

PRAKTIKUM ROBOTIKA LANJUT
LAPORAN AKHIR PROJECT ROBOT LINE FOLLOWER



Disusun oleh:

KELOMPOK 5 PRAKTIK ROBOTIKA LANJUT C2

M. NABIL KHAIRI IKHSAN 23090620080
RAGIL TRIANA D A 23090620032
NANDANA FARREL 23090620039
ARDHANA DZAKI M 23090620041

D4 TEKNIK ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN ELEKTRONIKA
FAKULTAS VOKASI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2025

I. RANCANGAN SISTEM

A. Komponen yang digunakan

Tabel 1. Jumlah dan Komponen yang Digunakan

Komponen	Jumlah
Arduino Nano	1
Driver Motor L293DN	1
Motor DC N20	2
Sensor Garis Photodioda 3mm dengan LED 3mm	8
Multiplexer IC CD4051	1
OLED 0,96" SSD1306	1
Buzzer	1
Push Button	5
Step Up	1
Step Down	1
Batrai Li ion 18650	2

B. Fungsi setiap komponen:

1. Mikrokontroler Arduino Nano (ATmega328P) berperan sebagai otak utama sistem kendali. Seluruh logika algoritma, proses pembacaan sensor, serta eksekusi keputusan dikendalikan dari mikrokontroler ini. Arduino menerima data dari berbagai input, lalu memprosesnya menjadi perintah yang akan mengatur arah dan kecepatan motor serta kontrol komponen lainnya.
2. Driver Motor L293DN berfungsi sebagai jembatan penguat sinyal antara Arduino dan motor DC. Karena Arduino hanya menghasilkan sinyal logika berarus kecil, maka driver motor diperlukan untuk menyediakan kemampuan arus yang cukup besar agar motor dapat bergerak dengan daya yang sesuai.

Dengan driver ini, Arduino dapat mengatur arah putaran motor—maju atau mundur—serta kecepatannya.

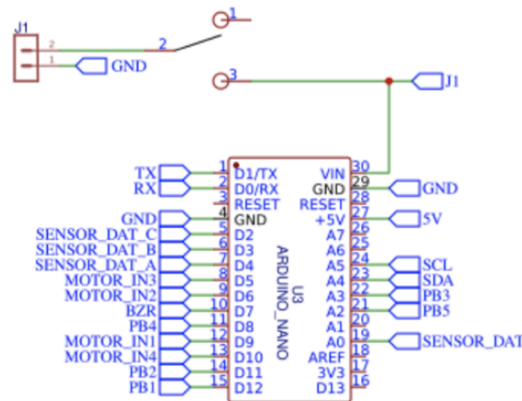
3. Motor DC N20 digunakan sebagai penggerak roda sistem. Motor ini berperan langsung dalam mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanik sehingga perangkat dapat bergerak. Motor N20 dikenal memiliki dimensi kecil, torsi yang baik, dan respons cepat, sehingga cocok untuk robot bergerak ringan seperti line follower atau sistem mobil robotik mini.
4. Sensor garis berupa photodioda 3mm dengan kombinasi LED IR 3mm berfungsi sebagai pendeteksi permukaan garis. LED IR memancarkan cahaya inframerah ke permukaan, sementara photodioda membaca pantulan cahaya tersebut. Perbedaan reflektansi antara warna putih dan hitam memungkinkan sistem mengenali posisi garis dan melakukan koreksi arah secara presisi.
5. Multiplexer IC CD4051 digunakan untuk membaca hingga 8 sensor menggunakan hanya satu pin analog pada Arduino. Komponen ini bekerja sebagai saklar elektronik yang memilih kanal mana yang akan dibaca secara bergantian. Dengan demikian, sistem dapat memperoleh banyak informasi input tanpa membutuhkan banyak pin fisik pada mikrokontroler, sehingga lebih efisien.
6. Antarmuka OLED 0,96" SSD1306 I2C menjadi media visual untuk menampilkan informasi seperti status sistem, data sensor, menu pengaturan, atau parameter kalibrasi. Penggunaan tampilan kecil ini memudahkan pengembang untuk melakukan debugging, kalibrasi, serta memantau performa sistem secara real-time.
7. Buzzer berfungsi sebagai indikator audio yang memberikan umpan balik suara kepada pengguna selama proses operasional sistem. Komponen ini digunakan untuk menandai berbagai kondisi seperti keberhasilan kalibrasi, perubahan mode, peringatan kesalahan, atau notifikasi tertentu saat robot dijalankan. Dengan adanya buzzer, pengguna dapat dengan mudah mengetahui status sistem tanpa harus melihat tampilan OLED, sehingga meningkatkan kenyamanan dan keandalan dalam penggunaan.
8. Push button berfungsi sebagai input manual yang digunakan untuk navigasi menu pada OLED dan sebagai tombol On/Off. Dengan adanya tombol ini, pengguna dapat berinteraksi langsung dengan sistem—misalnya mengakses pengaturan, memulai kalibrasi sensor, atau mematikan perangkat—tanpa memerlukan komputer atau perangkat eksternal lainnya.
9. Step Up berfungsi untuk menaikkan tegangan dari sumber daya baterai ke level tegangan yang dibutuhkan oleh komponen tertentu pada sistem. Modul ini bekerja dengan cara meningkatkan tegangan input—misalnya dari 3,7V baterai Li-ion—menjadi 5V atau lebih sesuai kebutuhan rangkaian. Penggunaan Step Up penting ketika komponen seperti sensor, driver motor, atau mikrokontroler membutuhkan tegangan yang lebih tinggi dan stabil untuk bekerja secara optimal.
10. Step Down digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber daya utama menuju tegangan yang lebih rendah yang aman bagi komponen elektronik.

