



TELNECT

Journal homepage: <http://ejournal-purwakarta.upi.edu/telnect/>



Simulasi Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada *Robot Line Follower Analog* pada Simulator Circuit Wizard Mode Virtual Lab

Maulida Yasmin^{1*}, Sahat Parulian², Meiliya Cahya Yustina³, Devi Anassfila Pratiwi⁴, Annisa Amalia⁵, Amalia Annisa⁶, Cindy Liu⁷

Program Studi Sistem Telekomunikasi, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia^{1 2 3 4 5 6 7}

*Corresponding Author. E-mail: maulidayasmin@upi.edu

ABSTRAK

Robot line follower termasuk jenis robot *mobile* yang interaktif dan memiliki prinsip kerja sederhana. Robot ini akan bergerak dengan mendeteksi dan mengikuti garis dengan kecepatan tertentu secara otomatis. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai wadah pembelajaran bagaimana membuat rangkaian pengkondisi sinyal *robot line follower analog*, dapat mengetahui pengaruh Op-Amp komparator pada rangkaian *robot line follower*, serta dapat membuktikan prinsip kerja dari teori Op-Amp sebagai komparator. Terdapat tiga skema metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mencari tahu perbandingan antara dua tegangan melalui rangkaian Op-Amp sebagai komparator, menganalisis *output* pada rangkaian *H-bridge* untuk mengetahui kondisi motor DC, serta melakukan penggabungan dan penyusunan antara rangkaian komparator dan rangkaian DC Motor *H-bridge*. Perancangan rangkaian yang dilakukan menggunakan simulator *offline* Circuit Wizard mode virtual. Hasil uji coba rangkaian *robot line follower* ini untuk menganalisis kinerja rangkaian – rangkaian yang mendukung terbentuknya *robot line follower* serta menunjukkan performa yang mampu mengalirkan arus untuk menggerakkan motor DC.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 29 May 2022

Revised 10 June 2022

Accepted 15 June 2022

Available online 30 June 2022

Keyword:

Robot Line Follower,

Komparator,

Motor DC

1. PENDAHULUAN

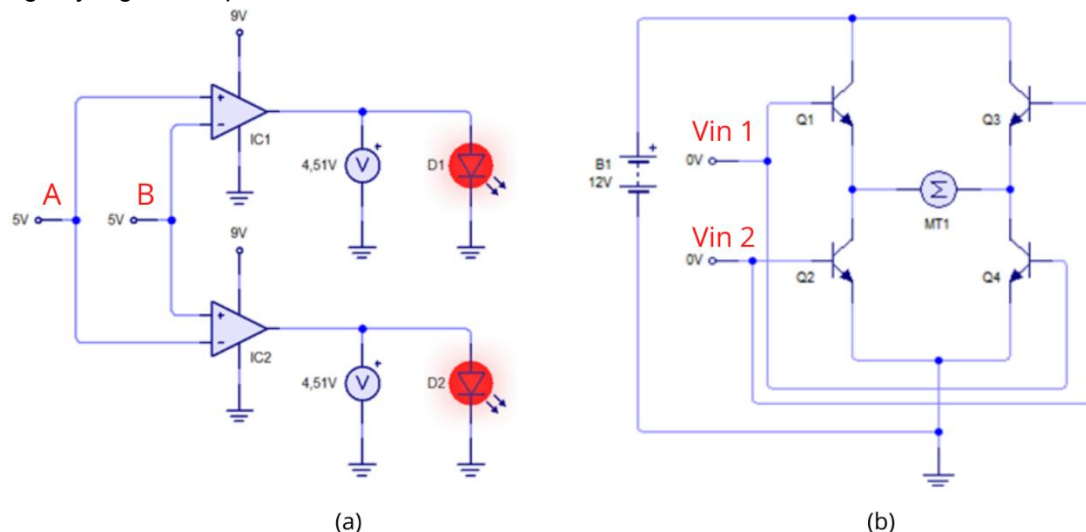
Operational Amplifier merupakan sebuah komponen elektronika yang tersusun dari suatu rangkaian terintegrasi[1], *Operational Amplifier* atau yang lebih sering disebut dengan nama singkatannya Op-Amp merupakan salah satu bentuk dari *Integrated Circuit* (IC) atau komponen aktif yang memiliki kegunaan untuk menjadi penguat tegangan listrik[2], [3]. Tegangan listrik tersebut energi yang masuk pada rangkaian tersebut, misal adalah baterai (*power supply*)[4]. Op-Amp tersebut disusun dari dioda, resistor, dan transistor[5]. Op-Amp dapat berfungsi sebagai komparator (*comparator*) atau rangkaian pembanding. Rangkaian komparator ialah suatu rangkaian yang berfungsi untuk membandingkan suatu masukan dengan referensi tertentu untuk menghasilkan keluaran dengan dua nilai yaitu *high* dan *low*[6]. Pada Op-Amp komparator hasilnya ialah selalu konstan. Keluaran Op-Amp akan dipengaruhi oleh besarnya tegangan masukan (V_{in}). Saat V_{in} lebih kecil dari V_{ref} atau tegangan referensi, maka V_{out} akan bernilai *low*, begitupula sebaliknya ketika V_{in} lebih besar dari V_{ref} nya[1]

