkan meliputi *smartphone* yang digunakan untuk mengirim perintah DTMF melalui panggilan telepon, modul SIM800L GPRS GSM yang berfungsi sebagai modul komunikasi untuk menerima perintah DTMF dari *smartphone* dan meneruskannya ke mikrokontroler, serta Arduino Nano Atmega328P sebagai mikrokontroler utama yang mengolah perintah DTMF dan mengontrol komponen robot lainnya. Selain itu, diperlukan motor *driver* L298N untuk menggerakkan motor-motor pada robot, memungkinkan kontrol arah dan kecepatan motor, sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi mendeteksi objek di sekitar robot untuk navigasi dan penghindaran rintangan, serta kabel jumper untuk menghubungkan semua komponen elektronik secara efisien. Untuk perangkat lunak, diperlukan Arduino IDE untuk menulis, mengkompilasi, dan mengunggah kode program ke mikrokontroler, jaringan 2G untuk koneksi yang digunakan oleh modul SIM800L dalam menerima sinyal DTMF, dan *keypad* telepon pada *smartphone* yang digunakan untuk mengirim perintah kontrol ke robot.

Kebutuhan fungsionalitas sistem mencakup kemampuan robot untuk menerima perintah berupa sinyal DTMF yang dikirim melalui panggilan telepon dari *smartphone*. Mikrokontroler Arduino Nano harus dapat mengidentifikasi dan menginterpretasikan kode DTMF yang diterima

untuk menjalankan fungsi tertentu seperti bergerak maju, mundur, belok kiri, atau belok kanan. Mikrokontroler juga harus dapat mengontrol arah dan kecepatan motor menggunakan motor *driver* L298N berdasarkan perintah yang diterima. Sensor ultrasonik HC-SR04 harus dapat mendeteksi objek di depan robot, dan mikrokontroler harus merespon dengan mengubah arah robot untuk menghindari tabrakan. Modul SIM800L harus memastikan komunikasi yang stabil dan handal dengan *smartphone* melalui jaringan 2G untuk menerima dan meneruskan perintah DTMF. Dengan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak tersebut, sistem robot diharapkan dapat bekerja secara efektif dalam menerima perintah jarak jauh melalui sinyal DTMF, mengolah perintah tersebut, serta menjalankan fungsi penggerak dan deteksi rintangan.

3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem rancang bangun robot *remote control* menggunakan teknologi DTMF dengan SIM800L GPRS GSM dirancang berdasarkan beberapa modul utama yang saling berinteraksi. Diagram blok sistem terdiri dari empat blok Utama yaitu User (*Smartphone*), Input (Sensor dan SIM800L GPRS GSM), Proses (Arduino Nano ATMEGA328P), dan Output (Motor Driver L298N). Secara umum, blok diagram sistem bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Diagram blok sistem

Gambar 2 menunjukkan alur kerja sistem robot. Keterangan dan alur kerja diagram blok diatas adalah sebagai berikut:

- 1) *User (Smartphone)*
Smartphone yang berfungsi mengirim perintah kontrol berupa sinyal DTMF melalui panggilan telepon ke modul SIM800L di robot. Selama panggilan, pengguna menekan tombol pada *keypad* telepon untuk mengirim perintah DTMF (misalnya, 2 maju, 8 mundur, 4 belok kiri, 6 belok kanan, 5 berhenti).
- 2) *Input (Sensor dan SIM800L GPRS GSM)*
Input sistem terdiri dari Sensor dan SIM800L GPRS GSM. SIM800L GPRS GSM menerima sinyal DTMF dari *smartphone* dan mengirimkannya ke Arduino Nano. Sensor Ultrasonik HC-SR04 mendeteksi objek di sekitar robot dan mengirimkan data jarak ke Arduino. Mekanisme kerjanya adalah SIM800L GPRS GSM menerima panggilan, mendekode sinyal DTMF, dan mengirim data perintah ke Arduino melalui komunikasi serial. Sensor Ultrasonik HC-SR04 mengirimkan gelombang ultrasonik dan menerima pantulannya untuk menghitung jarak objek, lalu mengirim data ini ke Arduino.
- 3) *Proses (Arduino Nano ATMEGA328P)*
 Proses dilakukan oleh Arduino Nano ATMEGA328P, yang berfungsi mengolah perintah DTMF dan data jarak dari sensor untuk mengontrol operasi robot. Alur kerjanya adalah Arduino membaca perintah DTMF dan mengubahnya menjadi aksi spesifik seperti maju, mundur, belok