Modul ini menjaga agar tegangan yang diterima mikrokontroler, sensor, dan modul komunikasi tetap berada pada level aman, misalnya dari 7.4V baterai Li-ion menjadi 5V atau 3.3V. Dengan adanya Step Down, sistem dapat beroperasi tanpa risiko kerusakan akibat kelebihan tegangan, sekaligus menjaga efisiensi konsumsi daya.

11. Baterai Li-ion berfungsi sebagai sumber energi utama yang menyuplai daya ke seluruh sistem. Baterai jenis ini dipilih karena memiliki kapasitas besar, tegangan stabil, ukuran ringkas, dan efisiensi pengisian yang tinggi. Li-ion mampu memberikan arus yang cukup untuk mengoperasikan motor, mikrokontroler, sensor, serta modul pendukung lainnya. Selain itu, karakteristiknya yang ringan dan densitas energi tinggi menjadikannya sangat ideal untuk perangkat bergerak seperti robot line follower dan sistem robotik portabel lainnya.

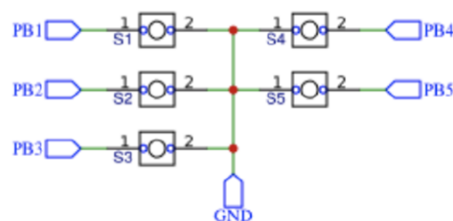
C. Wiring diagram komponen:

1. Main Micro - Arduino Nano



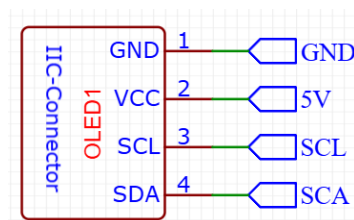
Gambar 1. Susunan Rangkaian Main Micro - Arduino Nano

2. Push Button



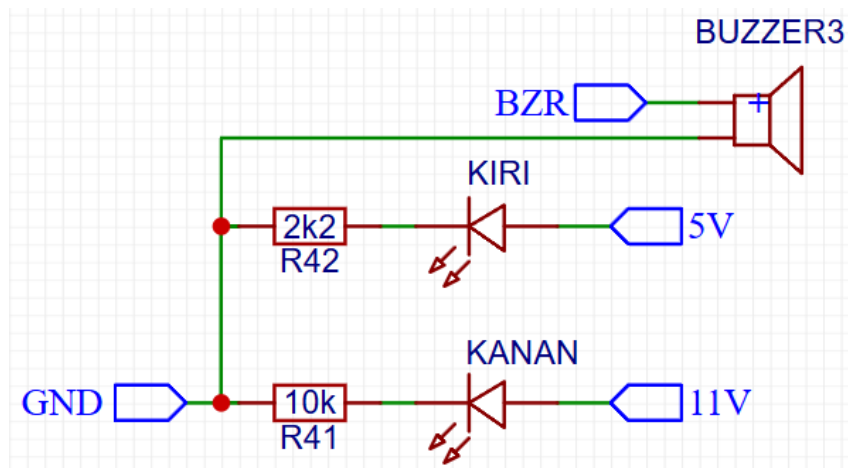
Gambar 2. Susunan Rangkaian Push Button

3. OLED 0.96"



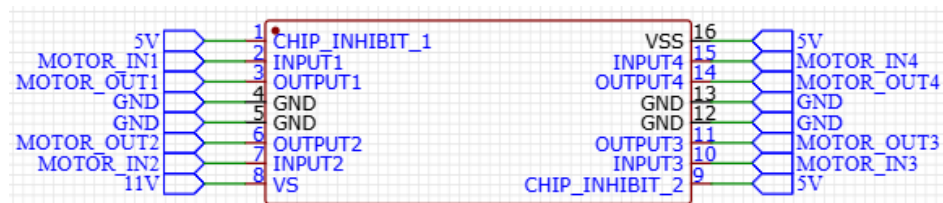
Gambar 3. Susunan Rangkaian Komponen Oled