Pada paper ini, penulis membahas mengenai rangkaian Op-Amp komparator yang terdapat dalam rangkaian *Robot Line Follower Analog* (RLFA). RLFA adalah salah satu jenis robot dari *Robot Line Follower*. Hal ini disebabkan karena selain RLF yang berbasis analog, RLF juga ada yang berbasis digital. RLFA sendiri merupakan jenis robot yang tidak memerlukan *software* untuk memprogram robot tersebut[7]. Penulis menggunakan *software* simulator *offline* Circuit Wizard Virtual Mode. Rangkaian RLFA ini disusun dari Op-Amp sebagai komparator, *H-Bridge*, dan DC Motor[8]. *H-Bridge* merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan DC motor yang ada pada RLFA baik searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam[9].

Penulis memilih judul ini dengan tujuan mengetahui peran Op-Amp komparator pada rangkaian RLFA, serta membuktikan prinsip kerja dari teori Op-Amp sebagai komparator menggunakan *software* Circuit Wizard mode Virtual. Mode virtual pada Circuit Wizard ini memberikan tampilan bagaimana rangkaian tersebut di kehidupan nyata, karena adanya *PCB Layout*. Yang artinya rangkaian tidak hanya disajikan dalam mode *circuit* saja.

2. MATERIAL DAN METODE

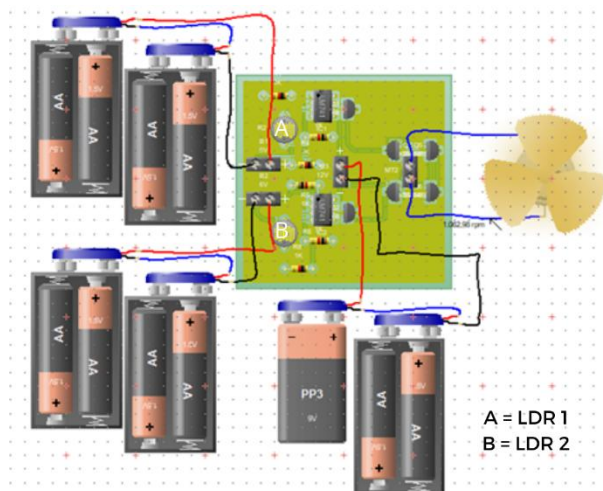
Metode yang kami gunakan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu menggunakan metode simulasi dengan tiga skema penelitian. Penelitian skema pertama yaitu mencari tahu perbandingan antara dua tegangan Op-Amp melalui rangkaian Op-Amp sebagai komparator seperti pada **Gambar 1a**. dengan memasukan berbagai variasi tegangan masukan dan menganalisis hasilnya melalui perbandingan nilai tegangan yang tertera pada voltmeter dan LED.



Gambar 1. (a) Rangkaian skema I, (b) Rangkaian skema II

Selanjutnya, penelitian skema dua dilakukan melalui rangkaian *H-bridge* seperti pada **Gambar 1b**. untuk melihat dan menganalisis *output* yang didapat yang berupa bagaimana motor DC dapat digerakkan.