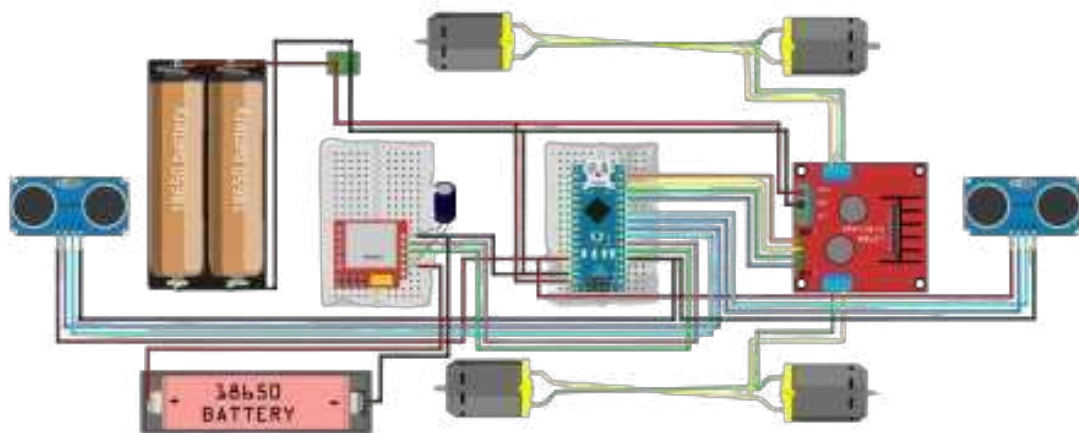
kiri, atau belok kanan. Selain itu, Arduino juga memproses data jarak dari sensor untuk menghindari objek dan mengirimkan perintah pergerakan yang sesuai ke motor driver.

4) *Output* (Motor Driver L298N)

Output sistem dipegang oleh Motor Driver L298N, yang berfungsi menggerakkan motor-motor pada robot sesuai dengan perintah dari Arduino Nano. Mekanisme kerja Motor Driver ini mengontrol suplai daya ke motor DC untuk mengatur arah dan kecepatan motor berdasarkan sinyal yang diterima dari mikrokontroler.

3.4 Pembangunan Prototipe

Langkah selanjutnya setelah analisis kebutuhan dan perancangan sistem adalah pembangunan prototipe robot *remote control*. Prototipe ini dibangun sesuai dengan desain dan spesifikasi yang telah ditentukan. Diagram pembangunan prototipe dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Diagram pembangunan prototipe

Gambar diagram prototipe menunjukkan komponen-komponen yang saling terhubung. Berikut ini deskripsi modul-modul utama sistem, fungsi setiap modul, spesifikasi komponen di dalamnya, serta mekanisme kerjanya.

1) SIM800L GPRS GSM

Modul SIM800L GPRS GSM berfungsi sebagai modul komunikasi yang menerima sinyal DTMF dari panggilan telepon dan mengirimkan data perintah ke mikrokontroler. Modul SIM800L menerima panggilan telepon dan mendekode sinyal DTMF yang diterima dari *smartphone*. Data perintah yang didapat dari sinyal DTMF diteruskan ke mikrokontroler melalui komunikasi serial UART.

Modul SIM800L GPRS GSM bekerja pada Frekuensi GSM 850/900/1800/1900 MHz, *Voltase* operasi 3.4V – 4.4V, dan dilengkapi Antena *Internal* dan *eksternal* untuk penerimaan sinyal yang lebih baik.

2) Arduino Nano ATMEGA328P

Arduino Nano ATmega328P berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang bertanggung jawab untuk mengolah perintah DTMF dan data sensor untuk mengontrol motor *driver* dan sensor. Mekanisme kerja mikrokontroler ini melibatkan penerimaan perintah dari modul SIM800L serta data jarak dari sensor ultrasonik. Setelah menerima data ini, mikrokontroler memprosesnya dan mengirimkan sinyal kontrol ke motor *driver* untuk menggerakkan motor DC sesuai dengan perintah yang diterima.

Spesifikasi komponen mikrokontroler ini mencakup jenis ATmega328P, dengan *voltase* operasi antara 5V hingga 12V. Mikrokontroler ini memiliki memori flash sebesar 32KB, 14 pin I/O digital (6 di antaranya mendukung *output* PWM), dan 8 *input* analog.

3) Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk mendeteksi objek di sekitar robot, memungkinkan navigasi dan penghindaran rintangan. Mekanisme kerja sensor ini melibatkan pengiriman gelombang ultrasonik dan menerima pantulannya dari objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali digunakan untuk menghitung jarak objek tersebut, yang kemudian informasi jarak ini dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut.

Spesifikasi komponen sensor ini mencakup *voltase* operasi 5V, dengan jarak deteksi mulai dari 2 cm hingga 400 cm, serta sudut deteksi sebesar 15 derajat.

4) Motor Driver L298N

Motor *Driver* L298N berfungsi untuk mengontrol empat motor DC pada robot berdasarkan sinyal yang diterima dari mikrokontroler. Mekanisme kerjanya melibatkan penerimaan sinyal PWM dari mikrokontroler untuk mengatur kecepatan motor. Selain itu, motor *driver* ini juga mengontrol arah motor berdasarkan sinyal logika yang diterima, memungkinkan motor bergerak maju, mundur, atau berbelok.

Spesifikasi komponen motor *driver* L298N mencakup *voltase* operasi dari 5V hingga 35V, arus maksimum 2A per *channel*, dan memiliki dua *channel*, yang memungkinkan untuk mengontrol total empat motor (dua motor per *channel*).