4. Buzzer



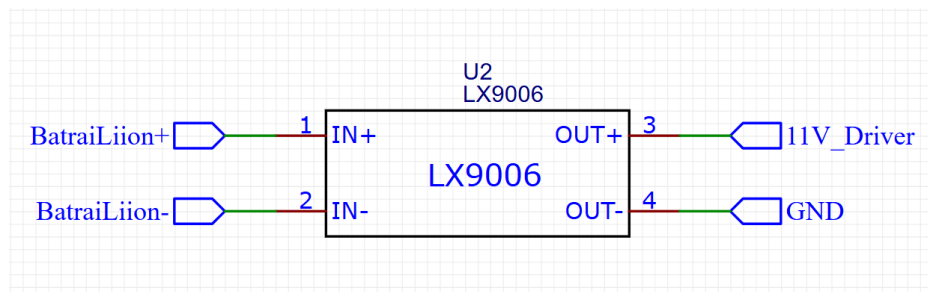
Gambar 4. Susunan Rangkaian Untuk Buzzer

5. Driver Motor



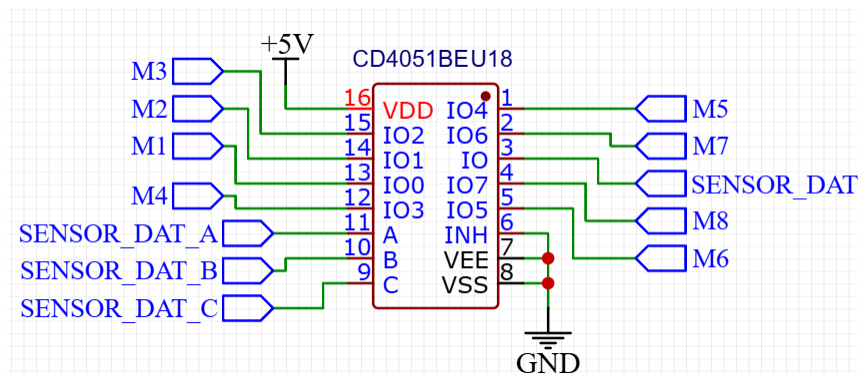
Gambar 5. Susunan Rangkaian Driver Motor

6. Step Up



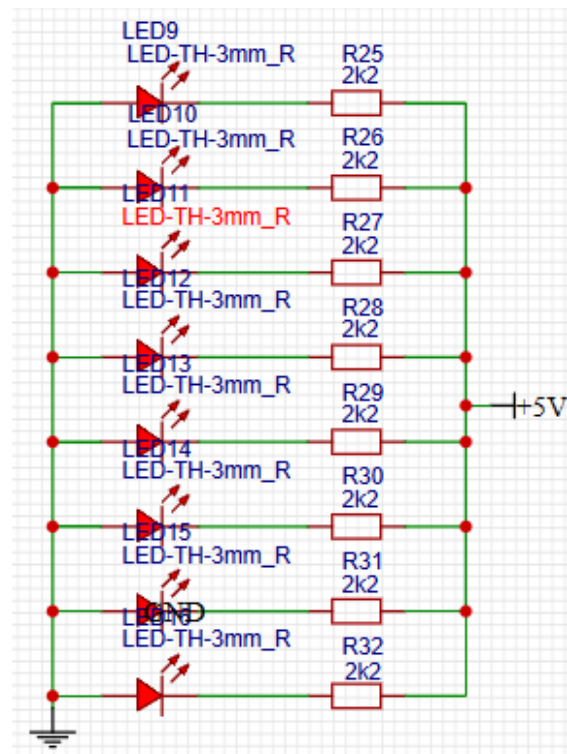
Gambar 6. Susunan Rangkaian Penambah Tegangan

7. Multiplexer



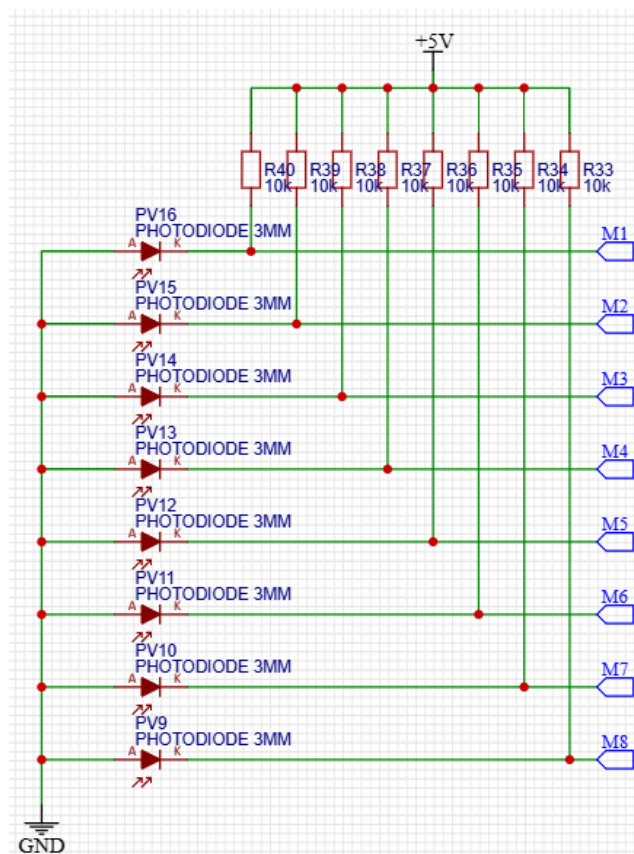
Gambar 7. Susunan Rangkaian Driver Sensor