Setelah mendapat *output* yang pasti dari skema satu dan dua, kemudian pada skema tiga dilakukan penggabungan dan penyusunan antara rangkaian komparator dan rangkaian DC Motor *H-bridge* pada **Gambar 2**. untuk melihat bagaimana perbandingan tegangan yang masuk akan dapat menggerakkan DC Motor tersebut.



Gambar 2. Rangkaian skema III

Penelitian ini juga didukung dengan simulator *offline* Circuit Wizard sebagai tempat kami dalam melakukan perancangan rangkaian yang digunakan dalam penelitian, dengan memanfaatkan beberapa komponen yang ada didalamnya. Diantaranya yaitu baterai, *voltage rail*, Op-Amp, LED, voltmeter, resistor, LDR, transistor, dan *ground*.

3. HASIL

Jika sebuah penelitian pasti akan menghasilkan rangkaian dengan skema yang sudah dibuat sebelumnya. Maka dari itu hasil dan diskusi pada penelitian ini akan dibahas secara mendetail pada bagian ini.

3.1 Hasil

Rangkaian dengan skema pada **Gambar 1.** dan **Gambar 2.** akan dimasukkan beberapa *input* yang berbeda. Pada kesempatan kali ini penulis akan membahasnya satu persatu. Berikut merupakan hasil pengamatan skema I pada **Gambar 1a.** dengan variasi tegangan masukan disajikan dalam **TABEL 1.** dan **TABEL 2.**

TABEL 1. HASIL TEGANGAN V_{OUT} DARI RANGKAIAN DUAL KOMPARATOR DENGAN NILAI *INPUT VOLTAGE RAIL B* BERNILAI TETAP

No.	<i>Voltage Rail A</i>	<i>Voltage Rail B</i>	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
1.	1V	5V	891,49 mV	5,03 V	

No.	Voltage Rail A	Voltage Rail B	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
2.	2V	5V	891,49 mV	5,03 V	
3.	3V	5V	891,49 mV	5,03 V	
4.	4V	5V	891,49 mV	5,03 V	

No.	Voltage Rail A	Voltage Rail B	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
5.	5V	5V	4,51 V	4,51 V	
6.	6V	5V	5,03 V	891,47 mV	
7.	7V	5V	5,03 V	891,48 mV	

No.	Voltage Rail A	Voltage Rail B	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
8.	8V	5V	5,03 V	891,47 mV	
9.	9V	5V	5,03 V	891,47 mV	

TABEL 2. HASIL TEGANGAN V_{OUT} DARI RANGKAIAN DUAL KOMPARATOR DENGAN NILAI INPUT VOLTAGE RAIL A BERNILAI TETAP

No.	Voltage Rail A	Voltage Rail B	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
1.	5V	1V	5,03 V	891,49 mV	

No.	Voltage Rail A	Voltage Rail B	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
2.	5V	2V	5,03 V	891,49 mV	
3.	5V	3V	5,03 V	891,49 mV	
4.	5V	4V	5,03 V	891,49 mV	