5) Motor DC

Motor DC memiliki fungsi untuk menggerakkan robot sesuai dengan perintah yang diterima dari motor *driver*. Mekanisme kerjanya melibatkan penerimaan daya dan sinyal kontrol dari motor *driver*, memungkinkan motor bergerak maju, mundur, atau berbelok sesuai dengan perintah yang diberikan.

Spesifikasi komponen motor DC mencakup *voltase* operasi antara 3V hingga 12V, dengan kecepatan berkisar antara 90 RPM hingga 180 RPM.

6) Catu Daya (Baterai Li-Ion)

Catu daya berfungsi untuk menyediakan daya bagi semua komponen sistem robot. Mekanisme kerjanya melibatkan penyediaan *voltase* yang stabil untuk mikrokontroler, motor *driver*, motor DC, dan sensor, serta pengaturan dan distribusi daya sesuai dengan kebutuhan masing-masing komponen.

Spesifikasi komponen catu daya mencakup *voltase output* sebesar 5V dan 12V, dengan kapasitas baterai sebesar 3000mAh. Baterai yang digunakan berukuran 18650, memastikan bahwa seluruh sistem dapat beroperasi dengan efisien dan stabil.

7) Capacitors 470uF 16V

Capacitors 470uF 16V berfungsi untuk mengatur dan menstabilkan daya yang masuk ke modul SIM800L GPRS GSM, dengan tujuan mencegah gangguan tegangan. Mekanisme kerjanya melibatkan penyaringan dan penstabilan daya yang masuk ke modul, memastikan bahwa modul menerima tegangan yang konsisten dan stabil selama operasi.

Spesifikasi komponen ini mencakup kapasitansi sebesar 470uF dan *voltase* kerja sebesar 16V, yang memungkinkan kapasitornya efektif dalam menjaga kestabilan daya yang diperlukan oleh modul SIM800L.

8) Catu Daya Terpisah untuk Modul SIM800L GPRS GSM

Catu daya terpisah untuk modul SIM800L GPRS GSM berfungsi menyediakan daya khusus untuk modul tersebut, memastikan bahwa modul SIM800L mendapatkan suplai daya yang stabil dan tidak terganggu oleh komponen lain. Mekanisme kerjanya melibatkan koneksi langsung ke modul SIM800L untuk memberikan suplai daya yang konsisten, mencegah gangguan daya yang dapat mempengaruhi kinerja komunikasi modul.

Spesifikasi komponen catu daya ini mencakup sumber daya sebesar 3.7V, *voltase output* antara 3.4V hingga 4.4V, dengan kapasitas baterai sebesar 3000mAh. Baterai yang digunakan berukuran 18650, memastikan bahwa modul SIM800L beroperasi dengan efisien dan stabil.

Dengan integrasi dari semua modul ini, sistem prototipe robot remote control dapat beroperasi secara efektif, menerima perintah jarak jauh melalui sinyal DTMF, mengolah

perintah tersebut, dan melakukan aksi yang diinginkan dengan bantuan komponen sensor dan aktuator.

3.5 Perancangan Perintah DTMF

Perancangan Perintah DTMF ini dengan menyesuaikan *keypad* telepon saat sedang dalam panggilan untuk mengontrol robot. Tombol-tombol ini biasanya ditampilkan sebagai angka 0 hingga 9 serta beberapa tombol tambahan seperti * dan # [15]. Untuk lebih jelasnya, berikut gambar tampilannya:



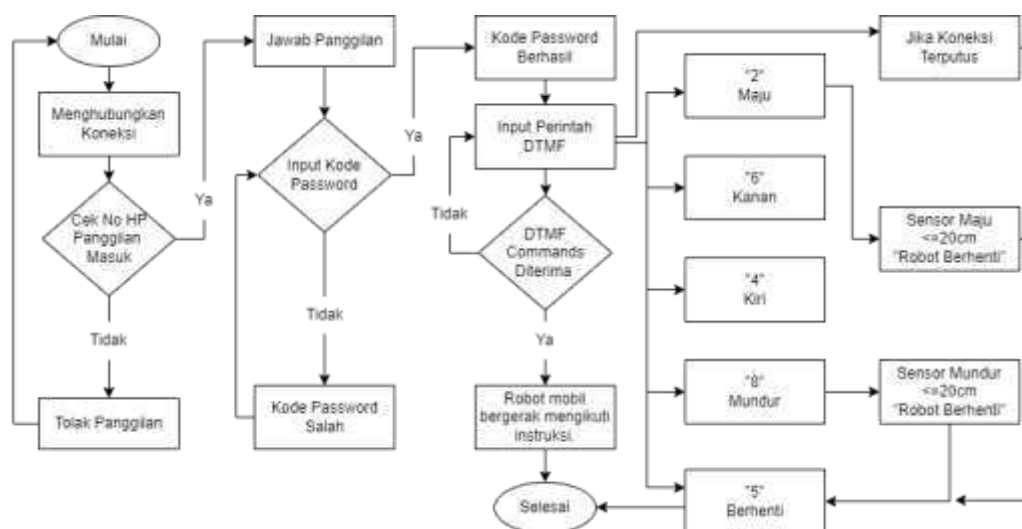
Gambar 4. Tampilan keypad

Keterangan:

- Tombol 2 : Perintah untuk Maju
- Tombol 4 : Perintah untuk Berbelok Kiri
- Tombol 6 : Perintah untuk Berbelok Kanan
- Tombol 8 : Perintah untuk mundur
- Tombol 5 : Perintah untuk Berhenti

3.6 Perancangan Konfigurasi Pemrograman

Robot *remote control* akan dikendalikan menggunakan mikrokontroler. Oleh karena itu, tahapan ini melibatkan pemrograman mikrokontroler untuk mengatur berbagai fungsi robot, seperti; kendali untuk Kontrol Motor, penerimaan sinyal DTMF dan mengirim atau menerima data melalui modul SIM800L GPRS GSM.