8. LED



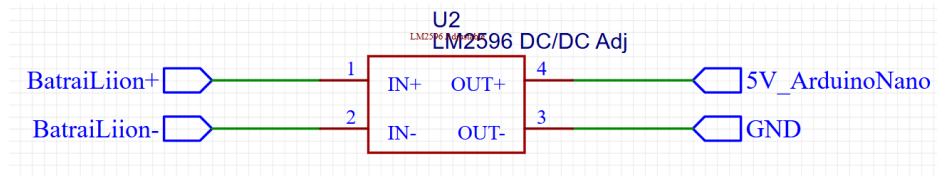
Gambar 8. Susunan Rangkaian Untuk LED

9. Photodioda



Gambar 9. Susunan Rangkaian Sensor Photodioda

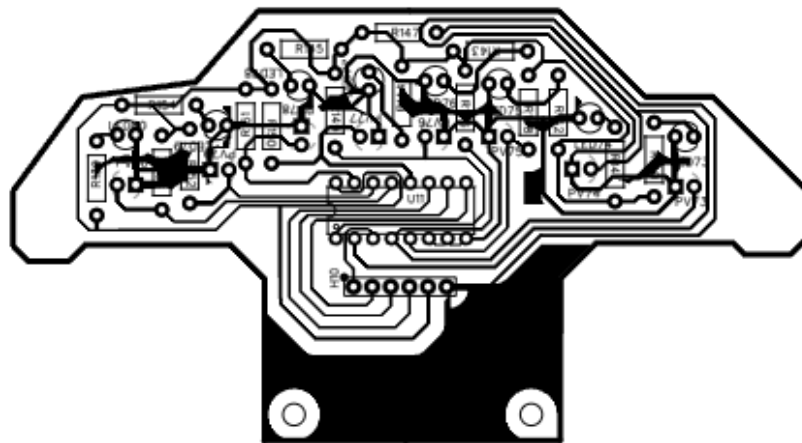
10. Step Down



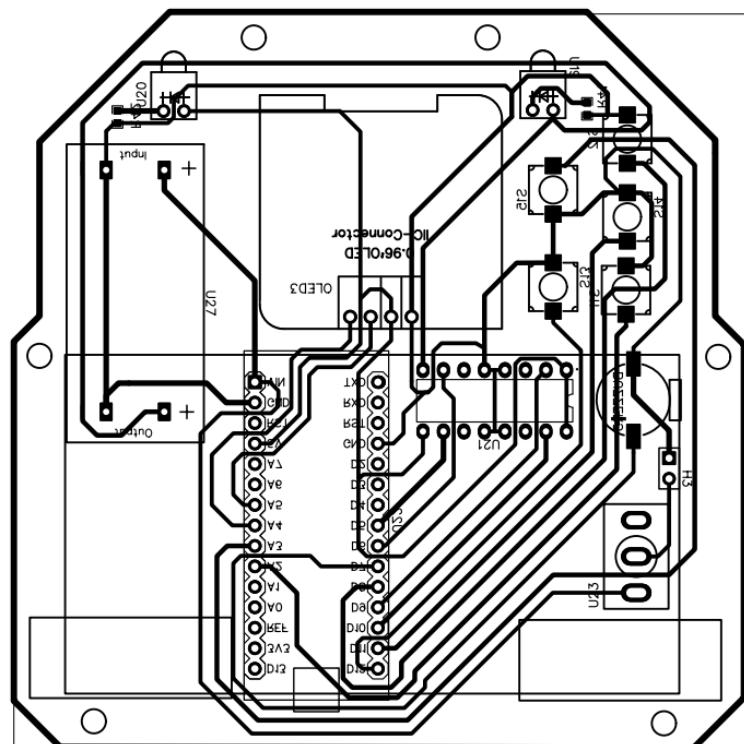
Gambar 10. Susunan Rangkaian Untuk Penurun Tegangan

D. Size dimensi:

1. Desain Wiring PCB Sensor:



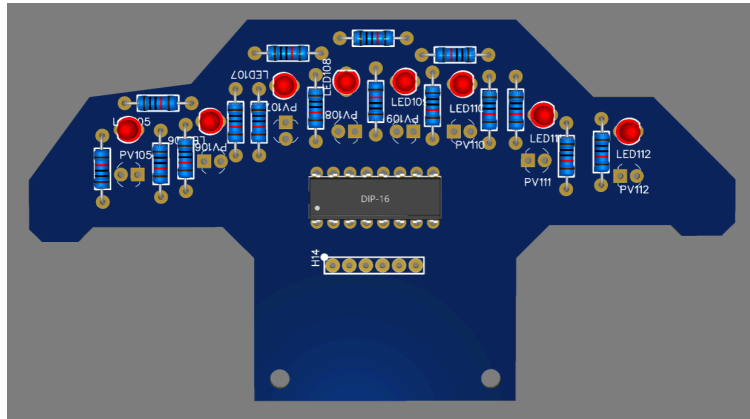
Gambar 11. Skematik dan Jalur Untuk Sensor



