

PERANCANGAN DRIVER PADA SISTEM PENGENDALI MOTOR DC MENGGUNAKAN H-BRIDGE

Okky Mahmudi¹, Eka Maulana², Nurussa'adah³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: okkymahmudi@gmail.com

Abstrak-Perancangan sistem driver untuk mengendalikan motor dc menggunakan sistem driver *h-brdige*. Beberapa komponen yaitu *MOSFET* disusun menjadi *h-bridge* sehingga dapat mengendalikan motor DC. Input yang digunakan adalah potensiometer. Input dari potensiometer diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler memberi ouput ke driver sehingga driver dapet mengendalikan putaran motor DC. Dari hasil pengujian driver mampu mengendalikan motor untuk putar kanan, putar kiri dan bervariasi kecepatannya. Untuk mengetahui kecepatan motor DC diukur dengan *tachometer*. Untuk perancangan perangkat keras meliputi: perancangan rangkaian catu daya, perancangan rangkaian LCD, perancangan rangkaian sensor perancangan rangkaian mikrokontroler ATMEGA16, dan perancangan rangkaian driver motor. Perancangan sistem perangkat lunak merancang program yang dapat mengndalikan motor DC. Dari hasil pengujian motor DC dapat berputar kanan, kiri dan kecepatannya dapat dipercepat dan diperlambat sesuai dengan PWM yang diatur dalam program yang dimasukan ke dalam mikrokontroler.

Kata Kunci- Motor DC, Driver, Perancangan.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan mobil listrik adalah salah satu cara untuk menekan jumlah konsumsi pemakaian bahan bakar minyak, karena mobil listrik menggunakan energi listrik sebagai sumber energi. Para pengguna kendaraan bisa menekan biaya bahan bakar minyak apabila menggunakan mobil listrik. Salah satu keunggulan mobil listrik adalah tidak meyebabkan polusi udara, karena tidak adanya gas buang yang dihasilkan oleh mobil listrik. Mobil listrik juga membutuhkan penggerak untuk menggerakkan roda. Dalam perancangan ini penggerak yang digunakan adalah Motor DC. Motor DC digunakan karena, berdasarkan karakteristiknya motor dc lebih mudah dikendalikan dibandingkan Motor AC.

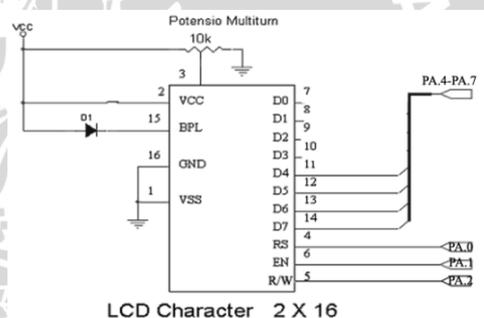
Perancangan driver diharapkan mampu untuk diterapkan pada miniatur mobil listrik. ntuk merancang dan membangun mobil listrik dibutuhkan komponen yang tidak sedikit, maka dalam tugas akhir ini tidak membangun mobil listrik secara keseluruhan. Sistem yang akan dirancang dalam tugas akhir ini adalah sistem pengendali pada motor DC.

Sistem pengendali motor DC pada perancangan ini menggunakan *h-bridge* dan lebih fokus pada bagaimana mengendalikan Motor DC. *Driver* sebagai pengendali motor *DC* saat motor DC putar kanan, kiri, dipercepat dan diperlambat.

II. TINJAUAN PUSATAKA

A. Liquid Crystal Display

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter baik berupa karakter angka, huruf, atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Gambar 1 menunjukkan rangkaian *interface* ke LCD Karakter 2x16 (Taufiq, 2013: 15).