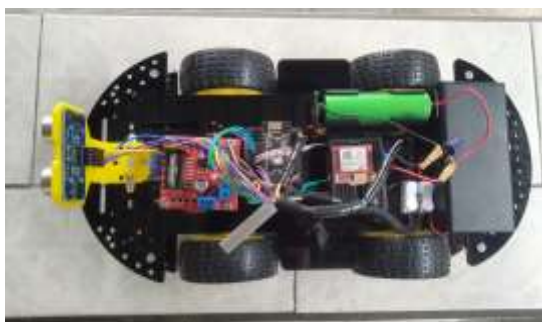
Gambar 5. Flowchart perancangan pemrograman untuk fungsi robot

Pada Gambar 5 diatas, *flowchart* ini menggambarkan tahapan perancangan pemrograman untuk mengendalikan robot. Proses dimulai dari menghubungkan koneksi, memverifikasi nomor panggilan, memasukkan kode password, hingga mengeksekusi perintah DTMF untuk mengendalikan robot. Jika koneksi buruk atau panggilan terputus, robot akan berhenti untuk memastikan keamanan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pembangunan Prototipe

Hasil pembangunan prototipe ini mencakup implementasi dan integrasi berbagai komponen yang terdiri dari modul SIM800L GPRS GSM, mikrokontroler Arduino Nano, rangkaian motor driver L298N, sensor jarak HC-SR04, dan rangkaian elektronik lainnya. Berikut gambar hasil pembangunan prototipe:



Gambar 6. Tampilan robot dari atas



Gambar 7. Tampilan robot dari samping

Pada gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa Pembangunan prototipe ini telah berhasil dibangun dengan memperhatikan desain sistem yang telah direncanakan sebelumnya. Modul SIM800L GPRS GSM diintegrasikan dengan Arduino Nano untuk mengontrol robot secara jarak jauh melalui panggilan telepon menggunakan teknologi DTMF.

4.2 Hasil Pengujian SIM800L GPRS

Pengujian modul SIM800L GPRS dilakukan untuk memastikan kestabilan tegangan dan memastikan koneksi modul GSM SIM800L ke jaringan seluler.

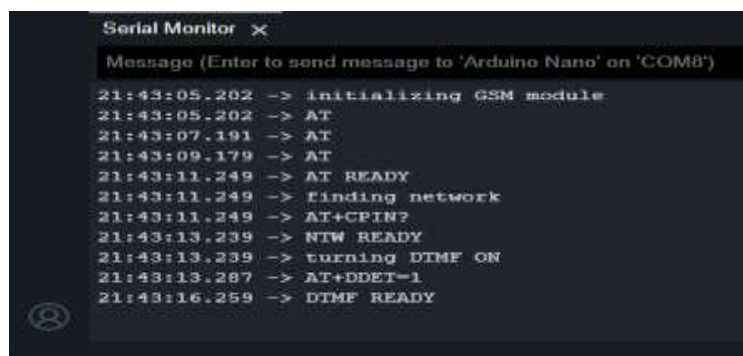
Tabel 1. Hasil tegangan power supply

Tegangan Input (V)	Stabilitas Tegangan	Efisien Energi	Koneksi
3.2	Tidak Stabil	Tidak Baik	Tidak Terkoneksi
3.4	Kurang Stabil	Kurang Baik	Terkoneksi
3.6	Kurang Stabil	Kurang Baik	Terkoneksi
3.7	Stabil	Baik	Terkoneksi
3.8	Stabil	Baik	Terkoneksi
3.9	Stabil	Baik	Terkoneksi
4.4	Stabil	Baik	Terkoneksi
4.6	Tidak Stabil	Tidak Baik	Tidak Terkoneksi

Dalam tabel ini, hasil pengujian menunjukkan bahwa modul SIM800L dapat beroperasi dengan baik dan stabil dalam rentang tegangan input 3.2 sampai 4.4 volt, tetapi jika dibawah 3.4 volt atau melebihi 4.4 volt modul SIM800L GPRS tidak dapat beroperasi dengan baik.