Gambar 12. Skematik dan Jalur Untuk Main Board

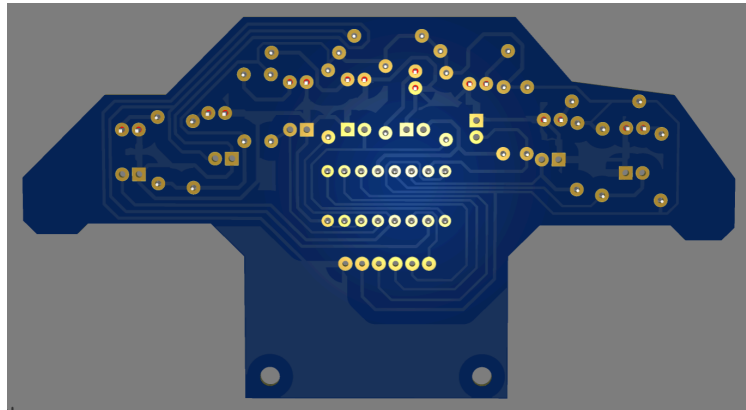
2. 3D PCB Sensor:

a. Top



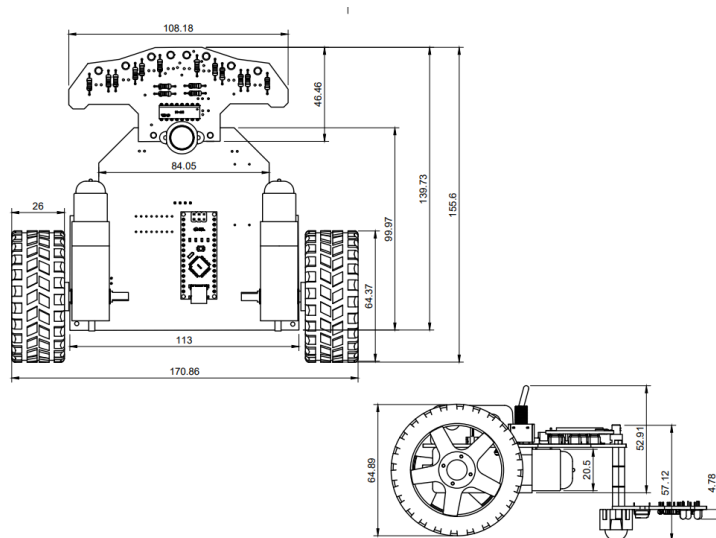
Gambar 13. 3D Tampak Depan Untuk Skematik dan Jalur Untuk Sensor

b. Bottom

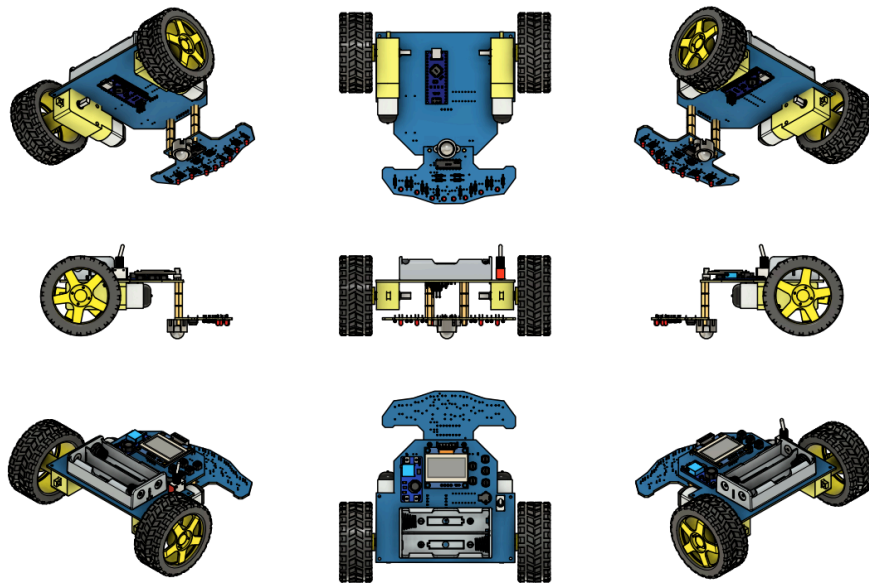


Gambar 14. 3D Tampak Belakang Untuk Skematik dan Jalur Untuk Sensor

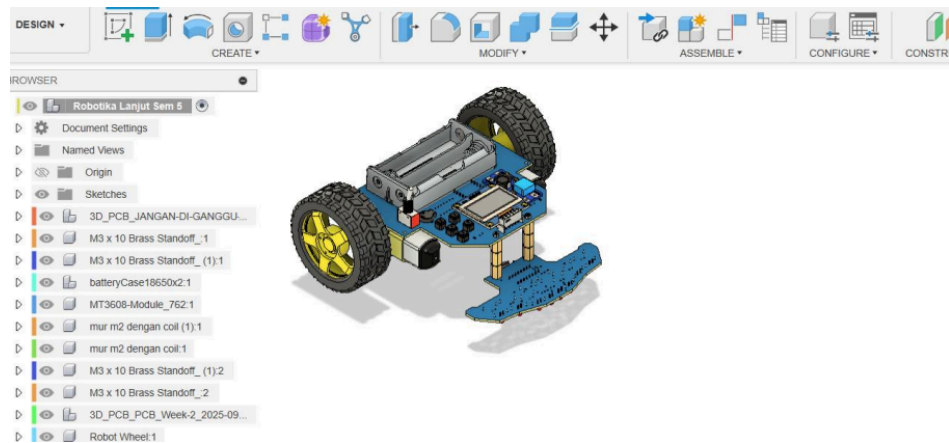
3. Desain 3D robot dirancang dengan Fusion 360, berikut ini adalah desain yang digunakan:



