

**APLIKASI ASTABIL DAN
MONOSTABIL MULTIVIBRATOR
UNTUK PENGATURAN KECEPATAN
MOTOR DC MAGNET TETAP
DENGAN TEKNIK PWM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Syarat-syarat
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik**

Oleh :

**SRI ALFANI
NIM : 07 812 0021**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)22/9/23



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	.....	i
DAFTAR ISI	.....	iii
ABSTRAK	.....	vi
ABSTRACT	.....	vii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	.....	1
1.2. Rumusan Masalah	.....	2
1.3. Batasan Masalah	.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	.....	3
1.6. Metode Penelitian	.....	3
1.7. Sistematika Penelitian	.....	4

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1. Motor DC	.....	7
2.1.2. Jenis-Jenis Motor DC	.....	10
2.1.2. Pengaturan Kecepatan dan Arah Putaran Motor DC	.....	12
2.1.3 . Pengaturan Arah Putaran Motor DC	.....	14
2.2. Transistor	.....	15
2.2.1. Transistor sebagai Switch (Saklar)	.....	17
2.2.2. Rangkaian Transistor Darlington	.....	19

2.3. DC Chopper	21
2.4. IC 555	24
2.4.1. Astabil Multivibrator Dengan IC 555	26
2.4.1.1. Lama Waktu On (T_{ON})	27
2.4.1.2. Lama Waktu Off (T_{OFF})	28
2.4.1.3. Periode, Duty Cycle Dan Frekwensi	28
2.4.2. Monostabil Multivibrator Dengan IC 555	30
2.4.2.1. Lama Waktu On (T_{ON})	31

BAB III. PERANCANGAN RANGKAIAN PENGATUR KECEPATAN

MOTOR DC

3.1. Blok Diagram Rangkaian	32
3.2. Multivibrator Astabil Dengan Frekwensi Yang Dapat Diatur	33
3.3. Multivibrator Monostabil Dengan Waktu ON Yang Dapat Diatur	34
3.4. Rangkaian DC Chopper	36
3.5. Rangkaian Power Supply	38

BAB IV. ANALISA RANGKAIAN

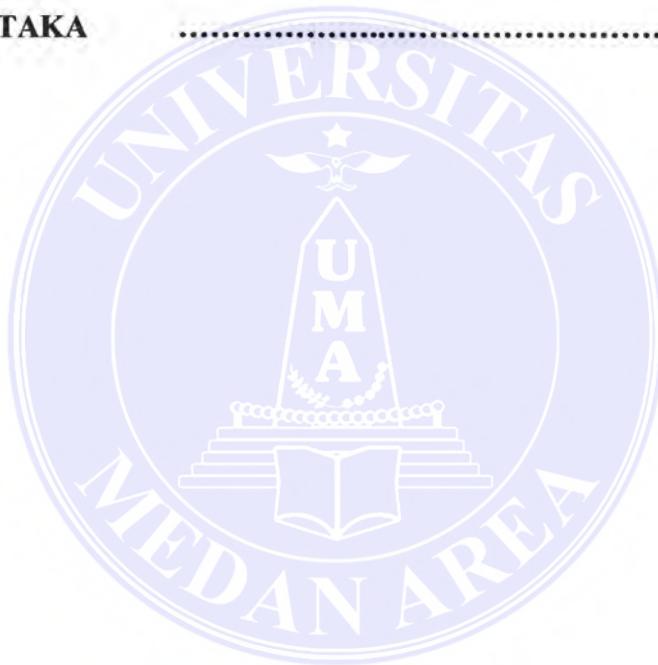
4.1. Frekwensi, Periode Duty Cycle Dan Bentuk Gelombang Output Astabil Multivibrator	39
4.2. Frekwensi, Periode, Bentuk Gelombang Output Dan Duty Cycle Monostabil Multivibrator, Tegangan Output DC Chopper Serta Kecepatan Putaran Motor DC	41

4.2.1. Pada Frekwensi Maksimum Dari Astabil Multivibrator	42
4.2.2. Pada Frekwenis Tengah Dari Astabil Multivibrator	46
4.2.3. Pada Frekwensi Minimum Dari Astabil Multivibrator	53

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60

DAFTAR PUSTAKA	61
-----------------------------	-----------



ABSTRAK

Motor arus searah adalah mesin-mesin listrik yang telah jauh lebih populer digunakan di dunia industri dibandingkan dengan motor arus bolak-balik sebelum AC drive inverter dengan pengaturan lebar pulsa (*PWM*) ditemukan. Dengan berkembangnya teknologi AC drive, maka pada saat ini penggunaan motor dc sudah semakin berkurang, terutama pada motor-motor yang lebih besar dari 1 kW karena harganya yang tidak kompetitif.

DC drive (dc chopper dengan PWM) adalah teknologi pengaturan starting, kecepatan, torsi, pengereman pengaturan jarak (*positioning*) untuk motor-motor dc yang paling populer dan berkembang pada saat ini. Prinsip dasar dari sistem ini adalah pemberian tegangan untuk mengatur lebar pulsa dari suatu gelombang dengan frekwensi tertentu yang diberikan kepada sebuah dc chopper, Saat lebar pulsa berubah, maka duty cycle juga akan berubah, sehingga tegangan rata-rata yang diberikan ke armatur motor dc juga berubah, akibatnya kecepatan putaran motor dc juga akan berubah.

Skripsi ini membahas sebuah sistem yang sederhana tentang teknik PWM pada dc chopper untuk pengaturan kecepatan putaran motor dc menggunakan dua buah IC555. Karena masih sederhana, maka akan ditemukan beberapa kekurangan pada sistem PWM ini, dimana perubahan frekwensi akan mempengaruhi duty cycle dan demikian pula sebaliknya. Pada dc chopper dengan sistem PWM yang baik, perubahan frekwensi dan duty cycle tidak akan saling mempengaruhi.

ABSTRACT

Before ac drives technology found and improves in the last few years, dc motors have been using and much more popular for years compared to AC motors in industrial use, especially in applications which need speed regulation, high torque and etc. With the improvement of AC drives technology, application dc motors have been reduced significantly, especially for big motors (above 1 kW) due to it's uncompetitive prices and the need of regular maintenance.

DC drives (dc chopper using PWM method) is the latest technology of dc motor controller with various applications in industrial use. It can control forward / reverse run, speed, positioning, torque, and many other features of using dc motors.

There are various way for controlling pulse width modulation (PWM) of a dc chopper's input. One of that is creating a delay for t_{ON} that will change duty cycle. By changing duty cycle, the average voltage given to dc motor's armature will change and finally turning speed of dc motors will change also.

This thesis will study a simple PWM system by using a delaying technique for t_{ON} that will change duty cycle of DC Chopper for controlling dc motor's speed using IC555 which is configured as monostabil multivibrator. With this simple system, we can see clearly another way for creating and applying pwm method for dc chopper. It will give us a good understanding how a dc drives can control dc motor's speed in industrial use.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam dunia robotika, untuk penggerak utama dengan daya kecil dan torsi yang cukup baik tanpa adanya slip, motor dc masih menjadi pilihan yang sangat digemari. Dengan berkembangnya teknologi *dc drive*, maka penggunaan motor dc menjadi semakin optimal karena torsi yang besar masih dapat diperoleh pada putaran yang lambat.

Dalam dunia industri, saat ini penggunaan motor dc telah sangat berkurang dengan berkembangnya teknologi *ac drive*, dimana semua kelebihan dari motor dc pada masa lalu telah dapat dilakukan oleh motor ac dengan bantuan *ac drive*. Dengan kekurangan motor dc yang membutuhkan maintenance yang lebih rutin pada komutator dan carbon brushnya, serta harganya yang sangat mahal dibandingkan dengan motor ac pada daya yang agak besar (lebih dari 1 kW), dan kebutuhan penyearah yang besar sebagai sumber dayanya, maka penggunaannya dalam dunia industri telah banyak digantikan dengan motor ac dan *ac drive* yang lebih ekonomis.

Pada dasarnya, *dc drive* dibangun berdasarkan prinsip pengaturan tegangan pada armatur untuk mendapatkan kecepatan putaran yang bervariasi dengan torsi yang baik. Rangkaian akhir dari *dc drive* dibangun dengan menggunakan komponen elektronika daya menjadikan pengendalian motor dc arus searah itu dilakukan secara elektronik yang memberikan beberapa keuntungan, diantaranya adalah tingkat pengendalian yang lebih halus, tidak

terjadi bunga api saat pemutusan dan penyambungan kembali pemutus rangkaian, sehingga kerugian daya lebih kecil dan perawatan lebih sederhana.

Rangkaian final *dc drive* berfungsi untuk memotong-motong tegangan dc sesuai dengan gelombang input yang diberikan kepadanya, sehingga rangkaian ini secara umum dikenal dengan nama *dc chopper*. Pengendalian kecepatan motor arus searah dengan *dc chopper* merupakan system pengaturan tegangan searah atau arus searah yang berdasarkan pada *duty cycle* dari gelombang yang diberikan ke rangkaian *dc chopper* tersebut, dimana tegangan yang diberikan ke armatur motor dc tersebut akan sebanding dengan *duty cycle* dari gelombang inputnya. *Duty cycle* adalah perbandingan antara waktu on (t_{ON}) dengan perioda dari gelombang input tersebut. Teknik pengontrolan ini dikenal dengan nama modulasi lebar pulsa (PWM)

1.2. Rumusan Masalah

Dalam skripsi ini, rumusan permasalahannya pada penelitian ini adalah bagaimana sebuah *monostabil multivibrator* dapat melakukan pengaturan *duty cycle* dari sebuah gelombang *input* yang dibangkitkan oleh *astabil multivibrator* sehingga menjadi metode pengaturan lebar pulsa. Keluaran dari *monostabil multivibrator* ini akan dikonversikan oleh *dc chopper* ke sebuah tegangan rata-rata yang diberikan ke armatur motor dc, sehingga motor dc tersebut dapat berputar dengan kecepatan tertentu sesuai dengan *duty cycle* gelombang *output monostabil multivibrator*.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi pokok permasalahan tersebut diatas, maka penelitian pada skripsi ini akan dibatasi pada permasalahan pengaturan *duty cycle* pada berbagai frekwensi *input* untuk mengatur kecepatan putar motor arus searah medan tetap dengan *chopper step down*

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini adalah untuk mengetahui salah satu teknik pembangkitan gelombang dengan modulasi lebar pulsa (PWM) yang dapat dikontrol sebagai input *dc chopper* untuk pengaturan kecepatan putaran motor arus searah medan tetap menggunakan rangkaian *multivibrator* tidak stabil dan *multivibrator monostabil* dari IC555

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk menghasilkan sebuah *dc drive* sederhana dan ekonomis dengan metode pwm yang dapat digunakan untuk mengendalikan kecepatan putaran motor dc medan tetap yang dapat digunakan pada proyek-royek robotika dan maket-maket untuk simulasi dari sistem kontrol ataupun proses produksi dari sebuah pabrik. Penelitian ini juga dapat juga dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya untuk menghasilkan rangkaian kontrol pwm yang lebih baik, dimana perubahan frekwensi dan *duty cycle* tidak akan saling mempengaruhi.