Gambar 1 Rangkaian Interface ke LCD Karakter 2x16 (Sumber: Taufiq, 2013: 16)

LCD yang digunakan dalam pembuatan sistem ini yaitu modul LCD dengan tampilan 2x16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Urutan pin (1), umumnya, dimulai dari sebelah kiri (terletak di pojok kiri atas) dan untuk LCD yang memiliki 16 pin, 2 pin terakhir (15 & 16) adalah anoda dan katoda untuk *back-lighting*. *Liquid crystal display* (LCD) ditunjukkan dalam Gambar 2 (Nopriadi, 2012: 23)

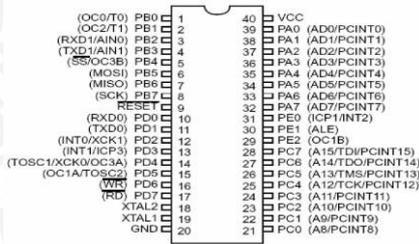


Gambar 2 Liquid Crystal Display

B. Mikrokontroler ATmega16

ATmega16 merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock.

Untuk memaksimalkan performa dan paralelisme, ATmega16 menggunakan arsitektur Harvard (memori dan bus terpisah untuk program dan data).Penyemat ATmega16 kemasan 40-pin DIP (*Dual In-Line Package*) ditunjukkan dalam Gambar 3 di bawah ini



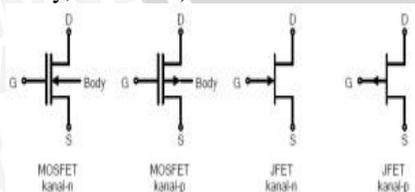
Gambar 3 Pin-Pin pada ATmega16 dengan Kemasan 40-Pin DIP (*Dual In-Line Package*)
Sumber: Atmel, 2010

C. Potensiometer

Potensiometer adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dapat diubah ubah (*adjustable*). Cara mengubah nilai resistenasi pada potensiometer adalah tergantung pada jenis potensiometer yang digunakan. Terdapat 3 terminal pada potensiometer, 2 terminal terhubung ke elemen resistif dan terminal ke 3 terhubung ke ke kontak geser. Pada rancangan ini akan digunakan potensiometer jenis putar, karena sesuai dengan kebutuhan dalam hal *steering*.

D. MOSFET

MOSFET merupakan salah satu komponen elektronika berbahan semikonduktor. Transistor dapat digunakan sebagai penyetabil tegangan, penguat, saklar, dan modulasi sinyal. Transistor dibagi menjadi dua jenis, yaitu bipolar dan FET (*Field Effect Transistor*). Salah stu jenis FET yaitu MOSFET memiliki masukan impedansi yang sangat besar dan konsumsi daya yang rendah. Perbedaan dasar dari transistor jenis bipolar dan FET adalah transistor bipolar digunakan sebagai pengontrol arus, sementara FET digunakan digunakan sebagai pengontrol tegangan.(Boylestad dan Nashlesky, 2007:211)



Gambar 4 MOSFET dan FET P-Channel dan N-Channel

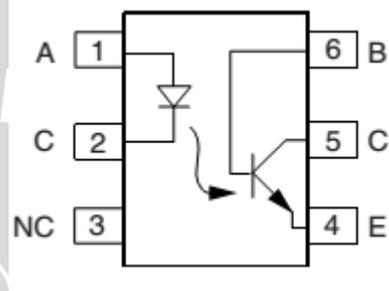
Sumber: Boylestad dan Nashlesky, 2007:218

Konfigurasi MOSFET dan JFET memiliki dua jenis tipe, yaitu *p-Channel* dan *n-Channel*. Konfigurasi FET ditunjukkan dalam gambar 2.1.

MOSFET dan JFET memiliki tiga terminal kaki yaitu *Gate*, *Drain*, dan *Source*. Dalam pengaplikasiannya, transistor tipe FET sangat cocok digunakan sebagai *driver* dengan masukan tegangan yang tinggi.

E. Optocoupler

Optocoupler merupakan salah satu komponen elektronika yang dapat digunakan sebagai saklar penghubung berdasarkan cahaya optik. Optocoupler memiliki dua bagian utama, yaitu penerima (*Receiver*) dan pengirim (*Transmitter*). Gambar 5 menunjukkan simbol dari komponen optocoupler.