Gambar 15. Gambar Mekanik dan Dimensi Robot



Gambar 16. Tampak Atas, Bawah, Kanan, Kiri, Depan, Belakang dari Robot



Gambar 17. Proses Pengerjaan Desain Robot (Fusion360)

II. IMPLEMENTASI SISTEM

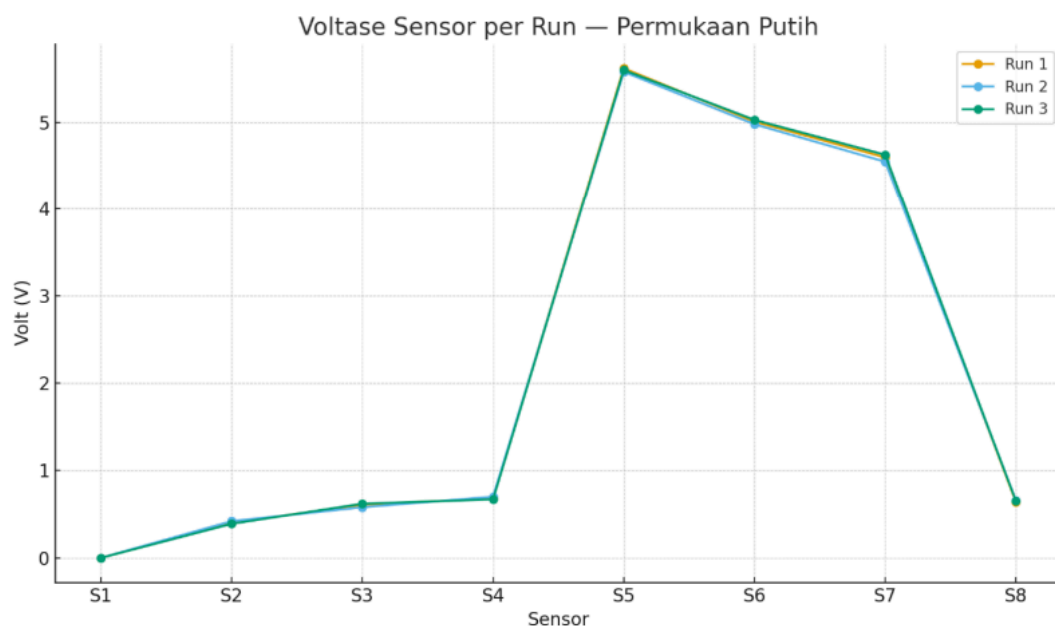
Sistem yang kami buat menggunakan delapan photodiode (PV9 hingga PV16) sebagai sensor garis yang masing-masing terhubung ke resistor pull-up 10 kilo ohm (R33–R40), lalu dihubungkan ke modul multiplexer CD4051BEU18. Photodiode berfungsi untuk mendeteksi garis hitam di atas permukaan yang lebih terang, dan setiap output sensor diarahkan ke salah satu dari delapan input multiplexer (IO0 hingga IO7). Multiplexer digunakan untuk mengurangi jumlah pin input/output yang dibutuhkan pada Arduino Nano; pin kontrol A, B, dan C pada CD4051 terhubung ke pin digital Arduino dan digunakan untuk memilih salah satu sensor secara bergantian. Data sensor yang terpilih kemudian dikirim ke pin analog SENSOR_DAT (A0) pada Arduino.

Untuk aktuasi, robot menggunakan driver motor (IC yang tampak memiliki pin INPUT1–4 dan OUTPUT1–4) yang dikendalikan oleh pin digital Arduino (D4–D7 serta D9–D11). Driver ini mengontrol dua motor DC yang digunakan sebagai penggerak robot. Tegangan untuk driver motor berasal dari modul step-up LX9006 yang menaikkan tegangan baterai Li-ion menjadi sekitar 11 volt. Sedangkan tegangan 5 volt untuk Arduino Nano dan komponen logika lainnya disuplai oleh modul step-down LM2596 dari sumber baterai yang sama.