1.6. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)22/9/23

1. Metode Literatur

Peneliti melakukan penelitian berdasarkan studi kepustakaan dan kajian dari buku-buku teks pendukung yang dapat menunjang penelitian tugas akhir.

2. Metode Diskusi

Peneliti melakukan diskusi dan konsultasi dengan dosen pembimbing dan teman-teman Kampus Universitas Medan Area Fakultas Teknik mengenai masalah-masalah yang timbul selama penelitian berlangsung.

3. Metode penelitian

Peneliti melakukan pembuatan maket rangkaian pwm dengan 2 buah IC555 yang dapat diatur frekwensi dan *duty cycle*-nya untuk memberikan input kepada *dc chopper* yang digunakan untuk menggerakkan motor dc. Dengan cara ini, peneliti dapat melihat penagaruh perubahan frekwensi terhadap *duty cycle* dan kecepatan motor. Percobaan dengan peralatan yang lengkap dilakukan di Laboratorium Mesin - mesin Elektrik FT-UMA untuk mendapat data-data yang berhubungan dengan permasalahan dalam tugas akhir ini.

1.7. Sistematika Penelitian

Gambaran tulisan ini sesara singkat dapat diuraikan pada sistematika penelitian sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang gambaran umum mengenai tugas akhir yang memuat latar belakang, tujuan penelitian, pokok masalah, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II. LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan teori mengenai rangkaian multivibrator astabil dan monostabil dengan IC 555, motor dc, dc chopper dan transistor sebagai switch.

BAB III. KOMPONEN PENDUKUNG

Bab ini menjelaskan tentang komponen yang digunakan pada maket rangkaian kontrol ini, seperti resistor kapasitor, IC NE SE 555 dan transistor.

BAB IV. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RANGKAIAN DC CHOPPER

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah perancangan dan pembuatan rangkaian pwm dengan frekwensi dan duty cycle yang dapat diatur serta rangkaian DC Chopper.

BAB V. ANALISA RANGKAIAN

Bab ini menjelaskan tentang analisa rangkaian pwm dengan frekwensi dan duty cycle yang dapat diatur serta rangkaian DC Chopper.

BAB VI. KESIMPULAN

Dalam bab ini dituliskan hal-hal yang dianggap penting di dalam penelitian yang dirangkumkan sebagai kesimpulan.

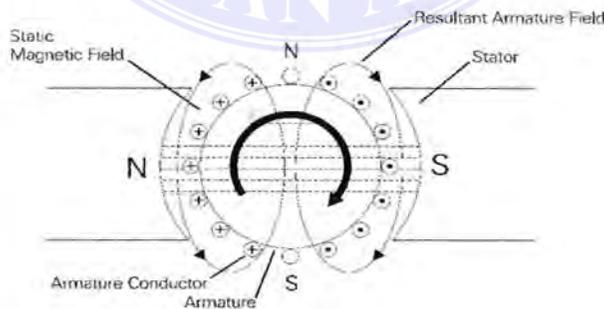


BAB II

LANDASAN TEORI

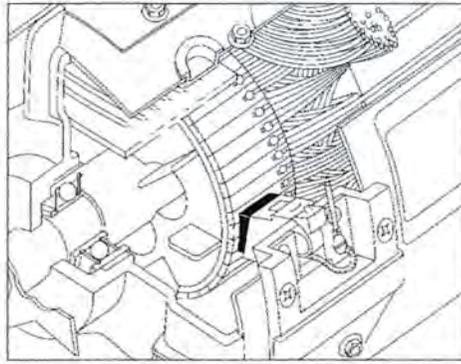
2.1. Motor DC

Jauh sebelum motor AC ditemukan, motor DC telah lebih dahulu ditemukan dan dikenal di dunia. Sebelum teknologi AC Drive (inverter) untuk motor AC berkembang dengan baik seperti saat ini, motor DC telah digunakan di dunia industri selama bertahun-tahun karena torsi yang besar dan kemudahan pengaturan kecepatannya. Ciri utama (dan juga kelemahan) dari sebuah motor DC adalah adanya komutator yang digunakan untuk memberikan tegangan ke belitan-belitan armature secara bergantian melalui *carbon brush*, sehingga akan selalu tercipta medan magnet armature yang mempunyai sudut tertentu terhadap medan magnet stator (belitan medan), akibatnya armature (rotor) akan berputar jika belitan medan (stator) dan belitan (armature) diberikan tegangan yang cukup. Hal ini dikenal dengan nama komutasi. Prinsip perputaran rotor motor dc ini dapat dilihat pada gambar 2.1, sedangkan gambar 2.2 menunjukkan hubungan komutator dengan *carbon brush*.



Gambar 2.1. Prinsip Perputaran Armatur Motor DC Pada Saat Belitan Stator Dan Rotor Diberi Tegangan DC

Mohan, Ned, 2003, "*First Course On Power Electronics & Drives*", MNPERE, Minneapolis – USA.
 "The Step 2000 Series, Siemens Technical Education Program – Basic of DC Drives", Siemens SA, Germany.



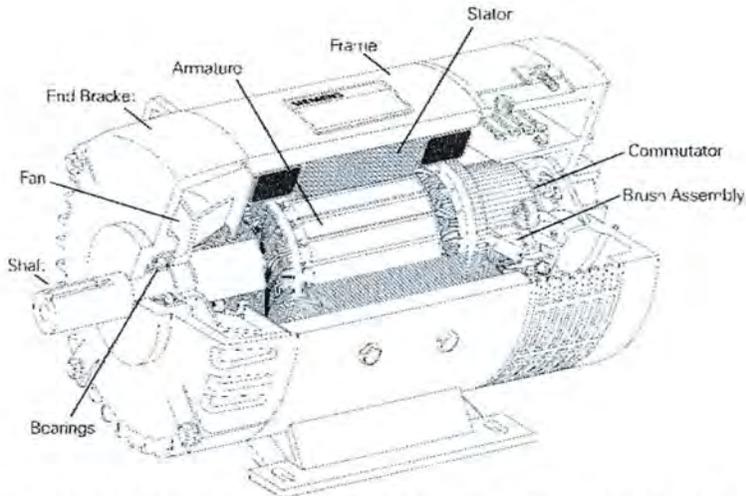
Gambar 2.2. Hubungan Komutator Dengan Karbon Brush Pada Sebuah Motor DC

Umumnya proses komutasi ini akan menimbulkan bunga api. Semakin baik sudut komutasinya, maka semakin kecil bunga api yang terjadi antara komutator dengan carbon brush tersebut. Carbon brush yang begesek dengan komutator juga menimbulkan debu karbon, sehingga harus dibersihkan secara teratur untuk mencegah masalah dari motor dc itu.

Sebuah motor dc umumnya mempunyai komponen-komponen penting berikut ini :

- a. Frame (rangka)
- b. Shaft (as motor untuk dudukan armatur)
- c. Bearing (peredam gaya gesekan antara shaft dengan rangka motor)
- d. Belitan Medan (Stator)
- e. Belitan Armatur (Rotor)
- f. Komutator (Commutator)
- g. *Carbon Brush* dan dudukannya (Brush Assembly)

Gambar 2.3 menunjukkan konstruksi dari sebuah motor DC yang umum ada di pasaran dan industri.



Gambar 2.3. Komponen-Komponen Utama Dari Sebuah Motor DC

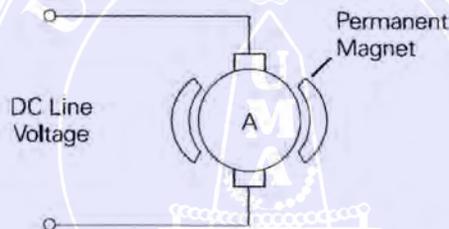
Keterangan-keterangan yang dibutuhkan untuk pemasangan sebuah motor dc umumnya akan terdapat pada *name plate* yang ditempelkan di frame dari motor dc tersebut. Diantara data-data yang umum terdapat pada sebuah *name plate* motor dc adalah : arus dan tegangan medan, arus dan tegangan armatur, kecepatan putaran dasar, jenis belitan motor dc (seri, *shunt*, *compound* atau *permanent magnet*), daya motor, kelas isolasi, temperatur ambient maksimum, tipe body / kemasan, dan pabrik pembuat motor tersebut. Contoh dari salah satu *name plate* motor DC dapat dilihat pada gambar 2.4.

SIEMENS					
HP	10	RPM	1180	VOLTS	500
ARM AMPS	170	WOUND	SHUNT		
FLD AMPS	1.4/2.8	FLD OHMS 25C	156		
INSUL CLASS	F	DUTY	CONT	MAX AMBIENT 40° C	
PWR SUP CODE	C	FLD VOLTS	300/150		
TYPE	E	ENCL	DP	INSTR	
MOD			SER		
NP36A424835AP				DIRECT CURRENT MOTOR MADE IN U.S.A.	

Gambar 2.4. Contoh Name Plate Motor DC

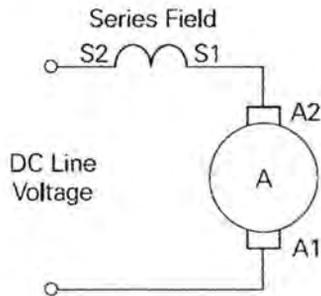
2.1.1. Jenis-Jenis Motor DC

Jenis / tipe dari motor dc ditentukan dari jenis dan bagaimana belitan medan pada motor tersebut dihubungkan pada sumber tegangannya. Untuk motor-motor dc yang kecil dengan torsi yang terbatas hanya sampai 150% dari torsi dasarnya, belitan medan biasanya diganti dengan medan magnet tetap (permanent magnet), sehingga motor itu disebut motor dc magnet tetap (permanent magnet dc motor). Motor dc tipe ini mempunyai kemampuan torsi awal yang sangat baik dengan kemampuan pengaturan kecepatan putaran yang baik. Gambar 2.5 menunjukkan simbol dari motor dc medan magnet tetap.