Gambar 5 Simbol Optocoupler
Sumber: Vishay Semiconductor, 2010

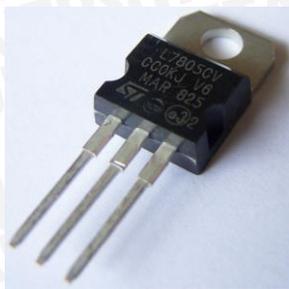
Prinsip dasar dari optocoupler adalah gabungan dari dioda LED dengan Phototransistor. LED memancarkan cahaya yang dipicu oleh pin masukan, selanjutnya LED memancarkan cahaya yang digunakan sebagai pemicu untuk mengaktifkan komponen Phototransistor. Selanjutnya Phototransistor mengendalikan perangkat yang terdapat pada pin keluaran.

F. IC Regulator

IC Regulator merupakan salah satu jenis komponen elektronika yang digunakan sebagai pengatur tegangan tetap. IC jenis ini sering digunakan dalam sebuah alat yang difungsikan sebagai catu daya dalam sebuah alat tersebut. Beberapa tipe pada IC regulator yaitu:

- Tipe positif, digunakan untuk meregulasi tegangan positif
- Tipe negative, digunakan untuk meregulasi tegangan negative

Beberapa contoh IC regulator yang bertipe positif biasanya diikuti dengan kode 78xx, sedangkan yang bertipe negative biasanya memiliki kode 79xx. Berikut ini merupakan contoh dari salah satu IC regulator 7805 yang ditunjukkan dalam Gambar 6



Gambar 6 IC Regulator IFR244
Sumber: Engineergallery.com, 2016

G. Motor DC

Keuntungan menggunakan motor DC yaitu kecepatan dan arah putaran motor mudah diatur dibanding motor AC. Motor DC lebih banyak digunakan jika tersedia sumber arus DC, misal pada kendaraan bermotor. Contoh motor DC dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini:



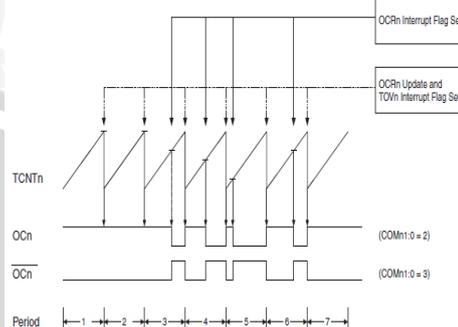
Gambar 7 Motor DC
Sumber: Laboratorium Desain dan Prototype

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

H. Pulse Width Modulation (PWM)

PWM merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengendalikan sebuah sinyal dimana sinyal tersebut digunakan untuk mengendalikan perangkat lain. PWM sering digunakan untuk mengendalikan kecepatan putar sebuah motor. Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan menggunakan peripheral Timer/Counter

yang terdapat pada Mikrokontroler. Pada Mikrokontroler ATMEGA16 terdapat dua buah Timer/Counter 8-bit dan satu buah Timer/Counter 16-bit. Salah satu mode yang bisa digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM adalah mode Fast PWM, seperti yang terdapat dalam Gambar 8.



Gambar 8 Mode Fast PWM
Sumber: Atmel (2010:108)

Mode Fast Pulse Width Modulation atau Fast PWM menyediakan pilihan pembangkitan gelombang PWM frekuensi tinggi. Fast PWM berbeda dengan opsi PWM lainnya karena operasi single-slope-nya. Counter mencacah dari BOTTOM hingga TOP, kemudian dimulai lagi dari BOTTOM. Dalam mode non-inverting Compare Output, Output Compare (OC1x) dinolkan pada compare match antara TCNT1 dan OCR1x, dan masuk kondisi set pada compare match dan dinolkan pada BOTTOM. Dalam mode inverting Compare Output, keluaran berada pada kondisi set pada compare match dan dinolkan pada BOTTOM. Berdasarkan operasi single-slope, frekuensi yang beroperasi pada mode Fast PWM bisa dua kali lebih tinggi dari mode Phase Correct PWM yang menggunakan operasi dual-slope.