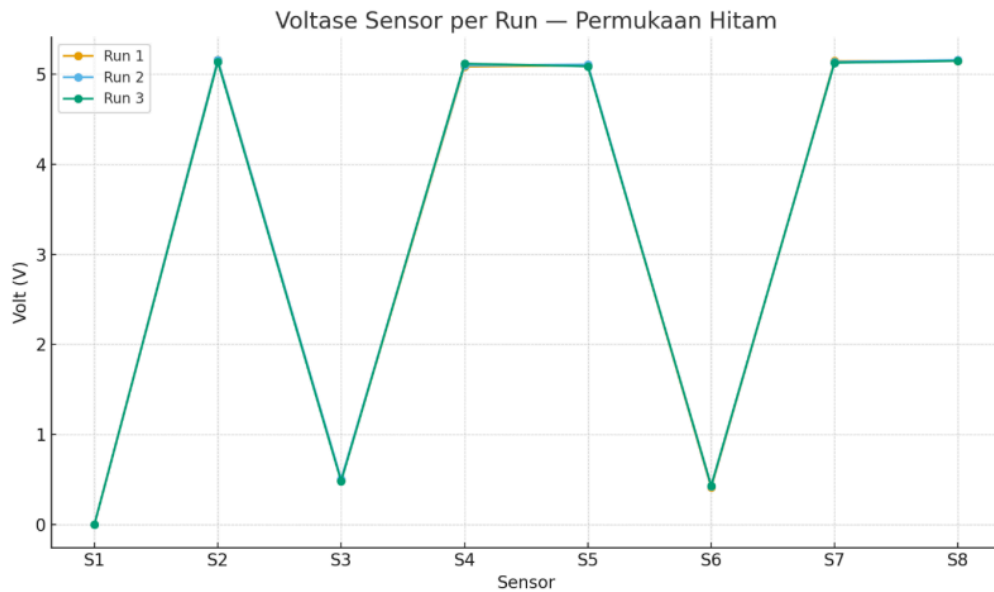
Sistem kami juga menggunakan delapan LED indikator (LED9–LED16), masing-masing menggunakan resistor pembatas arus 2.2 kilo ohm (R25–R32) untuk menampilkan status sensor secara visual. Selain itu, terdapat layar OLED berukuran 0.96 inci yang menggunakan komunikasi I2C melalui pin SCL dan SDA untuk menampilkan informasi atau debugging.

III. PENGUJIAN

Pengukuran ke-	Waktu Permukaan	Sensor (Volt)							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	Putih	0.00	0.40	0.61	0.68	5.62	5.01	4.6	0.64
2		0.00	0.42	0.58	0.70	5.58	4.98	4.55	0.66
3		0.00	0.39	0.62	0.67	5.60	5.03	4.63	0.65
1	Hitam	0.00	5.158	0.49	5.088	5.1	0.41	5.148	5.15
2		0.00		0.50	5.10	5.11	0.42	5.14	5.16
3		0.00		0.48	5.12	5.09	0.43	5.13	5.15



Gambar 18. Hasil Tegangan saat di Permukaan Putih



Gambar 19. Hasil Tegangan saat di Permukaan Hitam

Berdasarkan tabel hasil pengukuran, terlihat bahwa tiga kali pengujian menunjukkan pola yang cukup konsisten, sehingga data dapat dikatakan cukup repeatable. Salah satu hal yang menonjol adalah sensor S1 yang selalu menunjukkan nilai 0,00 volt. Hal ini menandakan bahwa sensor tersebut bukan sedang membaca permukaan tertentu, tetapi benar-benar tidak bekerja.

Pada permukaan putih, sensor S5 sampai S7 berada sangat dekat dengan tegangan suplai (sekitar 5 volt), sedangkan sensor S2 hingga S4 berada di bawah 1 volt, dan S8 berada di kisaran 0,65 volt. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian sensor, khususnya S5 sampai S7, menerima intensitas cahaya yang terlalu besar sehingga masuk ke kondisi jenuh. Hal ini sesuai dengan kondisi fisik bahwa posisi LED dan photodiode berada terlalu dekat, sehingga cahaya diterima secara langsung, bukan sebagai pantulan dari permukaan. Sensor lainnya (S2–S4 dan S8) menunjukkan perilaku yang lebih sesuai, di mana permukaan putih menghasilkan arus fotodiode lebih besar sehingga tegangan output menjadi rendah.

Pada permukaan hitam, hampir semua sensor menunjukkan tegangan tinggi (mendekati 5 volt), kecuali S3 dan S6 yang justru berada di sekitar 0,5 volt. Jika dilihat dari sisi kontras pembacaan, sensor S2, S4, S6, dan S8 menunjukkan perbedaan tegangan yang jelas antara warna putih dan hitam, sehingga dapat dianggap bekerja dengan baik. Sebaliknya, sensor S5 dan S7 menunjukkan nilai yang tinggi pada kedua kondisi sehingga responnya tidak memiliki kontras yang baik, sedangkan sensor S3 justru menunjukkan nilai rendah pada kedua kondisi. Pola pembacaan ini menunjukkan bahwa beberapa sensor bekerja sesuai prinsip pantulan cahaya, sementara sebagian lainnya lebih dipengaruhi oleh crosstalk cahaya langsung antara LED dan photodiode.