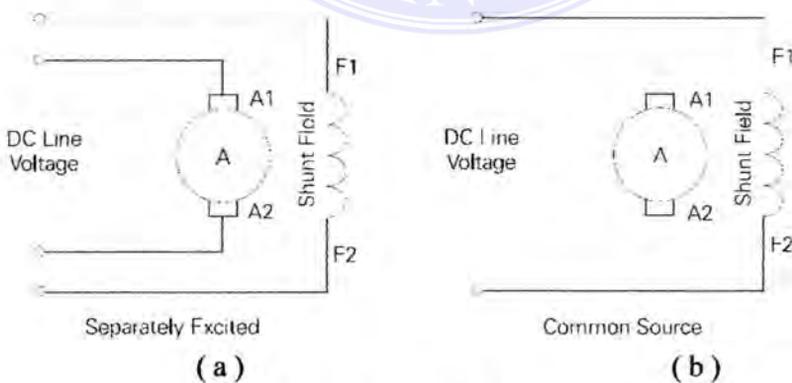
Gambar 2.5. Motor DC Tipe Medan Magnet Tetap

Jika belitan medan dihubungkan secara seri ke belitan armatur, maka motor dc tersebut akan menjadi motor dc seri. Pada motor jenis ini, belitan medannya akan terdiri dari beberapa belitan kawat email dengan diameter yang besar, karena belitan tersebut harus mengalirkan arus sebesar arus yang diberikan ke armatur. Motor dc seri mempunyai torsi awal (*starting torque*) yang sangat besar, namun motor ini mempunyai perbedaan kecepatan yang sangat besar pada saat tidak berbeban dan pada saat diberi beban. Gambar 2.6 menunjukkan simbol dari motor dc seri.



Gambar 2.6. Motor DC Seri

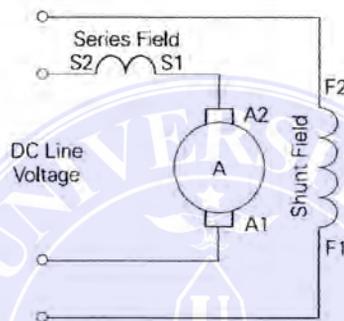
Jika belitan medan dihubungkan secara paralel ke belitan armature, maka kita akan memperoleh motor dc shunt. Motor-motor tipe ini akan memberikan pengaturan kecepatan yang baik. Motor dc shunt terdiri dari dua jenis, yaitu motor dc shunt dengan tegangan medan berbeda (*separately excited*) dan motor dc shunt dengan tegangan medan yang sama dengan tegangan armatur. Motor dc shunt dengan tegangan medan berbeda adalah jenis motor dc yang paling banyak dan umum digunakan di dunia industri karena umumnya pada mesin-mesin di industri, motor-motor dc yang digunakan akan disuplai dengan tegangan dc yang berbeda untuk belitan medan dan belitan armaturenya. Gambar 2.7 menunjukkan simbol dari 2 tipe motor dc shunt.



Gambar 2.7. Motor DC Shunt

- a. Tegangan Medan Berbeda Dengan Tegangan Armatur
- b. Tegangan Medan Sama Dengan Tegangan Armatur

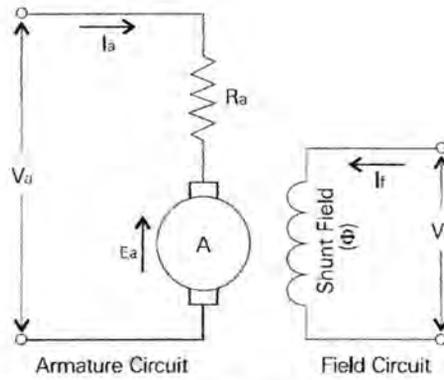
Jika motor dc tersebut mempunyai dua buah belitan medan, dimana belitan medan yang satu terhubung seri dengan belitan armature, sementara belitan medan yang lain paralel (*shunt*) dengan belitan medan, maka kita akan memperoleh sebuah motor dc tipe kompond (*compound dc motor*). Belitan medan seri pada motor ini akan memberikan torsi yang baik untuk start, sementara belitan medan shunt akan memberikan pengaturan kecepatan yang baik pada motor tersebut. Gambar 2.7 menunjukkan simbol dari sebuah motor dc tipe kompond.



Gambar 2.8. Motor DC Tipe Kompond

2.1.2. Pengaturan Kecepatan Dan Arah Putaran Motor DC

Pada kondisi steady state, pengaruh induktansi L pada sebuah motor dc telah dapat diabaikan, sehingga rangkaian ekuivalent dari sebuah motor dc yang terhubung pada sumber tegangan untuk belitan medan dan belitan armatur dapat digambarkan seperti gambar 2.9. Kuat medan magnet shunt (Φ) akan tergantung kepada besarnya tegangan yang diberikan kepada belitan medan shunt (V_f).



Gambar 2.9. Rangkaian Ekuivalent Motor DC Pada Saat Steady State

Besarnya tegangan balik pada armatur (*counter electromotive force*) E_a akan bergantung kepada kecepatan putaran armature (n) dan kuat medan shunt (Φ), sehingga perubahan kecepatan putaran rotor ataupun perubahan kuat medan shunt akan mengakibatkan perubahan E_a sesuai dengan persamaan :

$$E_a = K_t \Phi n \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan K_t = konstanta design dari motor dc tersebut.

Dari gambar 2.9, kita dapat menurunkan persamaan untuk rangkaian armature sebagai berikut : $V_a = I_a R_a + E_a \dots\dots\dots (2.2)$

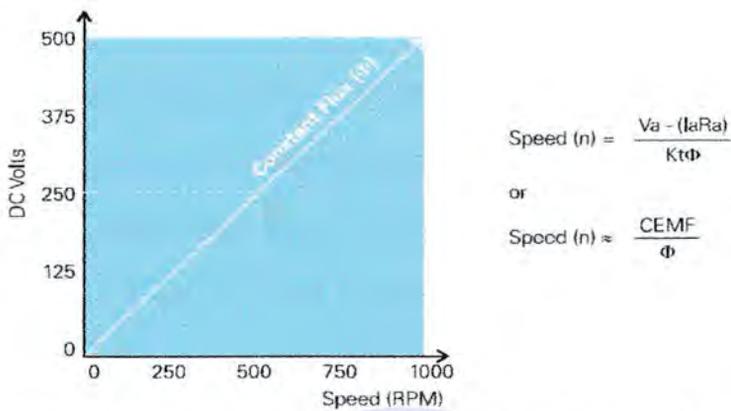
Dengan substitusi persamaan 2.1 ke persamaan 2.2, maka kita akan memperoleh persamaan untuk kecepatan putaran motor dc tersebut :

$$V_a = I_a R_a + K_t \Phi n \dots\dots\dots (2.3)$$

$$n = \frac{V_a - I_a R_a}{K_t \Phi} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jika kita mempertahankan kuat medan shunt tetap (ataupun pada motor dc dengan medan magnet tetap), maka dari persamaan 2.4 kita akan mendapatkan hubungan yang linier antara kecepatan putaran motor dc dengan besarnya tegangan V_a yang diberikan ke armatur motor dc tersebut. Hubungan yang linier

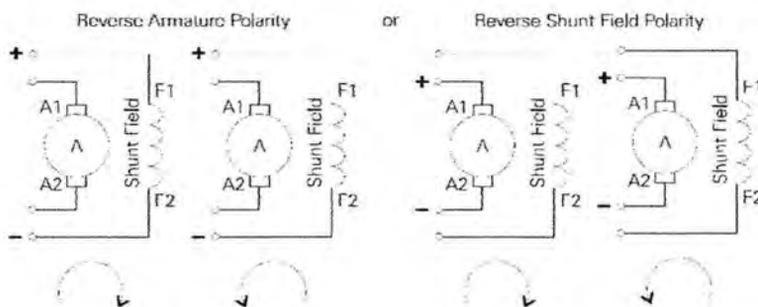
antara kecepatan dan besarnya tegangan pada armature ini dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Hubungan Kecepatan Putaran Motor Dengan Tegangan Pada Armatur

2.1.3. Pengaturan Arah Putaran Motor DC

Pengaturan arah putaran motor dc dapat dilakukan secara sederhana dengan membalik polaritas salah satu tegangan yang diberikan ke belitan armature (rotor) ataupun tegangan yang diberikan ke belitan medan (stator). Jika polaritas kedua tegangan yang diberikan ke armatur dan stator sama-sama dibalik, maka arah putaran motor itu akan tetap seperti semula. Gambar 2.11 menunjukkan prinsip pengaturan arah putaran pada motor dc dengan membalik polaritas tegangan pada belitan armatur atau belitan medan.



Gambar 2.11. Pengaturan Arah Putaran Motor DC

2.2. Transistor

Transistor merupakan komponen semikonduktor yang dapat digunakan untuk memperkuat sinyal listrik, memperkuat arus listrik, sebagai saklar elektronik dan lain-lain. Pada dasarnya, sebuah transistor tersbuat dari kristal germanium atau silikon yang terdiri dari tiga sisi, yaitu 2 buah sisi P yang dipisahkan dengan 1 sisi N (untuk jenis PNP) ataupun 2 buah sisi N yang dipisahkan oleh 1 sisi P (untuk jenis NPN). Ketiga sisi dari transistor tersebut akan dihubungkan dengan kaki-kaki yang diberi nama *emitter* (E), *basis* (B) dan *collector* (C). Karena hanya terdiri dari 2 kutub (P dan N), transistor juga dikenal dengan nama transistor dua kutub (*bipolar transistors*).

Agar dapat bekerja dengan baik dan benar, maka sebuah transistor harus diberikan tegangan bias yang benar sesuai dengan tipenya. Untuk transistor tipe PNP, kaki basis dapat dihubungkan basis ke tegangan positive melalui sebuah resistor untuk menjaganya tetap dalam posisi *cut off*, kemudian transistor tersebut akan konduksi (ON) pada saat basis diberikan sinyal listrik yang membuatnya lebih negative dari emiter sehingga terjadi tegangan bias mundur (*reverse bias voltage*). Untuk transistor tipe NPN, kaki basis dapat dihubungkan ke tegangan negative melalui resistor ataupun dibiarkan bebas untuk menjaganya dalam posisi *cut off*, kemudian transistor tersebut akan konduksi (ON) pada saat basis diberikan sinyal listrik yang membuatnya lebih positive dari kolektor, sehingga terjadi tegangan bias maju (*forward bias voltage*).

Gambar 2.12 menunjukkan skema pemberian tegangan bias dan arah arus pada tiap-tiap kaki dari transistor serta simbol dari transistor PNP dan NPN.