III. PERANCANGAN SISTEM

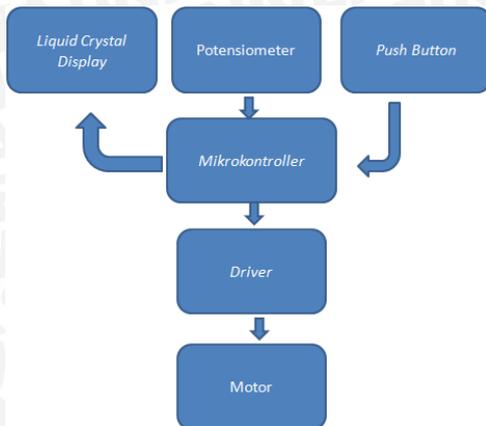
Perancangan sistem alat meliputi: perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

Untuk perancangan perangkat keras meliputi: perancangan rangkaian catu daya, perancangan rangkaian LCD, perancangan rangkaian sensor perancangan rangkaian mikrokontroler ATMEGA16, perancangan rangkaian driver motor. Perancangan sistem perangkat lunak menjelaskan tentang sistem program dari alat. Hasil dari perancangan akan direalisasikan dan dianalisis untuk mencari kesalahan yang terjadi pada sistem alat..

A. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja

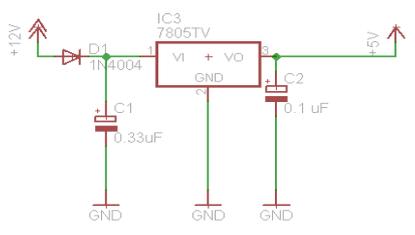
sesuai dengan rencana. Blok diagram tersebut dapat dilihat dari Gambar 9



Gambar 9 Diagram Blok Sistem Pengaturan

1. Rangkaian Catu daya

Sistem alat ini menggunakan dua sumber tegangan, yaitu: Aki 12V sebagai sumber tegangan pada motor DC dan catu daya 5V sebagai sumber tegangan pada sistem alat. Catu daya digunakan pada rangkaian sensor, rangkaian mikrokontroler ATMEGA16, rangkaian LCD, rangkaian driver motor. Komponen yang terdapat pada rangkaian catu daya adalah: diode sebagai penyearah tegangan, IC Regulator 7805 sebagai penurun tegangan dari minimal 6V menjadi 5V, kapasitor sebagai filter dan kopling untuk masukan dan keluaran pada IC Regulator. Gambar 10 menunjukkan perancangan rangkaian catu daya alat.



Gambar 10 Perancangan Rangkaian Catu Daya

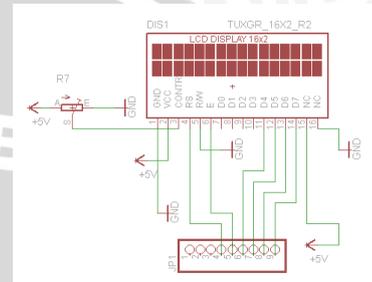
2. Rangkaian Liquid Crystal Display

LCD digunakan sebagai tampilan pada alat. LCD 2x16 memiliki 16 pin, tabel 1 menunjukkan penggunaan pin LCD pada sistem alat.

Tabel 1 Penggunaan Pin LCD Pada Alat

Pin LCD	Nama Pin	Masukan
1	GND	GND Catu Daya
2	VCC	VCC Catu Daya (+5V)
3	VEE	Variabel Resistor
4	RS	PINC.0 ATMEGA16
5	RW	PINC.1 ATMEGA16
6	E	PINC.2 ATMEGA16

7	D1	-
8	D2	-
9	D3	-
10	D4	-
11	D5	PINC.4 ATMEGA16
12	D6	PINC.5 ATMEGA16
13	D7	PINC.6 ATMEGA16
14	D8	PINC.7 ATMEGA16
15	VCC	VCC Catu Daya (+5V)
16	GND	GND Catu Daya