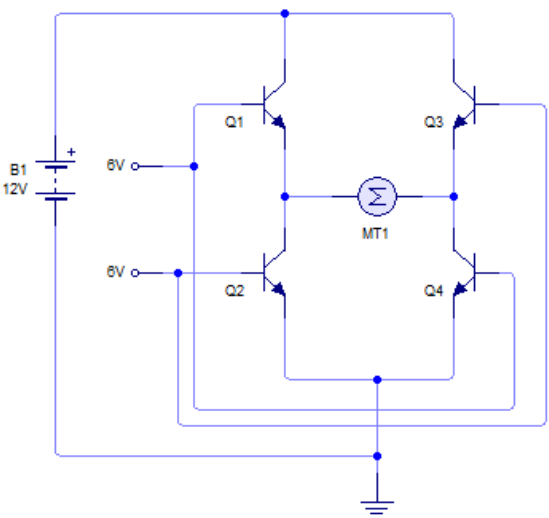
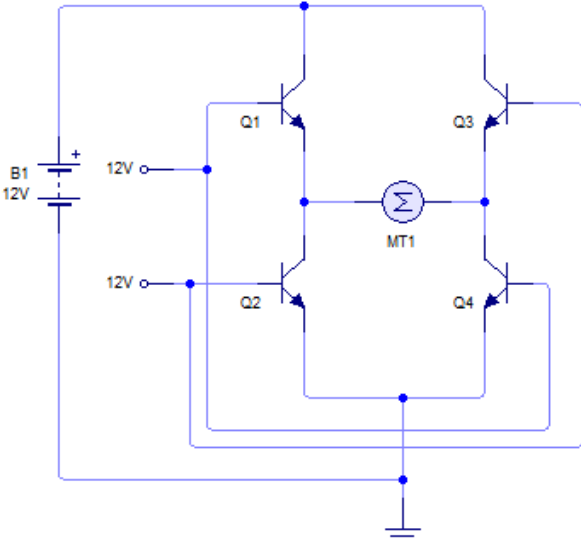
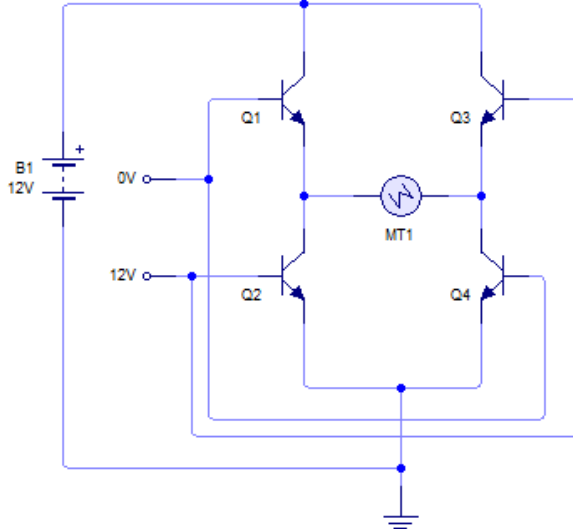
No.	Voltage Rail A	Voltage Rail B	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
5.	5V	5V	4,15 V	4,15 V	<p>The diagram shows two operational amplifier comparators, IC1 and IC2, powered by a 9V supply. Both non-inverting inputs (+) are connected to a 5V input signal. The inverting inputs (-) are connected to ground. The outputs of IC1 and IC2 are connected to LEDs D1 and D2, respectively. Two voltmeters are connected in parallel with the LEDs, both showing a reading of 4,51V.</p>
6.	5V	6V	891,47 mV	5,03 V	<p>The diagram shows two operational amplifier comparators, IC1 and IC2, powered by a 9V supply. The non-inverting input (+) of IC1 is connected to a 5V input signal, and its inverting input (-) is connected to a 6V input signal. The output of IC1 is connected to LED D1, with a voltmeter showing 891,48mV. The non-inverting input (+) of IC2 is connected to a 5V input signal, and its inverting input (-) is connected to ground. The output of IC2 is connected to LED D2, with a voltmeter showing 5,03V.</p>
7.	5V	7V	891,47 mV	5,03 V	<p>The diagram shows two operational amplifier comparators, IC1 and IC2, powered by a 9V supply. The non-inverting input (+) of IC1 is connected to a 5V input signal, and its inverting input (-) is connected to a 7V input signal. The output of IC1 is connected to LED D1, with a voltmeter showing 891,48mV. The non-inverting input (+) of IC2 is connected to a 5V input signal, and its inverting input (-) is connected to ground. The output of IC2 is connected to LED D2, with a voltmeter showing 5,03V.</p>

No.	Voltage Rail A	Voltage Rail B	Voltmeter 1	Voltmeter 2	Bukti Simulasi
8.	5V	8V	891,47 mV	5,03 V	
9.	5V	9V	891,47 mV	5,03 V	

Selanjutnya pada **TABEL 3.** yaitu hasil pengamatan rangkaian *H-Bridge* dalam skema II dengan variasi dua V_{in} dan *output* berupa motor DC.