Tabel 2. Hasil pengujian koneksi ke jaringan seluler

Pengujian	Respon	Keterangan
AT	AT Ready	Menunjukkan ketersediaan modul SIM800L
AT+CPIN?	NTW Ready	Menunjukkan kartu SIM telah terbaca
AT+DDET=1	DTMF Ready	Fitur DTMF diaktifkan



Gambar 8. Hasil serial monitor arduino IDE

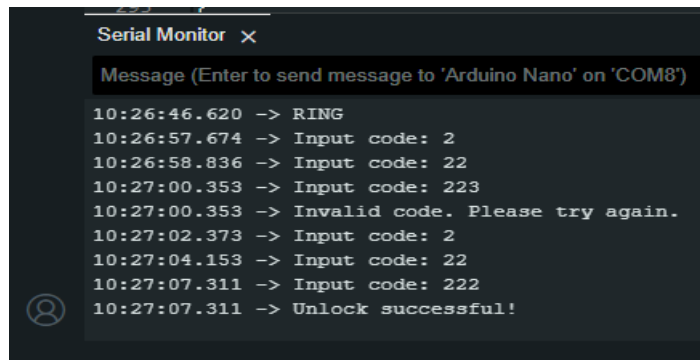
Pada tabel hasil pengujian koneksi modul GSM SIM800L ke jaringan seluler dan gambar hasil serial monitor Arduino IDE, pengujian dimulai dengan memastikan koneksi modul SIM800L ke jaringan seluler. Langkah pertama menggunakan fungsi *init_gsm()*, mengirimkan serangkaian perintah AT untuk memeriksa kesiapan dan konektivitas modul. Langkah ini termasuk mengirim perintah AT untuk memverifikasi ketersediaan modul, memeriksa status kartu SIM dengan AT+CPIN?, dan mengaktifkan fitur DTMF dengan AT+DDET=1 untuk mendeteksi nada DTMF saat ada panggilan masuk. Dengan hasil ini, modul SIM800L GPRS GSM berhasil terhubung ke jaringan seluler dan siap menerima serta memproses perintah DTMF dengan baik.

4.3 Pengujian Fitur Keamanan

Fitur keamanan diuji dengan memastikan hanya nomor HP yang diizinkan dapat menjawab panggilan dan membuka kode kontrol. Pengujian ini melibatkan simulasi panggilan dari berbagai nomor, dimana hanya nomor yang telah diotorisasi dapat mengakses sistem.

Tabel 3. Hasil pengujian fitur keamanan

Perintah DTMF	Respon	Keterangan
ATA	RING	Robot menjawab panggilan
ATA	-	Panggilan diabaikan
223	Invalid Code!	Kesalahan kunci
222	Unlock!	Robot membuka kunci



Gambar 9. Hasil serial monitor pengujian keamanan

Pada tabel hasil dan gambar hasil *serial* monitor Arduino IDE menunjukkan bahwa ketika ada panggilan masuk, program memeriksa nomor pemanggil. Jika nomor tersebut ada dalam daftar yang diizinkan (*allowed_numbers*), panggilan dijawab (ATA), jika tidak, panggilan diabaikan. Pengujian DTMF dilakukan setelah panggilan dijawab. Saat sinyal DTMF dikirim untuk membuka kunci, program menerima *input* kode DTMF. Jika kode cocok dengan yang diizinkan (*allowed_code*), kunci dibuka (*unlock_flag* diatur menjadi *true*). Jika tidak, pesan kesalahan ditampilkan dan *input* direset. Jika kunci sudah terbuka, perintah DTMF selanjutnya digunakan untuk mengontrol gerakan robot. Dengan hasil pengujian fitur keamanan ini, sistem menunjukkan kemampuan untuk memverifikasi dan mengendalikan akses secara efektif, serta memastikan keamanan dan kontrol yang tepat melalui perintah DTMF.

4.4 Hasil Pengujian Perintah DTMF pada Kondisi Jaringan

Pengujian Perintah DTMF pada Kondisi Jaringan bertujuan untuk mengevaluasi seberapa cepat dan akurat robot merespon perintah yang diterima melalui sinyal DTMF. Pengujian ini dilakukan dalam dua situasi berbeda, yaitu kondisi jaringan buruk dan kondisi jaringan baik.

Tabel 4. Hasil pengujian respon robot pada kondisi jaringan

No	Percobaan	Kondisi Jaringan	Perintah DTMF	Respon Robot	Waktu Delay
1	Ruangan Tertutup	Jaringan Buruk	2	Maju	2 detik
2			4	Belok Kiri	3 detik
3			6	Belok Kanan	2 detik
4			8	Mundur	4 detik
5			5	Berhenti	3 detik
6	Lapangan	Jaringan Baik	2	Maju	0.1 detik
7			4	Belok Kiri	0.5 detik
8			6	Belok Kanan	0.2 detik
9			8	Mundur	0.1 detik
10			5	Berhenti	0.1 detik

Pada hasil tabel di atas, penundaan rata-rata pada kondisi jaringan buruk dan jaringan baik dapat dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Penundaan rata-rata pada jaringan baik = $\frac{0.1+0.5+0.2+0.1+0.1}{5} = \frac{1}{5} \approx 0.2 \text{ detik}$
- 2) Penundaan rata-rata pada jaringan buruk = $\frac{2+3+2+4+3}{5} = \frac{14}{5} \approx 2.8 \text{ detik}$

Delay respon pada jaringan baik adalah rata-rata 0.2 detik per respon, sedangkan pada kondisi jaringan buruk, *delay* rata-rata respon robot adalah sekitar 2.8 detik per respon.