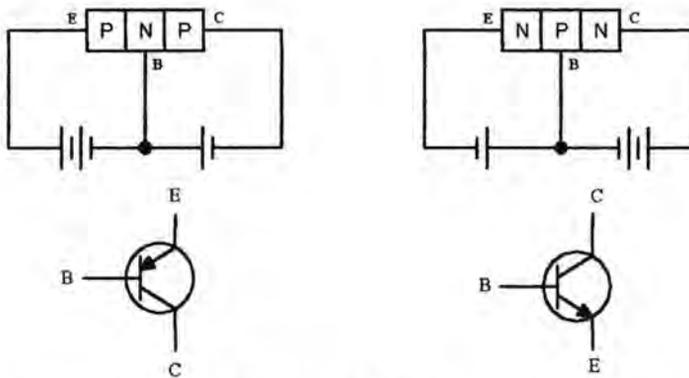
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)22/9/23



Gambar 2.12. Cara Pemberian Tegangan Bias Dan Simbol Transistor PNP dan NPN

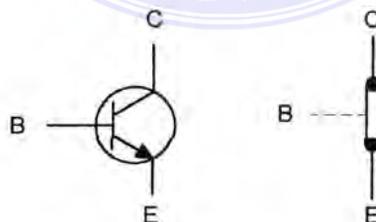
Dari gambar diatas , untuk transistor PNP dan NPN kita akan mendapatkan persamaan arus sebagai berikut : $i_E = i_B + i_C$ (2.5)

Untuk menggunakan sebuah transistor dalam suatu rangkaian, maka kita harus mengetahui beberapa parameter penting agar transistor tersebut dapat berfungsi dengan baik seperti yang kita harapkan. Data-data yang harus kita ketahui pada saat perancangan rangkaian adalah : tipe transistor (NPN, PNP), tegangan kolektor-basis (V_{CB}), tegangan kolektor-emiter (V_{CE}), tegangan basis-emiter (V_{BE}), arus kolektor (I_C), temperatur maksimum (T_J), daya total (P_{TOT}), frekwensi cut off (f_T), penguatan (h_{FE}), kuat arus untuk mendapatkan penguatan sebesar h_{FE} ($h_{FE-Bias}$) dan kegunaan dari transistor tersebut. Saat perancangan pcb dan pemasangan, kita harus mengetahui bentuk kemasan dan konfigurasi kaki-kaki transistor tersebut. Semua informasi ini dapat kita peroleh dari buku *data sheet* ataupun data dan persamaan transistor.

2.2.1. Transistor Sebagai Switch (Saklar)

Salah satu fungsi transistor dalam rangkaian elektronik adalah sebagai saklar, dimana transistor tersebut hanya dioperasikan pada dua titik kerja, yaitu pada daerah saturasi dan daerah *cut off*. Penggunaan transistor sebagai saklar yang umum adalah pada rangkaian on/off untuk motor, solenoid dan lain-lain. Dengan berkembangnya teknologi pengaturan kecepatan putaran motor dengan teknik pengaturan lebar pulsa (PWM), penggunaan transistor sebagai saklar juga semakin berkembang dengan kemampuan switching sampai frekwensi puluhan bahkan ratusan kHz.

Pada daerah saturasi, transistor akan berada pada kondisi ON karena resistansi kolektor – emiter akan berada pada titik terendahnya. Idealnya, tegangan jatuh pada transistor adalah 0 volt sehingga transistor yang berada pada daerah saturasi dapat di-ekuivalent-kan dengan sebuah switch dalam posisi menutup, namun pada kenyataannya akan terdapat tegangan jatuh sekitar 0,3 – 0,7 Volt antara kaki kolektor dengan emiter. Gambar 2.13 menunjukkan rangkaian ekuivalent dari sebuah transistor yang digunakan sebagai saklar pada saat saturasi.



Gambar 2.13. Rangkaian Ekuivalent Transistor Pada Saat Saturasi

Sinclair, Ian R., Dunton, John, 2007, "*Practical Electronics Handbooks, 6th Edition*", Newnes – Elsevier Ltd, Oxford- England

UNIVERSITAS MEDAN AREA
 M. A. S. "Practical Electronics & Drives", MNPERE, Minneapolis – USA.

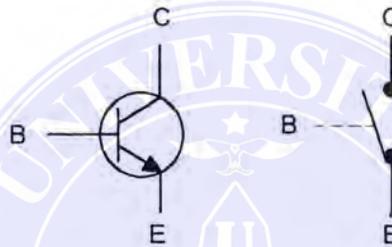
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From (repository.uma.ac.id)22/9/23

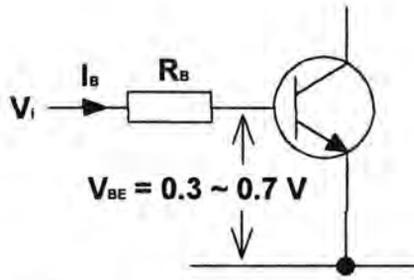
Pada daerah *cut off*, transistor akan berada dalam keadaan OFF karena resistansi kolektor emiter akan meningkat menjadi sangat besar. Idealnya, resistansi ini akan sama dengan tidak terhingga, sehingga tegangan pada kaki kolektor-emiter (V_{CE}) akan sama dengan tegangan sumbernya (V_{CC}). Namun kenyataannya pada saat *cut off*, tegangan V_{CE} tidak akan pernah sama dengan V_{CC} karena adanya arus bocor yang kecil dari kolektor ke emiter. Gambar 2.14 menunjukkan rangkaian ekuivalent dari sebuah transistor yang digunakan sebagai saklar pada saat *cut off*.



Gambar 2.14. Rangkaian Ekuivalent Transistor Pada Saat *Cut Off*

Rangkaian dasar dari sebuah transistor yang digunakan sebagai saklar dapat dilihat pada gambar 2.15. Jika kaki basis transistor mendapat tegangan bias V_i yang lebih positif dari emiter, maka dioda basis-emiter akan dibias maju (*forward bias*) dan transistor akan saturasi (konduksi penuh). Besarnya arus basis pada transistor dapat dicari dengan persamaan 2.6 dengan besarnya tegangan V_{BE} adalah sekitar 0,3 volt untuk dioda germanium dan 0,7 volt untuk dioda silikon

$$I_B = \frac{V_i - V_{BE}}{R_B} \dots\dots\dots (2.6)$$



Gambar 2.15. Rangkaian Dasar Transistor Sebagai Saklar

Jika kaki basis dari transistor mendapat tegangan bias lebih negative dari pada emiter, maka dioda basis-emiter akan mengalami bias balik (*reverse bias*), sehingga transistor akan *cut off*.

Pada dasarnya transistor adalah komponen penguat arus input pada kaki basis, dimana besarnya arus keluaran pada kaki emiter adalah hasil penguatan dari arus input pada kaki basis. Besarnya penguatan arus basis ini dinyatakan dengan h_{FE} , dengan rumus :

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \dots\dots\dots (2.7)$$

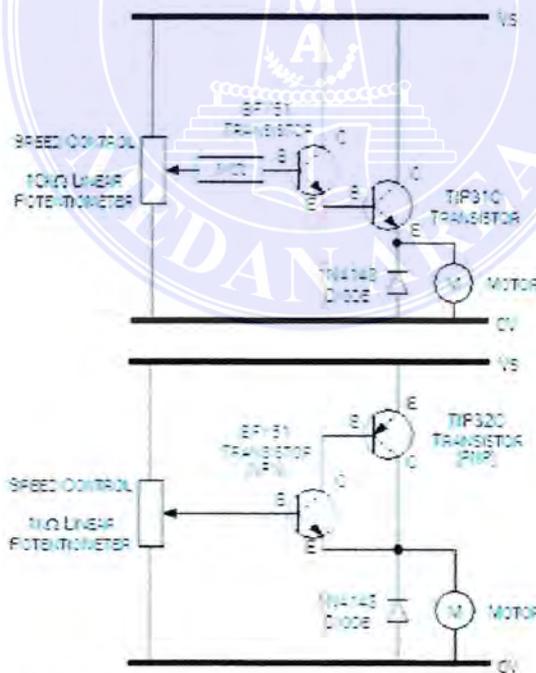
2.2.2. Rangkaian Transistor Darlington

Rangkaian transistor yang sering digunakan pada untuk saklar adalah rangkaian emiter dibumikan (*common emitter*, transistor NPN) dan rangkaian kolektor dibumikan (*common collector*, transistor PNP) yang mempunyai ciri-ciri penguatan arus yang besar. Karena penguatan dari sebuah transistor tunggal yang terbatas dan umumnya arus keluaran dari rangkaian pengolah sinyal yang cukup kecil, maka untuk mendapatkan arus keluaran yang besar agar dapat menggerakkan beban-beban yang berat akan dilakukan penguatan secara

bertingkat (*cascading*). Pada rangkaian transistor sebagai saklar, rangkaian penguatan bertingkat ini sering disebut sebagai rangkaian transistor darlington.

Untuk mendapatkan rangkaian transistor darlington yang dibias dengan tegangan positive, maka kita dapat menggunakan kombinasi transistor penggerak NPN dengan transistor final NPN atau PNP. Rangkaian dengan transistor final NPN akan menghasilkan tegangan jatuh 1,4 volt, sedangkan rangkaian dengan transistor final PNP akan menghasilkan tegangan jatuh 0,7 volt. Contoh dari kedua rangkaian transistor darlington tersebut diatas yang digunakan untuk pengaturan kecepatan motor DC dapat dilihat pada gambar 2.16. Besarnya penguatan total (h_{FE-tot}) dari rangkaian transistor darlington tersebut adalah :

$$h_{FE-tot} = h_{FE-1} \times h_{FE-2} \dots \dots \dots (2.8)$$



Gambar 2.16. Rangkaian Dasar Transistor Darlington NPN-NPN dan NPN-PNP untuk pengaturan kecepatan motor DC

2.3. DC Chopper

Kecepatan putaran sebuah motor DC medan tetap (magnet) akan bergantung kepada besarnya tegangan DC yang diberikan ke armatur motor tersebut. Sedangkan pada motor DC medan terpisah (belitan dengan inti yang diberi tegangan), kecepatan putarannya akan bergantung kepada besarnya tegangan yang diberikan ke belitan armatur dan belitan medannya.

Pengaturan kecepatan pada motor DC, baik dengan medan tetap ataupun dengan medan terpisah umumnya dilakukan dengan mengatur tegangan pada armatur motor DC tersebut. Hal ini disebabkan karena tegangan armature biasanya akan jauh lebih kecil dari pada tegangan medan, sehingga pengaturannya akan lebih mudah dan murah dibandingkan dengan pengaturan tegangan medan.