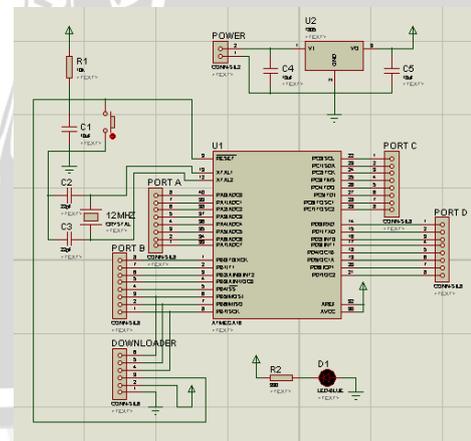


Gambar 12 Rangkaian LCD

3. Rangkaian Mikrokontroler

Rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 merupakan rangkaian kontroler utama dalam alat ini. Rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 menggunakan satu pin masukan untuk sensor pada pin A.0 dan pin keluaran untuk data led dan clock pada pin B0-pin B3, serta port keluaran pada port C dan port D. Masukan untuk program dari Codevision AVR terdapat pada pin MOSI, MISO, SCK, RST, VCC, GND.

Rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 ditunjukkan dalam Gambar 13.



Gambar 13 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16

4. Perancangan ADC

ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan sebuah metode pada sistem elektronika yang digunakan untuk mengkonversi sinyal analog (kontinyu) menjadi data digital.

Untuk mengkonversi ADC diperlukan persamaan yang diproses pada mikrokontroler ATMEGA16. Konversi ADC ditunjukkan dalam persamaan 4.1.

$$ADC = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times \text{bit } A \dots \dots \dots$$

.... (1)

V_{in} = Tegangan masukan

V_{ref} = Tegangan referensi pada mikrokontroler ATMEGA16

Bit ADC = bit yang digunakan dalam pemakaian ADC

Berikut ini merupakan perancangan perhitungan ADC berdasarkan persamaan 4.1. Saat tegangan masukan sebesar 5V dan tegangan referensi sebesar 5V:

$$ADC = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times \text{bit } ADC$$

$$ADC = \frac{5V}{5V} \times 1023$$

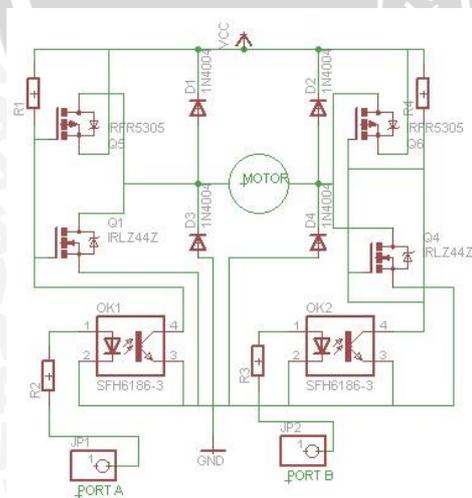
$$ADC = 1 \times 1023$$

$$ADC = 1023$$

5. Perancangan Driver

Untuk driver yang digunakan dalam perancangan ini adalah driver jenis h-bridge.

Dalam perancangan ini, saklar digital yang digunakan sebagai pengganti saklar manual agar sistem bisa dikontrol secara digital adalah dengan menggunakan MOSFET seperti pada gambar di bawah ini



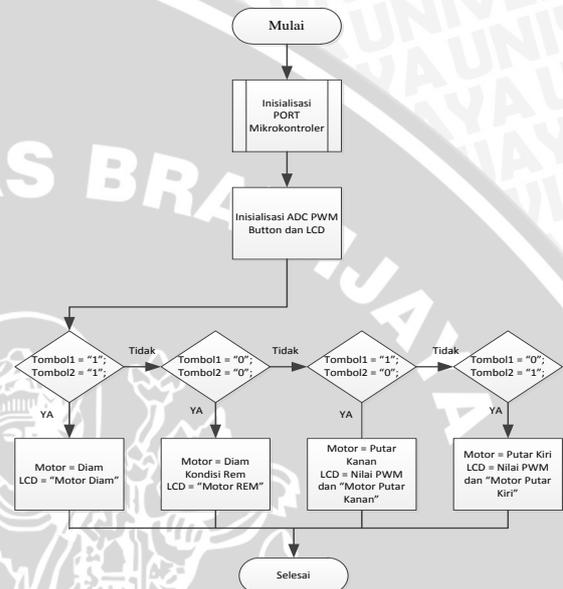
Gambar 14 H-bridge

Dari gambar tersebut terlihat bahwa keempat saklar digital disusun sedemikian rupa sehingga membentuk huruf H, dari bentuk inilah mengapa disebut *h-bridge*. Dari gambar di atas, jika saklar Q1 dan Q4 aktif, maka motor akan bergerak ke arah kanan. Sebaliknya, jika saklar Q2 dan Q3 aktif

maka motor akan bergerak ke arah kiri. Motor akan bisa dikontrol secara digital jika rangkaian di atas dihubungkan ke pin Mikrokontroler.