TABEL 3. RANGKAIAN YANG TERSUSUN ATAS DUA *INPUT VOLTAGE* DAN 1 RANGKAIAN *H-BRIDGE* UNTUK MENGANALISIS *OUTPUT* YANG BERUPA MOTOR DC

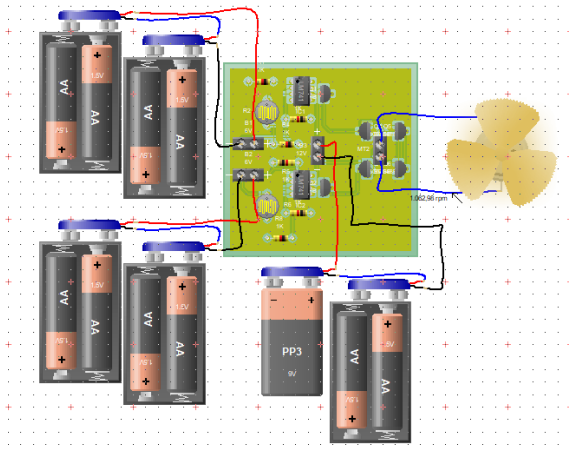
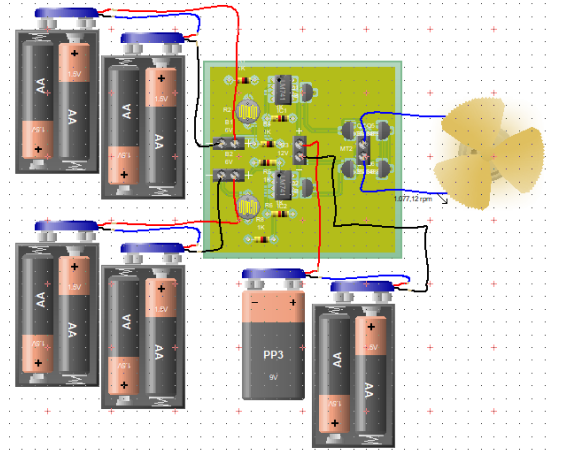
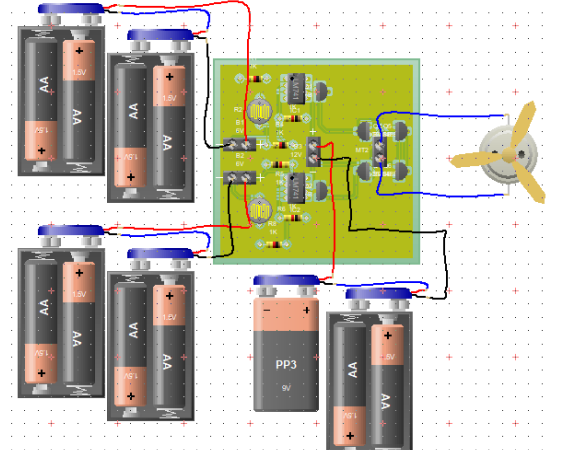
No.	V_{in1}	V_{in2}	Bukti Simulasi
1.	0V	0V	<p style="text-align: center;">DIAM</p>

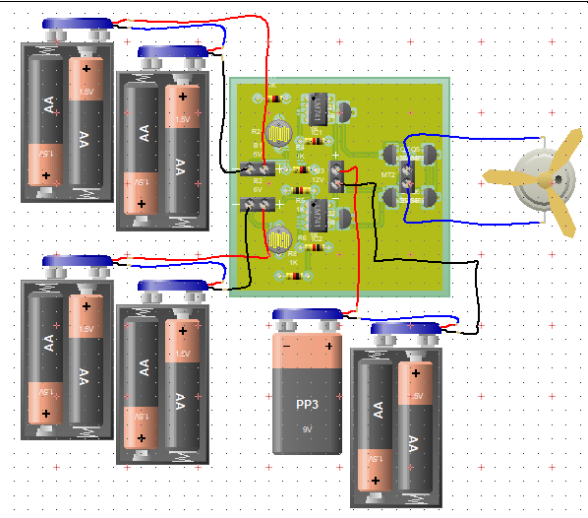
No.	V _{in1}	V _{in2}	Bukti Simulasi
2.	6V	6V	<p style="text-align: center;">DIAM</p> 
3.	12V	12V	<p style="text-align: center;">DIAM</p> 
4.	0V	12V	<p style="text-align: center;">Searah Jarum Jam (Cepat)</p> 
5.	12V	0V	<p style="text-align: center;">Berlawanan Jarum Jam (Berputar Cepat)</p>

No.	V_{in1}	V_{in2}	Bukti Simulasi
6.	12V	6V	<p data-bbox="847 819 1257 853" style="text-align: center;">Searah Jarum Jam (Berputar Lambat)</p>
7.	6V	12V	<p data-bbox="826 1413 1289 1447" style="text-align: center;">Berlawanan Jarum Jam (Berputar Lambat)</p>

Pada **TABEL 4.** disajikan hasil pengamatan Rangkaian *Robot Line Follower Virtual Mode* dengan variasi sensor LDR dan kondisi motor DC sebagai *output* dengan menggunakan 3 *Blade Propeller*.