Secara sederhana pengaturan tegangan armatur dapat dilakukan dengan menggunakan *variable resistor*, namun pengaturan dengan cara ini akan menyebabkan penurunan torsi yang besar pada motor DC tersebut, sehingga armatur menjadi tidak dapat berputar pada kecepatan yang rendah karena arus pada armatur sudah tidak dapat membangkitkan fluksi dengan kerapatan yang cukup untuk memutar armatur tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, umumnya digunakan pengaturan tegangan armatur dengan metoda chopper, dimana tegangan yang diberikan ke armatur dipotong-potong menjadi ON dan OFF dengan *duty cycle* (d) yang dapat diatur. Tegangan rata-rata yang diberikan ke armatur akan sebanding dengan *duty cycle* dari frekwensi (f) yang diberikan ke rangkaian chopper tersebut. Dengan cara ini, torsi dari motor DC tersebut menjadi

lebih besar, karena pada saat ON, belitan armatur akan diberikan tegangan yang hampir sama dengan tegangan sumbernya.

Untuk motor-motor DC dengan arah putaran yang tetap, rangkaian *chopper* yang paling umum digunakan adalah *First Quadrant DC Chopper* yang lazim juga dikenal dengan *Step Down Converter* karena tegangan output dari rangkaian *chopper* ini akan selalu lebih kecil dari tegangan inputnya.

Gambar 2.17 dan 2.18 menunjukkan gambar rangkaian dasar dari sebuah *single quadrant chopper* dan bentuk gelombang *switching* yang dihasilkannya. R_a , L_a , dan E_a adalah rangkaian equivalent dari armature motor DC dengan V_a adalah besar tegangan yang diberikan pada armatur motor tersebut. Besarnya tegangan DC rata-rata yang diberikan ke armatur dapat dicari dengan persamaan :

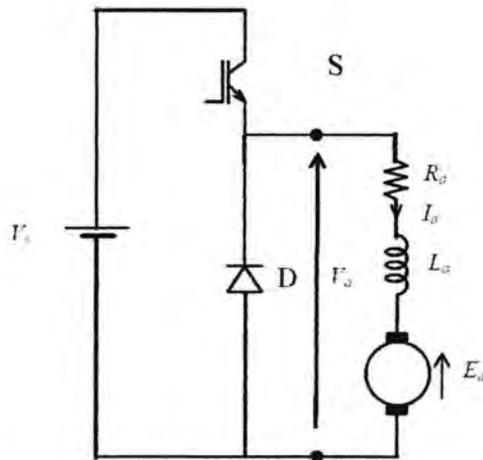
$$V_a = \frac{1}{T} \int_0^T V_o(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{t_{ON}} V_S dt = \frac{1}{T} V_S t_{ON} = \frac{t_{ON}}{T} V_S$$

$$V_a = d \cdot V_S \text{ (Volt)} \dots\dots\dots (2.9)$$

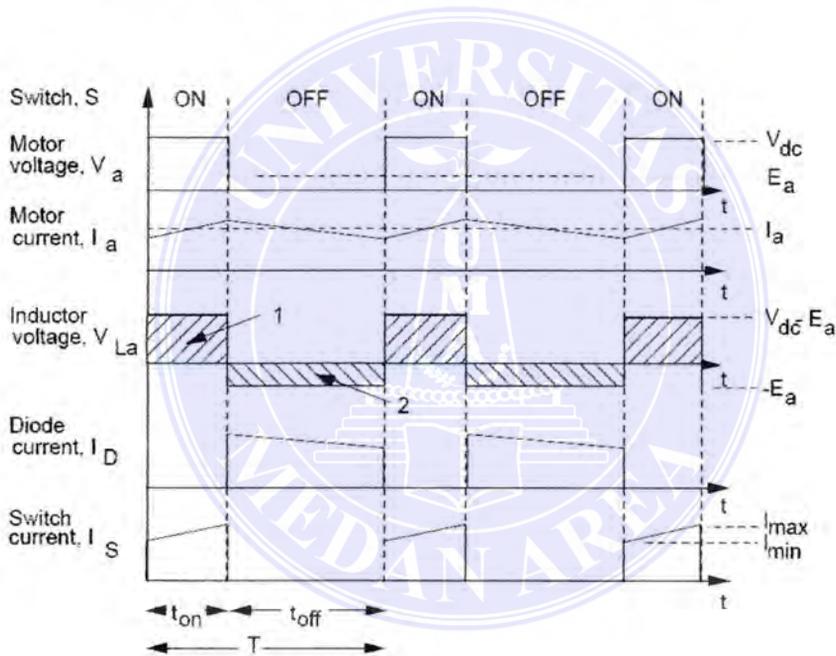
Pada saat *transient*, tegangan jatuh pada inductor L_a akan sangat besar dibandingkan dengan tegangan jatuh pada resistor R_a , sehingga tegangan pada resistor R_a dapat diabaikan. Selama waktu t_{ON} , tegangan sebesar V_a akan diberikan ke armature. Dengan mengabaikan tegangan jatuh pada switch S, maka rata-rata kenaikan arus armature dapat dicari dengan persamaan :

$$V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E_a \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\frac{di_a}{dt} = \frac{V_a - E_a}{L_a} \dots\dots\dots (2.11)$$



Gambar 2.17. Rangkaian DC Chopper Pada Kwadran Pertama



Gambar 2.18.

Bentuk Gelombang Switching Dari DC Chopper Kwadran Pertama Ketika switch S di-off-kan, energi yang tersimpan di induktansi armatur harus dibuang.

Polaritas pada tegangan di L_a akan terbalik, sehingga dioda D akan dibias maju dan arus pada armatur akan terus mengalir. Dengan mengasumsikan kecepatan motor akan tetap dan mengabaikan tegangan jatuh pada dioda D, maka

tegangan pada inductor L_a akan sama dengan $-E_a$, sehingga rata-rata penurunan arus armatur dapat dicari dengan persamaan :

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{E_a}{L_a} \dots\dots\dots (2.12)$$

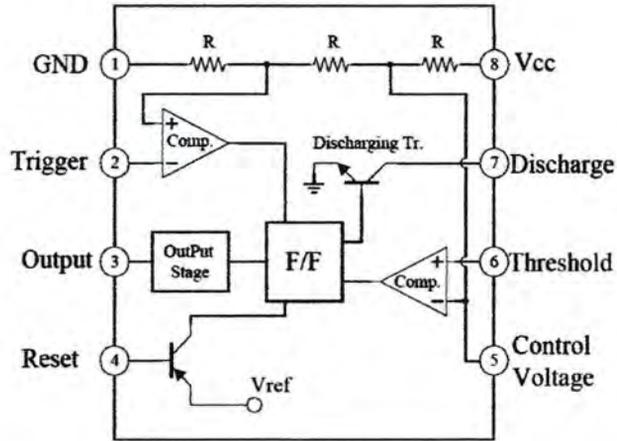
Pada saat *steady state*, tegangan jatuh pada inductor L_a akan sama dengan 0 (nol), sehingga besarnya arus pada saat *steady state* dapat dicari dengan substitusi persamaan 2.8 ke persamaan 2.9.

$$d.V_S = R_a \cdot I_a + E_a$$

$$I_a = \frac{d.V_S - E_a}{R_a} \dots\dots\dots (2.13)$$

2.4. IC 555

Nama 555 untuk IC ini berasal dari 3 buah resistor 5 k Ω yang berfungsi sebagai pembagi tegangan untuk menentukan tegangan referensi komparator 1 dan komparator 2 di dalam IC tersebut. Dalam kondisi operasi normal tanpa adanya pengaruh tegangan input pada pin 5, ketiga resistor ini akan memberikan tegangan referensi sebesar $2/3 V_{CC}$ dan $1/3 V_{CC}$. Bentuk fisik dalam kemasan DIP 8 pin dan rangkaian logika internal dari IC555 ini dapat dilihat pada gambar 2.19. Tabel 2.1 menjelaskan kegunaan dari masing-masing pin pada IC ini.



Gambar 2.19. Bentuk Fisik Kemasan DIP 8 Pin Dan Rangkaian Logika Internal IC 555

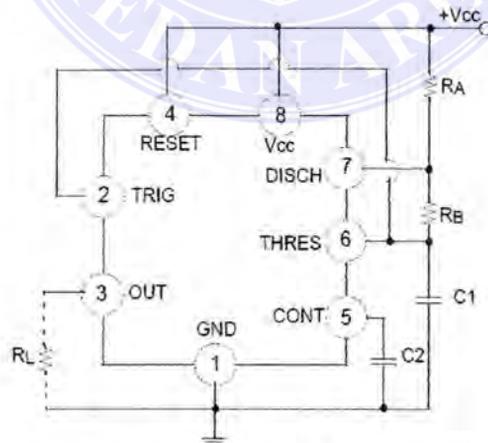
Tabel 2.1. Fungsi Tiap-Tiap Pin Pada IC555

PIN	DESCRIPTION	PURPOSE / KEGUNAAN
1	Ground	DC Ground
2	Trigger	Pin Trigger berfungsi untuk memulai proses pewaktuan. Ketika tegangan pada pin ini dibawah $1/3 V_{cc}$, maka sinyal output pada pin 3 akan tinggi dan proses pewaktuan dimulai.
3	Output	Pin Output ini digunakan untuk menggerakkan rangkaian eksternal. Pin ini mempunyai konfigurasi 'totem pole', sehingga dapat berfungsi sebagai sumber atau penyerap arus. Ketika menjadi sumber arus (logika 1), maka tegangan output pada pin ini akan 1.7 volt lebih rendah dari V_{cc} . Saat berlogika 0, pin ini dapat menyerap arus sampai dengan 200 mA. Pin output ini akan berlogika tinggi saat pin Trigger berlogika rendah. Pin ini akan berlogika rendah pada saat pin Threshold berlogika tinggi ataupun pin Reset berlogika rendah
4	Reset	Pin Reset digunakan untuk membuat output menjadi rendah tanpa memperhatikan keadaan dari pin-pin lain dari IC ini. Ketika tidak digunakan, pin reset ini harus dihubungkan ke V_{cc} untuk mencegah reset liar.
5	Control Voltage	Pin Control Voltage berfungsi untuk memberikan tegangan eksternal yang akan mempengaruhi proses pewaktuan dari IC555 ini dengan cara merubah tegangan referensi komparator 1 dan 2. Ketika tidak digunakan, pin ini harus di bypass dengan kapasitor 0.1uF ke Ground.
6	Threshold	Pin Threshold pin akan menyebabkan tegangan output menjadi rendah ketika diberi tegangan diatas $2/3 V_{cc}$.
7	Discharge	Pin Discharge akan terhubung ke ground pada saat pin output berlogika 0. Umumnya pin ini digunakan untuk membuang muatan kapasitor pewaktuan selama proses osilasi
8	+V	Pin V_{cc} , DC Power; +3 to +18 VDC

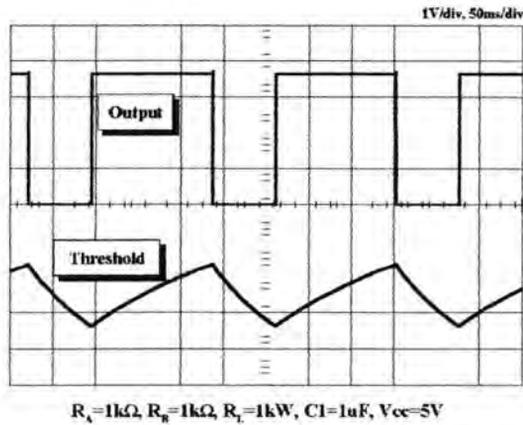
2.4.1. Astabil Multivibrator Dengan IC 555

Rangkaian dasar dari sebuah IC555 yang dibuat menjadi sebuah *astabil multivibrator* (osilator) dapat dilihat pada gambar 2.20. Frekwensi dari rangkaian ini akan tergantung kepada besarnya resistansi R_A dan R_B serta kapasitansi C_1 . Pada saat kapasitor C_1 diisi muatan listrik, arus pengisian akan melewati R_A dan R_B , sedangkan pada saat muatan kapasitor dibuang melalui pin 7 IC555 ini, arus pembuangan hanya akan melewati R_B , sehingga *duty cycle* dari rangkaian ini tidak akan pernah benar-benar mencapai 50%. Tegangan pengisian dan pengosongan kapasitor diset secara internal sebesar $2/3 V_{CC}$ dan $1/3 V_{CC}$, sehingga besarnya tegangan sumber V_{CC} juga akan mempengaruhi frekwensi *astabil multivibrator* ini.