B. Perancangan Perangkat Lunak

Program pada perangkat lunak digunakan untuk mengendalikan seluruh sistem pada perangkat keras. Dalam sistem alat ini, perangkat lunak ditanamkan pada mikrokontroler ATMEGA16. Berikut adalah flowchart perancangan mikrokontroler.



Gambar 15 Flowchart perancangan mikrokontroler

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

A. Pengujian Kecepatan Motor DC

Hasil pengujian kecepatan motor terhadap tegangan tertentu yang diperoleh melalui beberapa kali percobaan ditunjukkan pada tabel gambar 15

Gambar 15 grafik hubungan tegangan dengan kecepatan



B. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian rangkaian Catu Daya digunakan untuk mengetahui keluaran pada rangkaian ini. Pengujian dilakukan dengan memberi masukan tegangan DC pada masukan rangkaian Catu Daya dan mengukur tegangan keluaran rangkaian Catu Daya menggunakan multimeter. Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian rangkaian Catu Daya.

Tabel 2 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya

Tegangan Masukan	Tegangan Keluaran
12 V _{DC}	4,9 V _{DC}
9 V _{DC}	
7,5 V _{DC}	
6 V _{DC}	

C. Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian rangkaian LCD dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian tersebut. Rangkaian LCD dapat berjalan dengan baik. Gambar 16 menunjukkan hasil pengujian rangkaian LCD.



Gambar 16 Pengujian Rangkaian LCD

D. Pengujian ADC

Pengujian ADC digunakan untuk mengetahui kinerja dari ADC pada mikrokontroler ATMEGA16.

Tegangan masukan berasal dari sensor potensiometer. Keluaran tegangan dari sensor potensiometer dimasukkan kedalam PIN.A0 pada mikrokontroler ATMEGA16. Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian ADC.

Tabel 3 Hasil Pengujian ADC

Tegangan Masukan	ADC Perancangan	Hasil ADC	Error
5 V _{DC}	1023	1018	0.48876 %
4,5 V _{DC}	920.7	914	0.72771 %
4 V _{DC}	818.4	810	1.02639 %
3,5 V _{DC}	716.1	709	0.99148 %
3 V _{DC}	613.8	610	0.61909 %
2,5 V _{DC}	511.5	508	0.68426 %
2 V _{DC}	409.2	406	0.78201 %
1,5 V _{DC}	306.9	300	2.24829 %
1 V _{DC}	204.6	201	1.75953 %

E. Pengujian Driver

Pengujian rangkaian *driver* dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian *driver*.

Rangkaian *driver* dapat bekerja dengan baik jika rangkaian *driver* dapat mengendalikan putaran motor. Gambar 4.3 menunjukkan diagram alir pengujian rangkaian *driver*.

Untuk mengendalikan putaran motor kedua tombol masukan diberi pemuncian sinyal. Saat tombol1 diberi logika "1" dan tombol2 diberi logika "1", maka motor akan diam karena tidak ada aliran tegangan yang masuk pada motor. Saat tombol1 diberi logika "1" dan tombol2 diberi logika "0", maka motor akan berputar ke kiri. Saat tombol1 diberi logika "0" dan tombol2 diberi logika "1", maka motor akan berputar ke kanan. Saat tombol1 diberi logika "0" dan tombol2 diberi logika "0", maka motor akan diam dan melakukan kondisi rem. Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian rangkaian *driver*.

Tabel 4 Hasil Pengujian Rangkaian Driver

Tombol 1	Tombol 2	Motor(k1)	Motor(k2)
1	1	0 rpm	Diam
1	0	1097 rpm	Putar Kanan
0	1	1097 rpm	Putar Kiri
0	0	0 rpm	Diam rem

F. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian keseluruhan yang dilakukan adalah dengan mengubah nilai PWM yang dimasukkan dalam program. Perubahan nilai PWM akan memengaruhi kecepatan putaran motor. Berikut adalah detail pengujian pada seluruh sistem dimulai dengan tombol 1 dan 2 diberi logika *high* (1).