4.5 Hasil Pengujian Fungsionalitas Robot

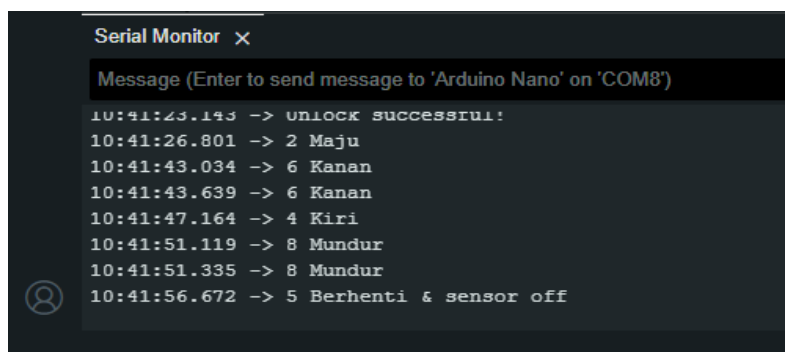
Pengujian fungsionalitas robot dilakukan untuk memverifikasi kemampuannya dalam merespon perintah DTMF, menggerakkan motor DC sesuai perintah, dan berhenti saat mendeteksi halangan.

1) Hasil Pengujian Motor Driver

Pengujian motor *driver* L298N menunjukkan bahwa motor dapat bergerak maju, mundur, berhenti, serta berbelok ke kiri dan kanan sesuai dengan perintah DTMF yang diterima.

Tabel 5. Hasil pengujian motor driver

Perintah DTMF	Keterangan	Aksi yang Diambil	Status
2	Forward	Motor DC Bergerak Maju	Berhasil – Robot Maju
4	Turn Left	Motor DC Bergerak Ke Kiri	Berhasil – Robot Berbelok Kiri
6	Turn Right	Motor DC Bergerak Ke Kanan	Berhasil – Robot Berbelok Kanan
8	Reverse	Motor DC Bergerak Mundur	Berhasil – Robot Mundur
5	Stop Robot	Motor DC Berhenti Bergerak	Berhasil – Robot Berhenti



Gambar 10. Hasil serial monitor pengujian motor driver

Pada tabel hasil dan gambar Arduino IDE, hasil menunjukkan bahwa motor *driver* dapat mengontrol motor dengan baik. Setiap perintah DTMF yang diterima oleh robot diinterpretasikan untuk menggerakkan robot maju, mundur, berhenti, berbelok kanan, atau berbelok kiri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fungsionalitas robot berjalan dengan baik.

2) Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

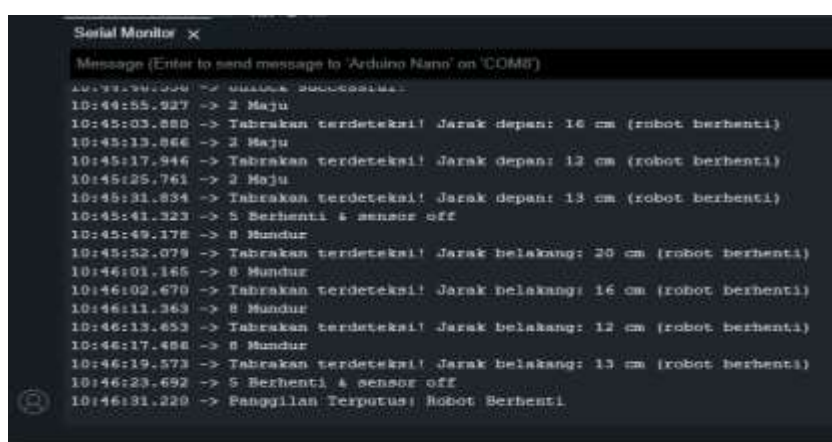
Selanjutnya, pengujian dilakukan untuk memeriksa kinerja sensor. Ketika memberikan perintah maju, sensor depan diaktifkan, dan sebaliknya untuk perintah mundur, sensor belakang diaktifkan. Rumus perhitungan untuk mengonversi durasi yang diukur oleh sensor ultrasonik menjadi jarak dalam sentimeter adalah sebagai berikut:

$$Distance \text{ (cm)} = \frac{duration + 2}{29.1}$$

Dalam rumus ini, “*duration*” adalah waktu yang diperlukan gelombang ultrasonik untuk kembali ke sensor setelah dipantulkan oleh objek, dan “*distance*” adalah jarak antara sensor ultrasonik dan objek dalam sentimeter.