Gambar 2.20 menunjukkan rangkaian dasar dari *astabil multivibrator*, sedangkan gambar 2.21 menunjukkan bentuk gelombang *input* dan *output* dari *astabil multivibrator* tersebut.



Gambar 2.20.
Rangkaian Dasar Astabil Multivibrator Dengan IC 555



Gambar 2.21.

Bentuk Gelombang Output Dari Sebuah Astabil Multivibrator Dengan IC 555

2.4.1.1. Lama Waktu ON (t_{ON})

Lamanya waktu ON dari sebuah *astabil multivibrator* akan sama dengan lamanya pengisian kapasitor C_1 dari bertegangan $1/3 V_{CC}$ hingga mencapai $2/3 V_{CC}$. Lamanya waktu pengisian kapasitor C_1 ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan pengisian kapasitor yang telah bertegangan, dimana $v_C = 2/3 V_{CC}$, $v_0 = 1/3 V_{CC}$, $C_1 = C$ dan $R = R_A + R_B$, sehingga :

$$v_C = E + (V_0 - E)e^{-t/RC}$$

$$\frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC} + \left(\frac{1}{3}V_{CC} - V_{CC}\right)e^{-t/RC}$$

$$\frac{2}{3} = 1 + \left(\frac{1}{3} - 1\right)e^{-t/RC}$$

$$\frac{2}{3} = 1 - \frac{2}{3}e^{-t/RC} \dots\dots\dots$$

$$\frac{2}{3}e^{-t/RC} = \frac{1}{3}, \text{ sehingga } e^{-t/RC} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$$-\frac{t}{RC} = \ln 0,5 = -0,693$$

$$t = 0,693.RC = 0,693.(R_A + R_B).C_1, \text{ sehingga}$$

$$t_{ON} = 0,693 (R_A + R_B).C_1 \dots\dots\dots(2.13)$$

Pada saat kapasitor C_1 diisi muatan listrik dari tegangan $1/3 V_{CC}$ sampai bertegangan $2/3 V_{CC}$, maka output V_{OUT} pada pin 3 akan berlogika **tinggi**.

2.4.1.2. Lama Waktu OFF (t_{OFF})

Pembuangan muatan kapasitor C_1 akan dilakukan melalui pin 7 sesaat setelah tegangan kapasitor mencapai $2/3 V_{CC}$. Pembuangan muatan kapasitor akan dilakukan sampai tegangan kapasitor mencapai $1/3 V_{CC}$. Lamanya waktu pembuangan muatan kapasitor ini dapat dicari dengan persamaan pengosongan kapasitor, dimana $v_C = 1/3 V_{CC}$, $v_0 = 2/3 V_{CC}$, $C_1 = C$ dan $R = R_B$. Selama pembuangan muatan kapasitor C_1 dilakukan, output V_{OUT} pada pin 3 akan berlogika **rendah**.

$$\begin{aligned}
 v_C &= V_0 \cdot e^{-t/RC} \\
 \frac{1}{3}V_{CC} &= \frac{2}{3}V_{CC} \cdot e^{-t/RC} \\
 \frac{1}{3} &= \frac{2}{3} \cdot e^{-t/RC}, \text{ sehingga } e^{-t/RC} = \frac{3}{6} = 0,5 \\
 -\frac{t}{RC} &= \ln 0,5 = -0,693 \\
 t &= 0,693 \cdot RC = 0,693 \cdot R_B \cdot C_1, \text{ sehingga } t_{OFF} = 0,693 \cdot R_B \cdot C_1 \dots\dots\dots(2.14)
 \end{aligned}$$

2.4.1.3. Periode, Duty Cycle Dan Frekwensi

Dari persamaan 2.13 dan 2.14, kita dapat menghitung periode, duty cycle dan frekwensi dari sebuah *astabil multivibrator* dengan IC555.

Periode (panjang gelombang) adalah penjumlahan dari lama waktu on (t_{ON}) dengan lama waktu off (t_{OFF}).

$$\begin{aligned}
 \text{Periode} = T &= t_{ON} + t_{OFF} = 0,693 \cdot (R_A + R_B) \cdot C_1 + 0,693 \cdot R_B \cdot C_1 \\
 T &= 0,693 \cdot (R_A + 2R_B) \cdot C_1 \dots\dots\dots(2.15)
 \end{aligned}$$

Duty cycle (d) dari sebuah gelombang adalah lamanya t_{ON} dibandingkan dengan perioda (T) dari gelombang tersebut

$$DutyCycle = d = \frac{t_{ON}}{T} = \frac{0,693.(R_A + R_B).C_1}{0,693.(R_A + 2R_B).C_1}$$

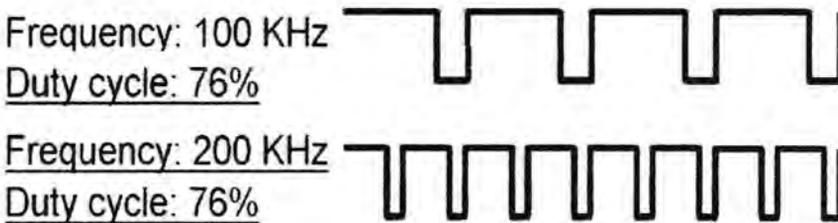
$$DutyCycle = d = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} \dots\dots\dots (2.16)$$

Frekwensi dari sebuah gelombang adalah jumlah gelombang yang terjadi selama 1 detik. Jika panjang sebuah gelombang (perioda) adalah T, maka frekwensi dari sebuah gelombang dengan perioda T dapat dicari dengan persamaan :

$$Frekwensi = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,693.(R_A + 2R_B).C_1}$$

$$Frekwensi = \frac{1,443}{(R_A + 2R_B).C_1} \dots\dots\dots (2.17)$$

Perlu diingat bahwa dua buah gelombang dengan frekwensi yang berbeda dapat mempunyai *duty cycle* yang sama, demikian pula sebaliknya dua buah gelombang dengan frekwensi yang sama dapat pula mempunyai *duty cycle* yang berbeda .



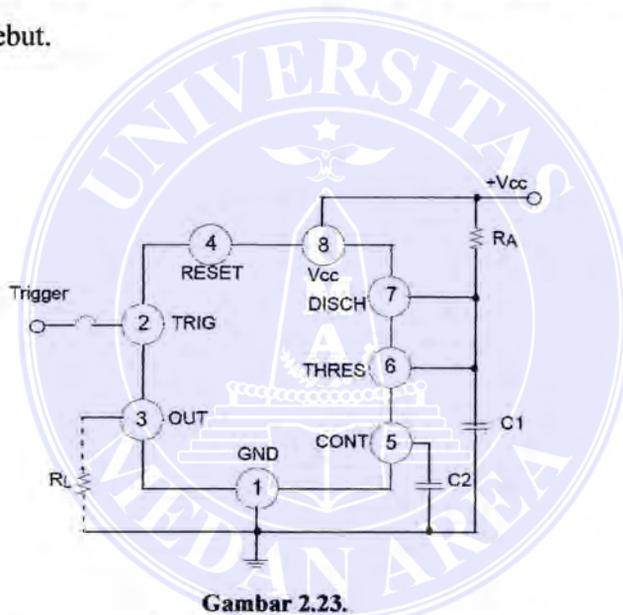
Gambar 2.22.

Dua Gelombang Dengan Frekwensi Berbeda Dan Duty Cycle Yang Sama

2.4.2. Monostabil Multivibrator Dengan IC 555

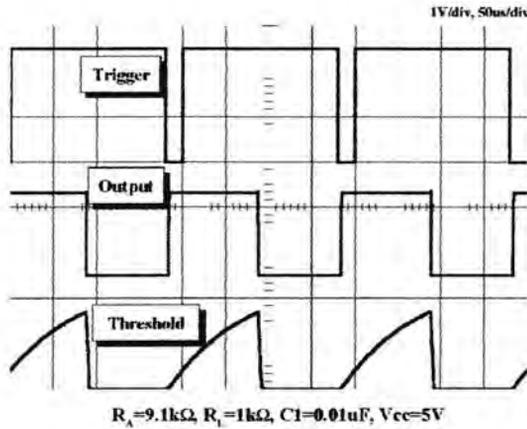
Monostabil multivibrator juga dikenal dengan nama *one shoot oscillator*.

Dalam mode ini, IC555 akan membangkitkan sinyal output yang tetap bila sinyal *trigger* yang diberikan pada pin 2 dari IC555 jatuh mencapai $1/3 V_{CC}$. Jika sebelum sinyal output kembali ke level nol (rendah), sinyal input telah jatuh kembali ke tegangan $1/3 V_{CC}$, maka sinyal input tersebut akan diabaikan. Gambar 2.23 menunjukkan rangkaian dasar dari sebuah monostabil multivibrator dan gambar 2.24 menunjukkan bentuk gelombang *input* dan *output* dari *monostabil multivibrator* tersebut.



Gambar 2.23.

Rangkaian Dasar Monostabil Multivibrator Dengan IC555



Gambar 2.24.