Untuk sensor S1, dapat disimpulkan bahwa masalahnya berasal dari kerusakan perangkat keras dan bukan karena fenomena optik. Riwayat perakitan, seperti penggunaan rangkaian tanpa resistor pembatas, dua resistor yang belum terpasang, serta jalur PCB yang sempit putus lalu di jumper langsung dari sumber 5 volt, mengarah pada kemungkinan overcurrent LED hingga akhirnya gagal berfungsi (baik short maupun open). Selama LED pemancar tidak bekerja, photodiode tidak mendapatkan cahaya yang cukup sehingga keluaran sensor tetap 0 volt.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Video Perlombaan dan Pengujian Robot Line Follower :
<https://drive.google.com/drive/folders/1iKDha2DAoVbRwAB95ftQoP524KWi2YI-?usp=sharing>

Dari program yang digunakan serta dokumentasi video pengujian dari link diatas, sistem line follower yang dibuat menerapkan algoritma kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative) untuk mengatur kecepatan motor dan menjaga robot tetap mengikuti jalur. Delapan sensor photodiode digunakan sebagai pendeteksi garis dan dibaca secara bergiliran melalui Multiplexer. Proses pembacaan dilakukan melalui fungsi `read_sensor()`, di mana pin kontrol S1, S2, dan S3 digunakan untuk memilih kanal sensor yang aktif, kemudian nilai analog dibaca melalui `analogRead(SENSOR_PIN)`. Keputusan bahwa sensor mendeteksi garis hitam atau tidak ditentukan berdasarkan nilai ambang (threshold) yang tersimpan pada EEPROM, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem telah melalui proses kalibrasi sensor, seperti yang terlihat dari berkas pengujian kalibrasi. Hasil pembacaan kedelapan sensor kemudian direpresentasikan dalam bentuk satu byte, di mana setiap bit menunjukkan status satu sensor.

Logika penentuan posisi robot terhadap garis berada pada fungsi `getError(byte s)`. Fungsi tersebut memetakan pola sensor menjadi nilai error mulai dari -6 hingga +6. Nilai error nol menunjukkan bahwa robot berada tepat di tengah garis, sementara nilai positif menandakan robot bergeser ke kanan dan memerlukan koreksi belok kiri, dan sebaliknya. Nilai error selanjutnya diproses dalam kontrol PID, namun berdasarkan parameter program, sistem sebenarnya menggunakan pendekatan PD (Proportional-Derivative), karena nilai K_i diset ke nol. Penggunaan kombinasi $K_p = 22$ dan $K_d = 12$ menghasilkan respons yang cepat serta stabil, di mana komponen proporsional mengoreksi error secara langsung, sementara komponen derivatif membantu meredam perubahan mendadak agar robot tidak berosilasi.

Kecepatan dasar motor ditentukan melalui nilai PWM sebesar 120 dari maksimum 255. Nilai PID digunakan untuk mengoreksi perbedaan kecepatan antar motor melalui rumus `setMotor(base - PID, base + PID)`. Dengan penerapan yang kami buat, ketika robot bergeser ke kanan dan nilai PID menjadi positif, motor kiri akan dipercepat dan motor kanan diperlambat sehingga menghasilkan belokan ke kiri yang sesuai dengan arah koreksi yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil pengujian yang

terekam dalam video, termasuk uji coba lintasan dan hasil akhir dengan waktu 7,9 detik, dapat disimpulkan bahwa parameter PD yang digunakan telah cukup optimal untuk kondisi lintasan yang diuji. Respons robot terlihat stabil, presisi mengikuti garis, dan memiliki performa yang konsisten setelah proses penyesuaian dan pengujian bertahap.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem robot line follower yang dibangun berhasil berfungsi sesuai tujuan yaitu mampu mengikuti jalur garis secara otomatis dengan respon yang stabil dan akurat. Penggunaan delapan sensor photodiode yang dikombinasikan dengan multiplexer yang memungkinkan pembacaan jalur dilakukan tanpa membutuhkan banyak pin pada mikrokontroler. Proses kalibrasi sensor penting karena menghasilkan nilai ambang pembacaan yang optimal sehingga sistem mampu membedakan permukaan hitam dan putih dengan konsisten.

Algoritma kontrol PID yang digunakan, dengan konfigurasi kontrol PD ($K_p = 22$ dan $K_d = 12$), memberikan kinerja terbaik pada robot di kelompok kami. Nilai parameter tersebut menghasilkan respons cepat terhadap perubahan posisi garis, dan menjaga pergerakan tetap stabil tanpa overshoot berlebihan atau getaran pada motor. Implementasi kontrol motor berbasis PWM juga berjalan dengan baik dalam memberikan variasi kecepatan untuk melakukan koreksi arah selama operasi.

Hasil pengujian di lintasan menunjukkan bahwa robot dapat menyelesaikan jalur dengan waktu tercepat 7,9 detik, yang menandakan performanya cukup cepat dan optimal setelah proses tuning dan debugging dilakukan. Dengan demikian, proyek akhir mata kuliah praktik robotika lanjut dapat dinyatakan berhasil karena seluruh komponen perangkat keras, perangkat lunak, dan algoritma kontrol dapat bekerja secara prinsip kerjanya untuk menghasilkan sistem line follower yang responsif, presisi, dan akurat.