Tabel 6. Hasil pengujian sensor

Percobaan	Perintah	Sensor Aktif	Jarak Depan (<= 20cm)	Jarak Belakang (<= 20cm)	Respon Robot
Tembok	Maju	Depan	16 cm	-	Berhenti
Kardus	Maju	Depan	12 cm	-	Berhenti
Kayu	Maju	Depan	13 cm	-	Berhenti
Tembok	Mundur	Belakang	-	16 cm	Berhenti
Kardus	Mundur	Belakang	-	12 cm	Berhenti
Kayu	Mundur	Belakang	-	13 cm	Berhenti



Gambar 11. Hasil serial monitor pengujian sensor

Pada hasil pengujian kinerja sensor, robot mampu mendeteksi objek di depan dan belakang dengan akurat. Rata-rata jarak berhenti untuk masing-masing objek adalah tembok 16cm, kardus 12cm, dan kayu 13cm. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsionalitas sensor bekerja dengan baik.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, penggunaan teknologi DTMF dan modul SIM800L memungkinkan kontrol robot dari jarak jauh melalui jaringan seluler, mengatasi keterbatasan jarak yang ada pada sistem berbasis Bluetooth atau WiFi. Hal ini sangat relevan untuk aplikasi di lingkungan yang luas atau terpencil, di mana jaringan seluler lebih tersedia dibandingkan jaringan WiFi. Fitur keamanan yang memungkinkan hanya nomor telepon yang diizinkan untuk mengendalikan robot memberikan tingkat perlindungan tambahan terhadap akses yang tidak sah, memastikan bahwa hanya pengguna yang diotorisasi yang dapat memberikan perintah kepada robot, sehingga mengurangi risiko gangguan atau penyalahgunaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menerima dan mengeksekusi perintah DTMF dengan tingkat keberhasilan yang tinggi dan latensi rendah, memastikan bahwa robot merespon perintah dengan cepat dan akurat. Dengan hasil pengujian diatas menunjukkan beberapa poin yang relevan antara penelitian sebelumnya dan penelitian saat ini:

1) Pengendalian Jarak Jauh dan Keamanan.

Penelitian oleh Suhendar, Surahmat, dan Fuady [13] menunjukkan bahwa sistem kontrol berbasis teknologi DTMF dapat beroperasi secara andal dalam berbagai mode operasi, memperkuat temuan bahwa DTMF dapat digunakan untuk kontrol jarak jauh dengan keandalan tinggi. Simanungkalit [10] menekankan penggunaan teknologi *nirkabel* untuk kontrol robot, namun lebih fokus pada Bluetooth dan WiFi. Studi ini memperkuat temuan bahwa teknologi *nirkabel* adalah solusi efektif untuk kontrol jarak jauh, sementara

penelitian saat ini menunjukkan bahwa DTMF melalui jaringan seluler dapat menawarkan keandalan tambahan dalam skenario tertentu.

2) Akurasi dan Efisiensi Perintah.

Wijaya dan Juliadi [14] menemukan bahwa koneksi antara perangkat Android dan Arduino lebih dipengaruhi oleh versi Android dibandingkan hardware yang digunakan. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi DTMF dan modul SIM800L memiliki keunggulan dalam hal independensi terhadap versi perangkat lunak yang digunakan pada *smartphone*, memberikan solusi yang lebih konsisten. Widiyanto dan Nuryanto [11] menunjukkan bahwa prototipe alat elektronik yang dikendalikan melalui koneksi Bluetooth dengan *smartphone* Android dapat berfungsi dengan baik. Penelitian ini memperkuat temuan bahwa penggunaan mikrokontroler Arduino untuk mengolah perintah dari perangkat *nirkabel* adalah metode yang efektif.

3) Navigasi dan Penghindaran Rintangan.

Wijayanto, Pambudiyatno, dan Sawali [12] menyatakan bahwa penggunaan sensor *accelerometer* dan modul RF untuk navigasi robot adalah metode yang efisien. Penelitian ini memperkuat temuan bahwa sensor ultrasonik, seperti HC-SR04 yang digunakan dalam penelitian ini, adalah alat yang efektif untuk navigasi dan penghindaran rintangan pada robot. Wijaya dan Juliadi [14] meneliti penggunaan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek dalam aplikasi robot pembersih lantai. Penelitian ini mendukung temuan bahwa sensor ultrasonik dapat memberikan data jarak yang akurat dan memungkinkan navigasi robot yang aman dan efisien.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat temuan sebelumnya tetapi juga memberikan kontribusi baru dengan menunjukkan bahwa penggunaan teknologi DTMF dengan modul SIM800L GPRS GSM menawarkan solusi yang lebih fleksibel dan aman untuk kontrol robot jarak jauh. *Novelty* dari penelitian ini terletak pada integrasi sistem kontrol DTMF melalui jaringan seluler, yang memberikan keuntungan dalam hal jangkauan dan keamanan dibandingkan metode *nirkabel* lainnya seperti *Bluetooth* atau WiFi.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan robot *remote control* menggunakan teknologi DTMF dengan modul SIM800L GPRS GSM telah berhasil dilakukan. Prototipe ini terdiri dari berbagai komponen, termasuk modul SIM800L, mikrokontroler Arduino Nano, motor driver L298N, sensor jarak HC-SR04, dan rangkaian elektronik lainnya. Berbagai tahapan pengujian telah dilakukan untuk memastikan fungsionalitas modul SIM800L, termasuk pengujian koneksi ke jaringan seluler, penerimaan panggilan, dan penggunaan DTMF. Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap fitur keamanan untuk memastikan bahwa robot hanya merespon perintah dari nomor yang diizinkan dan kode yang benar. Pengujian respon robot dilakukan untuk mengevaluasi seberapa cepat dan akurat robot merespon perintah yang diterima melalui sinyal DTMF, baik dalam kondisi jaringan yang baik maupun buruk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe ini berhasil memenuhi kebutuhan fungsionalitasnya dan dapat diimplementasikan untuk mengendalikan robot secara jarak jauh melalui panggilan telepon menggunakan teknologi DTMF. Dengan demikian, pengguna dapat mengontrol robot dengan mudah dan efektif tanpa perlu kehadiran fisik di lokasi yang sama.