TABEL 4. RANGKAIAN ROBOT LINE FOLLOWER DENGAN OUTPUT MENGGUNAKAN 3 BLADE PROPELLER

No.	LDR Komparator 1	LDR Komparator 2	Kondisi Motor DC
1.	1000 lux	10 lux	Bergerak Searah dengan Jarum Jam 
2.	10 lux	1000 lux	Bergerak Berlawanan dengan Jarum Jam 
3.	10 lux	10 lux	DIAM 
4.	1000 lux	1000 lux	DIAM

No.	LDR Komparator 1	LDR Komparator 2	Kondisi Motor DC
			

4. ANALISA

Analisa penelitian dilakukan berdasarkan metode penelitian dan dasar teori mengenai rangkaian Op-Amp komparator. Dimana rangkaian ini terdapat dalam rangkaian *Robot Line Follower Analog (RLFA)*. Akan dibahas lebih lanjut mengenai analisa – analisa dari hasil penelitian pada Skema I, Skema II, Skema III, serta perangkat lunak *Circuit Wizard*.

4.1 Analisa Hasil Penelitian Skema I pada Tabel 1

Dari **Tabel 1**, jika nilai *input* dari tegangan B lebih kecil dibandingkan dengan nilai *input* dari tegangan A yang bernilai tetap yaitu 5V maka akan menghasilkan tegangan V_{out} dari Op-Amp IC 1 lebih besar nilai tegangan pada voltmeternya dibandingkan dengan tegangan V_{out} yang dihasilkan dari Op-Amp IC 2 dan lampu D2 tidak menyala sedangkan lampu D1 menyala. Kemudian jika nilai tegangan A dan B bernilai sama yaitu 5 Volt maka nilai tegangan pada kedua voltmeter yang dikeluarkan dari IC 1 dan IC 2 akan bernilai sama dan lampu D1 dan D2 akan menyala.

Jika nilai *input* dari tegangan B lebih besar dibandingkan dengan nilai *input* dari tegangan A yang bernilai tetap yaitu 5V maka akan menghasilkan tegangan V_{out} dari Op-Amp IC 2 lebih besar nilai tegangan pada voltmeternya dibandingkan dengan tegangan V_{out} yang dihasilkan dari Op-Amp IC 1 dan lampu D1 tidak menyala sedangkan lampu D2 menyala.

4.2 Analisa Hasil Penelitian Skema I pada Tabel 2

Dari **Tabel 2**, jika nilai *input* dari tegangan A lebih kecil dibandingkan dengan nilai *input* dari tegangan B yang bernilai tetap yaitu 5V maka akan menghasilkan tegangan V_{out} dari Op-Amp IC 1 lebih kecil nilai tegangan pada voltmeternya dibandingkan dengan tegangan V_{out} yang dihasilkan dari Op-Amp IC 2 dan lampu D1 tidak menyala sedangkan lampu D2 menyala.

Kemudian jika nilai tegangan A dan B bernilai sama yaitu 5V maka nilai tegangan pada kedua voltmeter yang dikeluarkan dari IC 1 dan IC 2 akan bernilai sama dan lampu D1 dan D2 akan menyala. Jika nilai *input* dari tegangan A lebih besar dibandingkan dengan nilai *input* dari tegangan B yang bernilai tetap yaitu 5V maka akan menghasilkan tegangan V_{out} dari Op-Amp IC 2 lebih kecil nilai tegangan pada voltmeternya dibandingkan dengan tegangan V_{out} yang dihasilkan dari Op-Amp IC 1 dan lampu D2 tidak menyala sedangkan lampu D1 menyala.