Tabel 5 Tombol 1 dan 2 diberi logika 1

PWM	Teg.1	Teg.2	Kecepatan	Kondisi Motor
225	0V	0V	0 rpm	Diam
168				
112				
56				
0				

Kedua tombol aktif maka tidak ada arus yg mengalir sehingga keadaan motor diam. Kemudian untuk kondisi tombol 1 berlogika 0 dan tombol 2 berlogika 0 adalah pada table berikut ini.

Tabel 6 Tombol 1 Berlogika 0 dan Tombol 2 Berlogika 0

PWM	Teg.1	Teg.2	Kecepatan	Kondisi Motor
225	12V	12V	0 rpm	Diam
168				Kondisi rem
112				
56				
0	0V	0V		

Tabel 4.5 menunjukkan kondisi sama seperti sebelumnya, yaitu motor diam, karena tidak ada arus yang mengalir. Selanjutnya adalah dengan kondisi tombol 1 berlogika 1 dan tombol 2 berlogika 0. Hasilnya ditunjukkan oleh tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 7 Tombol 1 berlogika 1 dan tombol 2 berlogika 0

PWM	Teg. 1	Teg. 2	Kecepatan	Kondisi Motor
225	12V	0V	1081 rpm	Putar Kiri
168			792 rpm	
112			514 rpm	
56			250 rpm	
0	0V		0 rpm	Diam

Dari tabel di atas motor berputar ke kanan dengan kecepatan berubah ubah sesuai dengan PWM yg diatur dalam program. PWM dimulai dari 0-225. Kecepatan motor berubah sesuai dengan kecepatan PWM. Pengujian yang terakhir adalah dengan memberi tombol 1 dengan logika 1 dan tombol 2 logika 0. Hasilnya ditunjukkan oleh tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 8 Tombol 1 dengan logika 1 dan tombol 2 logika 0

PWM	Teg.1	Teg.2	Kecepatan	Kondisi Motor
225	0V	12V	1097 rpm	Putar Kiri
168			745 rpm	
112			520 rpm	
56			245 rpm	
0		0V	0 rpm	Diam

Data yang diperoleh dari pengujian ke-4 hampir sama dengan pengujian yang ke-3 yaitu motor berputar ke kiri dan kecepatan motor berubah sesuai dengan PWM yang diubah melalui program pada mikrokontroler.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem pengendalian kecepatan motor maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

A. KESIMPULAN

- 1) Berdasarkan hasil pengujian driver motor dapat mengendalikan motor ketika logika output dari mikrokontroler adalah 1 dan 0.
- 2) Motor pada kecepatan maksimal ketika PWM 225 dan kecepatan motor adalah 1097 rpm.

B. SARAN

- 1) Melakukan pengujian berbeban agar mengetahui kekuatan driver.
- 2) Menambahkan Rotary Encoder agar ada feedback dari motor sehingga mampu mengukur kecepatan motor DC secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

Boylestad, R, Nashelsky, L. 2007. *Electronic Devices and Circuit Theory*. New Jersey: Prentice Hall.

Katal, G, Gupta, S, Kakkar, S. 2013. *Design and Operation of Synchronised Robotic Arm*. Delhi: Maharaja Agresen Institute and Technology

Soebhakti, Hendawan. 2007. *Basic AVR Microcontroller Tutorial*. Batam: Politeknik Batam

www.atmel.com Diakses 15 Juni 2016

www.braude.ac.il Diakses 10 Juli 2016

www.engineergalery.com Diakses 20 Juni 2016

www.makerstkart.com Diakses 21 Agustus 2016

www.vishay.com Diakses 1 Juli 2016

Yudi Sulistiyono, Taufiq. 2013. *Komparasi Sistem Komunikasi Serial Multipoint Pada Robot Management Sampah Menggunakan 12C dan SPII*. Malang: Universitas Brawijaya.