Daftar Referensi

- [1] A. Virmansyah, "Rancang Bangun Prototype Sistem Kendali Pintu Air Bendungan Menggunakan SMS," Tugas Akhir, Universitas Mercu Buana, 2018, [Online]. Available: <https://repository.mercubuana.ac.id/40134/2/Abstrak.pdf>
- [2] Y. Suzantry and Y. Mardiana, "Mobil Remote Control Berbasis Arduino Dengan Sistem Kendali Menggunakan Android," *Pros. Semin. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 151–158, 2018, [Online]. Available: <http://www.arduino.ic>
- [3] M. F. Susanto, D. N. Annisa, E. J. Pristianto, "Sistem Penguncian Menggunakan Teknologi DTMF NonStandar Berbasis Mikrokontroler," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 566–569, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4190>
- [4] S. Pakpahan and A. Agung, "Rancang Bangun AMF-ATS Berbasis SIM800L Dengan Fungsi Monitoring Status Switching Pada Genset," *Jur. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 81–89, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/>

- article/view/25787
- [5] P. R. Santoso, S. R. Akbar, E. S. Pramukantoro, "Implementasi Mekanisme Sleep-Wake Pada Node Sensor Berbasis GSM," vol. 3, no. 4, pp. 3358–3367, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [6] M. Suari, "Pemanfaatan Arduino nano dalam Perancangan Media Pembelajaran Fisika," *Nat. Sci. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 474–480, 2017, [Online]. Available: www.ecadio.com
- [7] I. P. L. Dharma, S. Tansa, and I. Z. Nasibu, "Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM800I Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 40–56, 2019, doi: 10.37031/jt.v17i1.25.
- [8] F. B. Setiawan, Y. Y. C. Wibowo, L. H. Pratomo, and S. Riyadi, "Perancangan Automated Guided Vehicle Menggunakan Penggerak Motor DC dan Motor Servo Berbasis Raspberry Pi 4," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 18, no. 2, pp. 94–101, 2022, doi: 10.17529/jre.v18i2.25863.
- [9] R. A. S. P. S. F. Yudha, "Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino," *EINSTEIN e-JOURNAL*, vol. 5, no. 3, pp. 19–26, 2019, doi: 10.24114/einstein.v5i3.12002.
- [10] S. Simanungkalit, "Studi Komparasi Pengontrol Robot Mobil Pada Smartphone Android Berbasis," *Tek. Elektro, Fak. Tek. dan Ilmu Komputer, UNIKOM*, pp. 1–7, 2013, [Online]. Available: https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/651/jbptunikompp-gdl-sitiuransi-32533-13-unikom_s-l.pdf
- [11] A. Widiyanto and N. Nuryanto, "Rancang Bangun Mobil Remote Control Android dengan Arduino," *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 50–61, 2016, doi: 10.24076/citec.2015v3i1.65.
- [12] R. Wijayanto, N. Pambudiyatno, and P. P. Surabaya, "Rancangan Kontrol Robot Car Menggunakan Gestur Tangan Berbasis Arduino Nano Dan Avr Dengan Sensor," *Semin. Nas. Inov. Teknol. Penerbangan*, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: [http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=979884&val=14474&title=Rancangan Kontrol Robot Car Menggunakan Gestur Tangan Berbasis Arduino Nano Dan Avr Dengan Sensor Accelerometer](http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=979884&val=14474&title=Rancangan%20Kontrol%20Robot%20Car%20Menggunakan%20Gestur%20Tangan%20Berbasis%20Arduino%20Nano%20Dan%20Avr%20Dengan%20Sensor%20Accelerometer)
- [13] B. Suhendar, A. Surahmat, and T. D. Fuady, "Sensor Robot Pemadam Api Dengan Beberapa Mode Operasi Berbasis Teknologi Dtmf, Bluetooth Dan Gsm," *J. Ilm. Sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 135–150, 2020, doi: 10.47080/saintek.v4i2.1013.
- [14] A. Wijaya and D. Juliadi, "Rancang Bangun Robot Pembersih Lantai Menggunakan Arduino Nano Dengan Sistem Pengendali Berbasis Android," *J. Pseudocode*, vol. 8, no. 9, pp. 98–107, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/pseudocode/article/view/14444>
- [15] H. P. Karnila, S. Sumardi, and D. Darjat, "Pembatas dan Pencatat No Tujuan Telepon yang Dapat Diprogram Untuk Diaplikasikan Pada Pesawat Telepon DTMF Berbasis Mikrokontroler AT89C51," Naskah akademik Undip, pp. 1–9, 2011, [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/25688/%0Ahttp://eprints.undip.ac.id/25688/1/ML2F097642.pdf>