Hasil yang didapatkan dari rangkaian dual komparator ini sesuai dengan teori kerja sebuah Op-Amp. Dimana komparator tersebut digunakan untuk pembandingan antara *input* $V+$ dan *input* $V-$, dimana jika nilai *input* $V+$ lebih besar dibandingkan dengan nilai *input* $V-$ maka *ouput* yang dikeluarkan akan mendekati V saturasi positif, begitupun sebaliknya jika nilai *input* $V+$ lebih kecil dibandingkan nilai $V-$ maka *ouput* yang dikeluarkan akan mendekati V saturasi negatif atau lebih mendekati *Ground* yang bernilai 0 atau tidak ada tegangan.

4.3 Analisa Hasil Penelitian Skema II

Rangkaian pada **Tabel 3**. tersusun atas dua masukan *voltage* dan 1 rangkaian *H-Bridge* yang mana rangkaian ini berperan dalam menganalisis *output* yang berupa Motor DC. Motor DC disini dapat bergerak dengan memberikan beberapa nilai ke kedua *input*.

Dimana, jika nilai *input*-nya bernilai sama maka Motor DC akan berada dalam kondisi diam, hal ini disebabkan karena tidak adanya beda tegangan. Sedangkan, jika nilai kedua *input* berbeda maka Motor DC akan dapat bergerak searah jarum jam ataupun berlawanan arah jarum jam, baik secara cepat maupun lambat.

Contohnya seperti, jika nilai *input* atas bernilai 12V dan nilai *input* bawah bernilai 0V maka Q1 dan Q4 akan ON, sehingga arus dapat mengalir ke Motor DC dengan melewati Q1 menuju ke Q4 yang mendorong Motor DC bergerak ke arah kanan atau berlawanan arah jarum jam. Contoh lain jika nilai *input* atas bernilai 0V dan nilai *input* bawah bernilai 12V maka Q2 dan Q3 akan *On* (menyala), sehingga arus dapat mengalir ke Motor DC dengan melewati Q3 menuju Q2 yang mendorong Motor DC bergerak ke arah kiri atau searah dengan putaran jarum jam.

4.4 Analisa Hasil Penelitian Skema III

Dalam **Tabel 4**. Rangkaian *Robot Line Follower* dengan *output* menggunakan 3 *Blade Propeller* adalah gabungan dari 2 rangkaian komparator dan 1 rangkaian *H-Bridge*. Pada rangkaian komparator terdapat sensor LDR (*Light Depending Resistor*) yang berperan dalam menunjukkan 3 *Blade Propeller* berputar atau tidak.

Dimana jika nilai *input* LDR komparator 1 lebih besar dibandingkan dengan nilai *input* LDR komparator 2 maka *output* yang dihasilkan adalah 3 *Blade Propeller* akan berputar searah jarum jam. Begitupun sebaliknya, jika nilai *input* LDR komparator 1 lebih kecil dibandingkan dengan nilai *input* LDR komparator 2 maka *output* yang dihasilkan adalah 3 *Blade Propeller* berputar berlawanan arah jarum jam. Sedangkan, jika kedua nilai *input* pada LDR komparator 1 dan LDR komparator 2 bernilai sama maka *output* yang dihasilkan adalah 3 *Blade Propeller* tidak berputar atau diam[10].

4.5 Analisa Performa Perangkat Lunak Circuit Wizard

Circuit Wizard merupakan sebuah perangkat lunak yang sudah dilengkapi dengan desain simulasi, circuit, PCB, dan pembuatan CAD/CAM dalam satu paket lengkap. Komponen yang terdapat dalam aplikasi ini sangat mudah digunakan bagi pelajar maupun mahasiswa, karena setiap komponen yang terletak pada *library* mudah ditemukan. Perangkat lunak ini dapat dilakukan secara *offline* sehingga tidak membutuhkan akses internet[11].

5. KESIMPULAN

Robot line follower analog disimulasikan pada *software* simulator dengan menggunakan komponen Motor DC sebagai parameter luaran (*output*), disusun dengan dua sensor LDR, rangkaian dual komparator dan *H-Bridge* yang dihubungkan dua transistor *switch*.