Bentuk Gelombang Monostabil Multivibrator Dengan IC555

2.4.2.1. Lama Waktu ON (t_{ON})

Waktu ON (t_{ON}) dari sebuah monostabil multivibrator dengan IC555 pada gambar 2.23 akan ditentukan oleh besarnya resistansi R_A dan kapasitansi C_1 . Karena pada rangkaian ini kapasitor C_1 akan dikosongkan dengan seketika (short circuit) pada saat tegangan C_1 mencapai $2/3 V_{CC}$, maka lamanya t_{ON} tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan pengisian kapasitor dari kondisi kosong dimana $v_C = 2/3 V_{CC}$, $C_1 = C$ dan $R_A = R$

$$v_C = E.(1 - e^{-t/RC})$$

$$\frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC}.(1 - e^{-t/RC})$$

$$\frac{2}{3} = 1 - e^{-t/RC}$$

$$-e^{-t/RC} = \frac{2}{3} - 1 = -\frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{e^{t/RC}} = \frac{1}{3}$$

$$e^{t/RC} = 3, \text{ sehingga } \frac{t}{RC} = \ln 3 = 1,0986$$

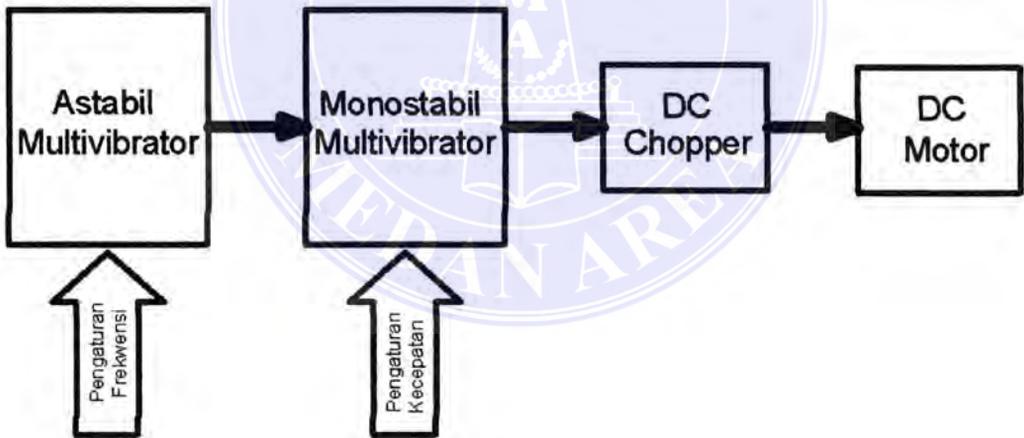
$$t \approx 1,1.RC = 1,1.R_A.C_1 \dots\dots\dots (2.22)$$

BAB III

PERANCANGAN RANGKAIAN PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC

3.1. Blok Diagram Rangkaian

Hal yang pertama sekali dilakukan saat merancang rangkaian pengatur kecepatan motor dc ini adalah membuat blok diagram yang sesuai dengan judul dan tujuan dari penelitian ini. Setelah blok diagram selesai dirancang, maka perancangan dilanjutkan dengan perancangan rangkaian yang sesuai untuk setiap blok pada blok diagram tersebut sampai dihasilkan sebuah rangkaian yang sesuai dengan yang diinginkan. Gambar 3.1 menunjukkan blok diagram lengkap dari rangkaian yang digunakan pada skripsi ini.



Gambar 3.1.
Blok Diagram Rangkaian Pengatur Kecepatan Motor DC Dengan Metode PWM Menggunakan Astabil dan Monostabil Multivibrator

Pada rangkaian yang dibahas dalam skripsi ini, *multivibrator astabil* digunakan sebagai pembangkit frekwensi yang dapat diatur dan *multivibrator monostabil* digunakan sebagai pengatur kecepatan motor melalui pengaturan *duty*

cycle dari gelombang *output multivibrator astabil* yang diumpankan ke input *multivibrator monostabil* dan akhirnya akan dikonversi oleh dc chopper menjadi sebuah tegangan untuk motor dc.

3.2. Multivibrator Astabil Dengan Frekwensi Yang Dapat Diatur

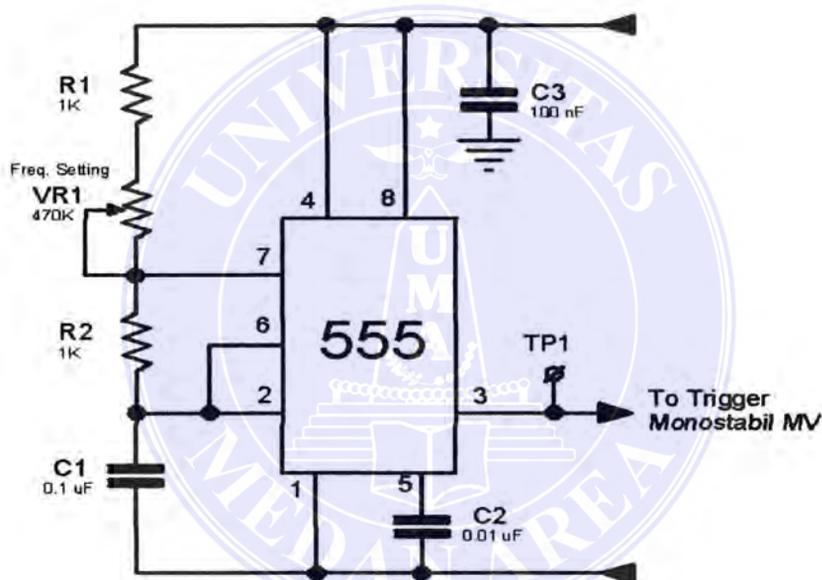
Frekwensi dasar dari rangkaian pengaturan kecepatan motor dc ini dibangkitkan oleh sebuah IC555 dalam konfigurasi *astabil multivibrator* yang frekwensinya dapat diatur dari sekitar 30 Hz sampai dengan 4,8 kHz melalui potensiometer VR1. Pengaturan frekwensi input ini bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan frekwensi terhadap perubahan *duty cycle* gelombang output sistem yang diatur oleh *monostabil multivibrator*.

Saat frekwensi gelombang output *astabil multivibrator* diatur / diubah, pengaturan frekwensi ini juga akan mempengaruhi *duty cycle* dari gelombang output *astabil multivibrator* sampai dengan 33,3 %. Lebih dari 75% dari perubahan frekwensi yang disebabkan oleh VR1 tidak akan memberikan perubahan *duty cycle* yang berarti pada gelombang output *astabil multivibrator*, karena *duty cycle* rangkaian tersebut telah relatif konstan mendekati 100%.

Karena IC555 adalah IC yang rentan terhadap perubahan (fluktuasi) tegangan input V_{CC} , karena pengaruh arus start motor (jika digunakan untuk menggerakkan motor dc dengan arus yang besar), maka rangkaian ini diberi tegangan supply melalui dioda IN4001 dan kapasitor ektrolit 1000 μF . Jika karena sesuatu hal terjadi fluktuasi tegangan ke bawah pada saat motor distart ataupun karena hal lainnya, maka selama waktu fluktuasi tersebut, IC 555 akan di-supply melalui kapasitor tersebut sehingga tegangan inputnya relatif konstan.

Untuk mencegah interferensi dan gangguan harmonisa lainnya pada tegangan input, maka sebuah kapasitor keramik 100 nF dihubungkan sedekat mungkin ke pin 8 (V_{CC}) dan pin 1 (Gnd) dari IC 555 tersebut.

Rangkaian ini dilengkapi dengan test point untuk pengukuran / analisa gelombang output *astabil multivibrator* (TP1) yang merupakan input dari rangkaian *monostabil multivibrator*. Rangkaian lengkap dari *astabil multivibrator* ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2.
Rangkaian Astabil Multivibrator

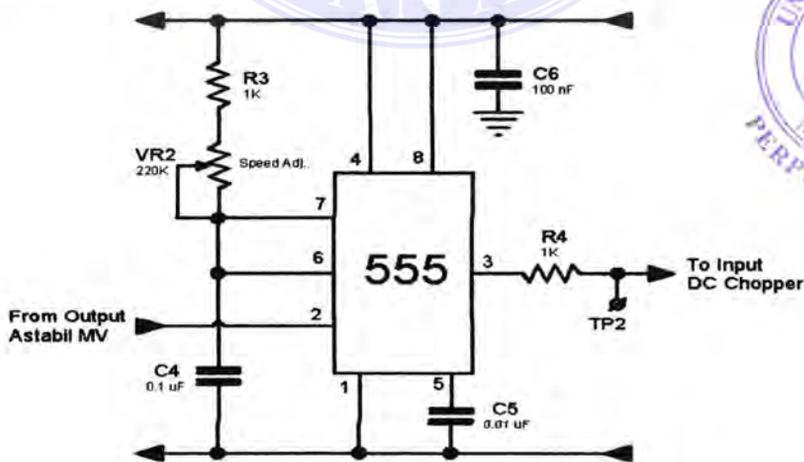
3.3. Multivibrator Monostabil Dengan Waktu ON Yang Dapat Diatur

Duty cycle dari rangkaian pengaturan kecepatan motor dc ini diatur oleh sebuah IC555 dalam konfigurasi *monostabil multivibrator* melalui potensiometer VR2. Perubahan nilai VR2 ini akan menghasilkan t_{ON} yang bervariasi pada *monostabil multivibrator* mulai dari 0,11 ms sampai dengan 24,31 ms. Pengaturan

duty cycle ini bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan *duty cycle* terhadap perubahan tegangan output *dc chopper* yang diberikan ke motor dc. Pada akhirnya, perubahan *duty cycle* akan merubah kecepatan putaran motor dc tersebut.

Tegangan supply dari IC 555 ini diambil dari jalur yang sama dengan *astabil multivibrator* sehingga terlindung dari pengaruh kejutan jatuhnya tegangan supply karena start motor ataupun sebab lainnya. Untuk mencegah interferensi dan gangguan harmonisa lainnya pada tegangan input, maka sebuah kapasitor keramik 100 nF dihubungkan sedekat mungkin ke pin 8 (V_{CC}) dan pin 1 (Gnd) dari IC 555 tersebut.