Pada rangkaian simulator *robot line follower* saat diberi masukan kedua sensor LDR dengan besar lux yang sama, motor tidak berputar. Motor DC hanya berputar ketika dua sensor LDR diberi masukan lux berbeda.

Transistor bekerja saling berhubungan satu sama lain dengan konsep saturasi dan cut-off dan Op-Amp yang dipakai pada rangkaian komparator sebagai pembanding juga menunjukkan kesesuaian hasil dengan prinsip teori Op-Amp. Selain itu, rangkaian robot line follower menggunakan rangkaian dual komparator sehingga kedua output menyebabkan perbedaan arah putar motor.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmatnya penelitian yang penulis lakukan dapat diselesaikan hingga pada waktunya. Penulis mengucapkan terimakasih atas setiap saran, pesan dan kritikan yang diberikan oleh bapak Syifaul Fuada, S.Pd., M.T. selaku dosen pengampu mata kuliah Rangkaian Listrik di Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Purwakarta.

Tidak lupa juga, Penulis berterima kasih kepada berbagai sumber referensi yang terdapat pada penelitian ini dalam membantu menyelesaikan rangkaian pengkondisi sinyal *robot line follower analog*, mengetahui pengaruh Op-Amp komparator pada rangkaian *robot line follower*, serta membuktikan prinsip kerja dari teori Op-Amp sebagai komparator.

7. REFERENSI

- [1] S. Fuada, *Elektronika Dasar untuk Mahasiswa Sistem Telekomunikasi Pendekatan Praktikum Virtual*, 2 ed. Tangerang: Media Edukasi Indonesia, 2021.
- [2] A. Ridhoi, K. Setyadjit, dan B. Hariadi, "Pengaturan Lampu Penerangan Menggunakan Komparator Op-Amp LM358," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 24, no. 1, hlm. 45–57, Mar 2021.
- [3] L. Rompis dan I. Tado, "Perancangan Wattmeter DC Menggunakan Rangkaian Pengali Tegangan," *realtech*, vol. 15, no. 1, hlm. 1–6, Apr 2019, doi: 10.52159/realtech.v15i1.74.
- [4] M. S. D. Utomo *dkk.*, "Analisa Perhitungan Teori dengan Menggunakan Variasi Simulator Online pada Rangkaian Pembagi Tegangan," *Journal of Telecommunications, Networks, Electronics, and Computer Technologies*, vol. 1, no. 1, hlm. 61–70, Jun 2021.
- [5] L. E. Nuryanto, "Penerapan Dari Op-Amp (Operational Amplifier)," *ORBITH Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, vol. 13, no. 1, hlm. 43–50, Mar 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.32497/orbith.v13i1.950>.
- [6] S. I. Langi, J. O. Wuwung, dan A. S. M. Lumenta, "Kipas Angin Otomatis Dengan Menggunakan Sensor Suhu," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, vol. 3, no. 5, hlm. 41–48, 2014, doi: <https://doi.org/10.35793/jtek.3.5.2014.6275>.
- [7] R. Nuraini, "Simulasi Desain Skema Robot Line Follower Penyiram Tanaman Menggunakan Simulator Software Proteus 8," *petir*, vol. 10, no. 2, hlm. 73–81, Nov 2018, doi: 10.33322/petir.v10i2.26.
- [8] F. R. Jannah, S. Fuada, H. E. Putri, F. W. Zanah, dan W. Pratiwi, "Teaching analog Line-Follower (LF) robot concept through simulation for elementary students," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1987, no. 1, hlm. 1–9, Jul 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1987/1/012046.
- [9] Supriyanto dan R. S. R. Sirait, "Control System Design Of Air Circulation In Workshop Area With Microcontroller Based," *Jurnal Maestro*, vol. 2, no. 1, hlm. 246–255, Apr 2019.
- [10] D. Y. Tadeus, A. Subari, dan S. Manan, "Realisasi Pengendali On-Off Histerisis Dengan Operational Amplifier (Op-Amp)," *gematek*, vol. 19, no. 4, hlm. 10–14, Apr 2018, doi: 10.14710/gt.v19i4.19150.
- [11] I. This, "PCB Wizard 3 Tutorial 3 PCB Wizard 3 Tutorial 3," *Thinking*, hlm. 1–10, 2003.