Rangkaian ini dilengkapi dengan *test point* untuk pengukuran / analisa gelombang *output monostabil multivibrator* (TP2) yang merupakan input dari rangkaian *dc chopper*. Dengan menggunakan osiloskop, kita dapat melihat hubungan tegangan *input* dan *output monostabil multivibrator* ini melalui TP1 dan TP2. Rangkaian lengkap dari *monostabil multivibrator* ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3.
Rangkaian Monostabil Multivibrator

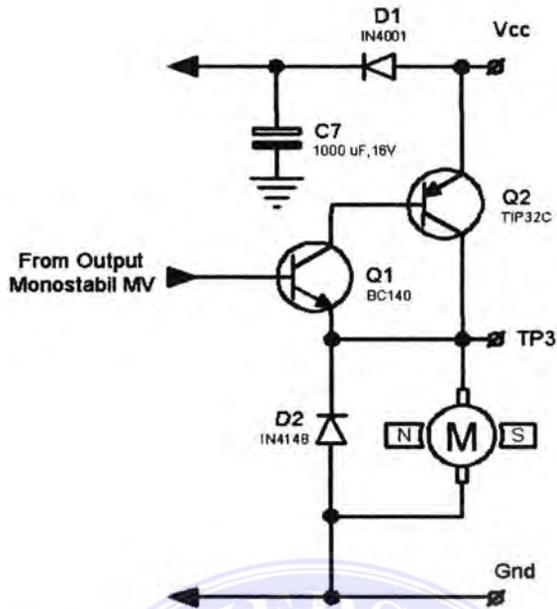
3.4. Rangkaian DC Chopper

Rangkaian *dc chopper* dibangun dengan pasangan darlington transistor NPN dengan PNP. Dengan kombinasi ini, kita akan mendapatkan tegangan jatuh sebesar 0,7 volt. Kombinasi darlington NPN dengan NPN juga dapat digunakan, hanya saja tegangan jatuhnya akan lebih besar, yaitu sekitar 1,4 volt.

Transistor final untuk rangkaian *dc chopper* ini adalah sebuah transistor TIP31C, sehingga *dc chopper* ini dapat dibebani sampai dengan 3 ampere dengan menggunakan peredam panas (*heatsink*) yang mencukupi dan. *Driver* dari transistor final ini menggunakan transistor BC140 yang mempunyai frekwensi *cut-off* 5 MHz, sedangkan TIP31C sendiri mempunyai frekwensi *cut off* 3 MHz, sehingga rangkaian transistor darlington ini dapat digunakan dengan range frekwensi yang lebar dibawah 3 MHz.

Jika rangkaian *dc chopper* ini hendak digunakan untuk menggerakkan motor dc dengan tegangan yang lebih besar dari 15 VDC, maka sebaiknya tegangan supplynya dibuat terpisah dari tegangan supply untuk *astabil* dan *monostabil multivibrator*. Pada kondisi seperti ini, catu daya untuk *dc chopper* dapat dibangun secara sederhana dengan dioda dan kapasitor tanpa IC regulator dan transistor daya.

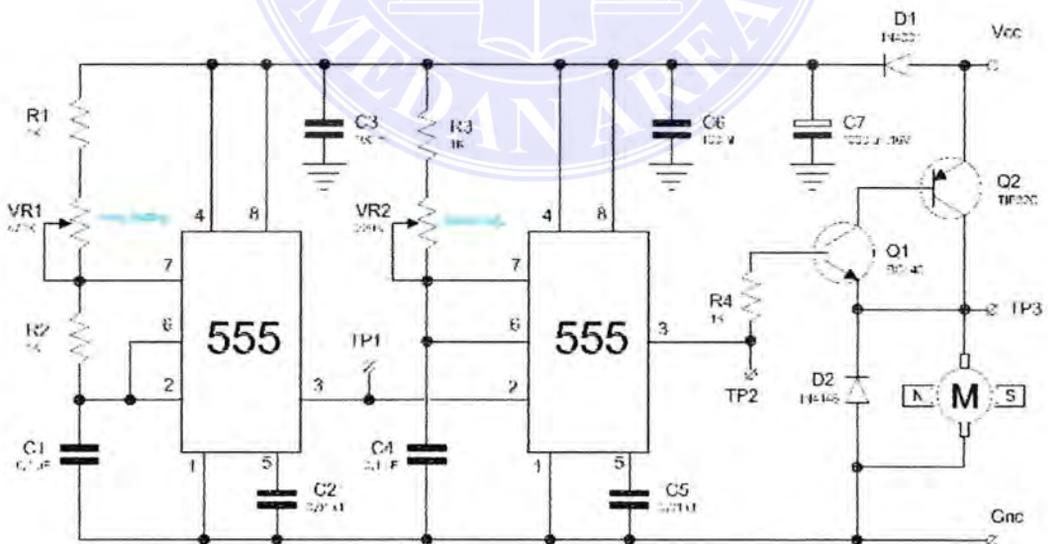
Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian *dc chopper* dengan transistor darlington yang digunakan pada rangkaian pengaturan kecepatan motor dc pada penelitian untuk skripsi ini.



Gambar 3.4.

Rangkaian Transistor Darlington Untuk DC Chopper

Penggabungan dari gambar 3.2, 3.3 dan 3.4 akan menghasilkan skema rangkaian lengkap yang digunakan untuk penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5.

Skema Rangkaian Lengkap Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Menggunakan Sistem PWM Dengan Astabil Dan Monostabil Multivibrator

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

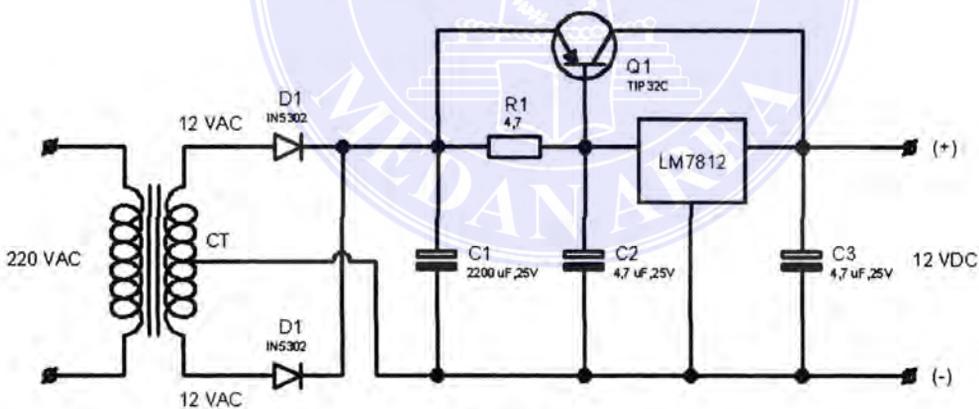
Document Accepted 22/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

3.6. Rangkaian Power Supply (Catu Daya)

Power supply untuk rangkaian pwm dari 2 IC 555 dan *dc chopper* ini dibangun dengan menggunakan IC7812 untuk regulatornya dengan transistor final TIP31C sehingga rangkaian ini mampu dibebani sampai dengan 3 ampere dengan peredam panas yang cukup. Jika ingin digunakan untuk mensupply beban yang cukup besar dengan waktu yang lama (misalnya menggerakkan motor dc dengan arus mendekati 3 ampere), maka sebaiknya transistor final diganti dengan 2N3055 dengan peredam panas yang sesuai agar lebih aman dalam operasinya.

Gambar 3.6 menunjukkan gambar rangkaian power supply yang digunakan pada penelitian untuk skripsi ini.



Gambar 3.6.
Rangkaian Power Supply

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisa data, pengujian dan pengukuran pada maket yang telah dibuat, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

5.1. Kesimpulan

1. Kecepatan putaran motor dc akan sebanding dengan besarnya *duty cycle* dari gelombang output *monostabil multivibrator* yang diberikan ke dc chopper. Jika *duty cycle* makin besar, maka putaran motor akan semakin cepat, demikian pula sebaliknya.
2. Selama t_{ON} *monostabil multivibrator* **lebih kecil** dari pada perioda gelombang output *astabil multivibrator*, maka perubahan *duty cycle* pada gelombang output *monostabil multivibrator* tidak akan merubah frekwensinya ($f_{INPUT\ TRIGGER} = f_{OUT}$).
3. Saat t_{ON} *monostabil multivibrator* **lebih besar** dari pada perioda gelombang output *astabil multivibrator*, maka perubahan *duty cycle* pada gelombang output *monostabil multivibrator* akan ikut merubah frekwensinya ($f_{INPUT\ TRIGGER} \neq f_{OUT}$).
4. Pada frekwensi input trigger *monostabil multivibrator* yang rendah, pengaturan kecepatan putaran motor dc dapat dilakukan dengan baik dari kondisi berhenti sampai dengan mendekati 75% dari kecepatan putaran nominal motor dc.
5. Pada frekwensi input trigger *monostabil multivibrator* yang menengah, pengaturan kecepatan putaran motor dc dapat dilakukan dengan baik dari kondisi berhenti sampai dengan mendekati 75% dari kecepatan putaran

nominal motor dc, tapi akan terjadi pengulangan pengaturan kecepatan motor dc pada saat t_{ON} *monostabil multivibrator* lebih besar dari perioda *astabil multivibrator*.

6. Pada frekwensi input trigger *monostabil multivibrator* yang tinggi, pengaturan kecepatan putaran motor dc dapat dilakukan dengan baik dari sekitar 50% sampai dengan mendekati 100% dari kecepatan putaran nominal motor dc. Pengaruh overlapping t_{ON} *monostabil multivibrator* terhadap perioda *astabil multivibrator* hampir tidak terasa karena kecilnya perioda *astabil multivibrator* dibandingkan dengan t_{ON} *monostabil multivibrator*.

5.2. Saran

1. Untuk penggunaan motor dc pada kecepatan putaran rendah yang variable sampai dengan kira-kira 75% kecepatan putaran nominalnya, maka sistem harus disetting pada frekwensi kerja yang rendah, demikian pula sebaliknya.
2. Untuk menggerakkan motor dc dengan arus nominal lebih dari 1 ampere, maka transformator step down harus diganti dengan kapasitas yang sesuai. Jika digunakan motor DC dengan arus nominal mendekati atau lebih dari 3 ampere, maka transistor TIP32C harus diganti dengan 2N3055 baik pada rangkaian power supply ataupun dc chopper.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memodifikasi rangkaian astabil multivibrator sehingga menjadi sebuah osilator yang perubahan frekwensi-nya tidak akan mempengaruhi duty cycle dari gelombang outputnya, demikian pula sebaliknya.

Daftar Pustaka

- Sinclair, Ian R., Dunton, John, 2007, *“Practical Electronics Handbooks, 6th Edition”*, Newnes – Elsevier Ltd, Oxford- England.
- Mohan, Ned, 2003, *“First Course On Power Electronics & Drives”*, MNPERE, Minneapolis – USA.
- Rahman, F, 2002, *“Electric Drive System, Chapter 3_PWM Converter For DC Drives”*.
- “The Step 2000 Series, Siemens Technical Education Program – Basic of DC Drives”*, Siemens SA, Germany.
- “LM555 / NE555 / SA555, Single Timer”*, Fairchild Semiconductor Corporation, USA.
- “Data Dan Persamaan Transistor, Tower’s International Transistor Selector, Edisi Ke Empat”*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- “Circuit Analysis, Theory & Practices, 3rd Edition”*,

