

Perancangan dan Realisasi DC Chopper Boost untuk Aplikasi Motor DC pada Prototype Pengangkat Jembatan Otomatis

ADI SETIADI¹, NASRUN HARIYANTO¹, SITI SAODAH²

1. Jurusan Teknik Elektro – Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
2. Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Bandung (Polban)

Email: atse_engineer12@yahoo.co.id

ABSTRAK

Semakin berkembangnya jaman maka penggunaan sumber energi semakin besar, salah satunya adalah penggunaan motor listrik. Untuk memberikan sumber tegangan yang besar kepada motor dibutuhkan peralatan yang dapat mentransfer energi yang besar pula, sehingga perlu dirancang suatu DC chopper, dalam hal ini DC Chopper Boost. DC chopper boost adalah suatu sistem penaik tegangan dimana tegangan output yang dihasilkan lebih besar daripada tegangan inputnya. Dalam kasus ini penggunaan DC chopper boost pada pengangkat jembatan sebagai penaik tegangan baterai akan disuplai ke motor dc sesuai dengan tegangan kerja motor dc tersebut. Penyuplaian arus dan tegangan ini melalui beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu tegangan baterai sebesar 12 volt akan diteruskan ke transformer, transformer akan menaikkan tegangan dari baterai menjadi 18 volt hal ini telah teruji diukur dengan menggunakan multimeter. Tegangan ini merupakan arus bolak-balik (arus ac). Sebelum menggerakkan motor DC, tegangan ini harus diubah kembali ke arus searah (arus dc) karena motor harus disuplai dengan tegangan dc. Oleh karena itu diperlukan dua dioda untuk membuat arus ac tersebut menjadi searah. Motor dc ini akan bekerja apabila ada instruksi dari sistem kontrol. Motor dc ini berfungsi sebagai pengangkat lengan jembatan apabila ada kapal yang akan melewati jembatan tersebut. Dari hasil perancangan dan realisasi DC chopper boost dapat dianalisis dengan menghitung kapasitas beban, bahwa Motor dc akan mampu bekerja saat diberi beban maksimal 2 kg dengan nilai torka sebesar 0,47 Nm.

Kata kunci: DC chopper boost, dioda, baterai, transformer, motor DC.

ABSTRACT

The recent development of the greater use of energy sources, one of which is the use of electric motors. To provide a high voltage source to the motor, it is need equipment that can transfer high energy, so that it was designed a DC chopper, in this case as DC Boost Chopper. DC boost chopper is a system in which the voltage increase as result of higher output voltage than the input voltage. In this case, the use of DC boost chopper on the bridge lifting is increase the battery voltage to supply to the dc motor in accordance with the working voltage. The supplying current and voltage were through the several stages. The first stage was a 12 volt battery voltage passed to the transformer, where it would increase the voltage of

the battery to 18 volts. It has been measured using a multimeter. This voltage was alternating current. Before drive the DC motor, the voltage was converted back to a direct current because the motor must be supplied with dc voltage. Therefore, it was need two diodes, to make the AC into DC. The dc motor would work if there were instructions from the system controller. The dc motor served as a lever arm bridge if there was a ship that would pass through. From the results of the design and realization of DC boost chopper, it could be analyzed by calculation the load capacity. The dc motor would be able to work when be given a maximum load of 2 kg with 0.47 Nm of torque.

words: DC boost chopper, diode, battery, transformers, DC motor.

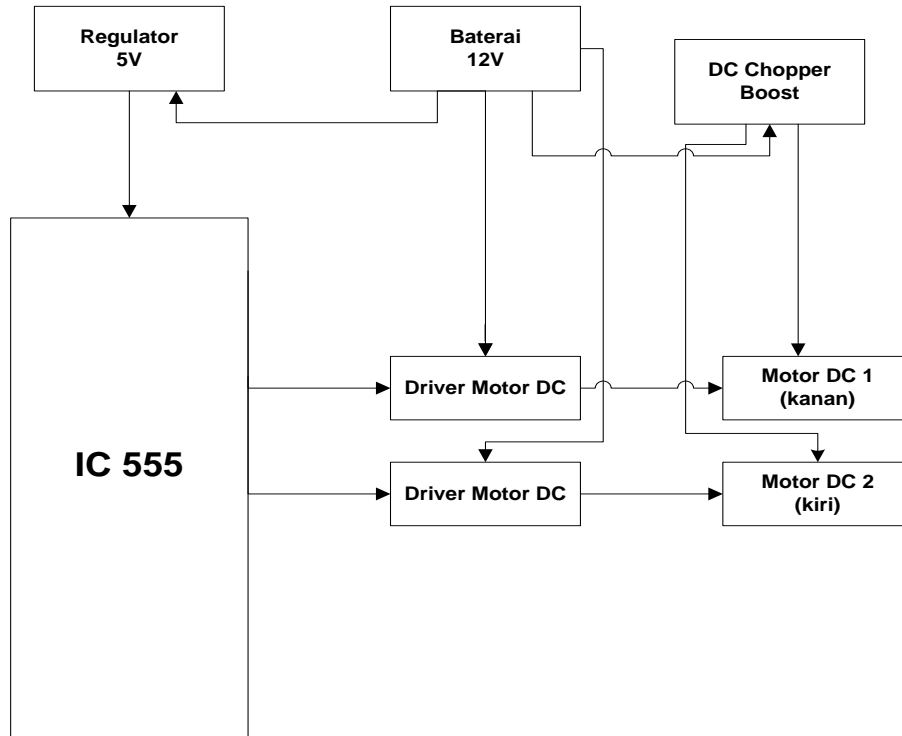
1. PENDAHULUAN

Pola hidup manusia sekarang ini berubah, banyak disebabkan oleh pesatnya perkembangan teknologi yang banyak memberikan segala bentuk kemudahan dalam penggunaan perangkat ataupun alat-alat yang berhubungan langsung dengan kehidupan manusia semuanya itu karena kemajuan dibidang teknologi yang semakin berkembang.

Suatu daerah yang harus dilewati oleh dua jalur transportasi yakni transportasi darat dan air, metoda yang bisa diterapkan untuk menanggulangi masalah ini dengan menggunakan jembatan diangkat yang berfungsi sebagai jembatan untuk transportasi darat dan diangkat ketika jalur transportasi air digunakan. Manusia membutuhkan bantuan dari sesuatu yang dapat bekerja cepat, teliti dan tidak mengenal lelah untuk pengontrolan sistem jembatan angkat ini. Mikrokontroler adalah sistim komputer yang ringkas, dapat menggantikan fungsi komputer dalam pengendalian kerja dan disain yang jauh lebih ringkas daripada komputer. Mikrokontroler digunakan sebagai otak dari suatu sistem, sebuah sistim komputer terpadu (Wasito, 1987).

Pada perancangan dan realisasi ini dibangun sebuah DC chopper boost yang menaikkan tegangan dari sumber (baterai) untuk mengaktifkan motor DC karena motor DC tersebut memerlukan tegangan yang lebih besar dari tegangan sumbernya. DC chopper boost ini terdiri dari transformer sebagai penaik tegangan, rangkaian driver motor DC sebagai pengangkat lengan jembatan, dan rangkaian mikrokontroler sebagai pengatur pulsa keluaran trafo untuk mengontrol jembatan.

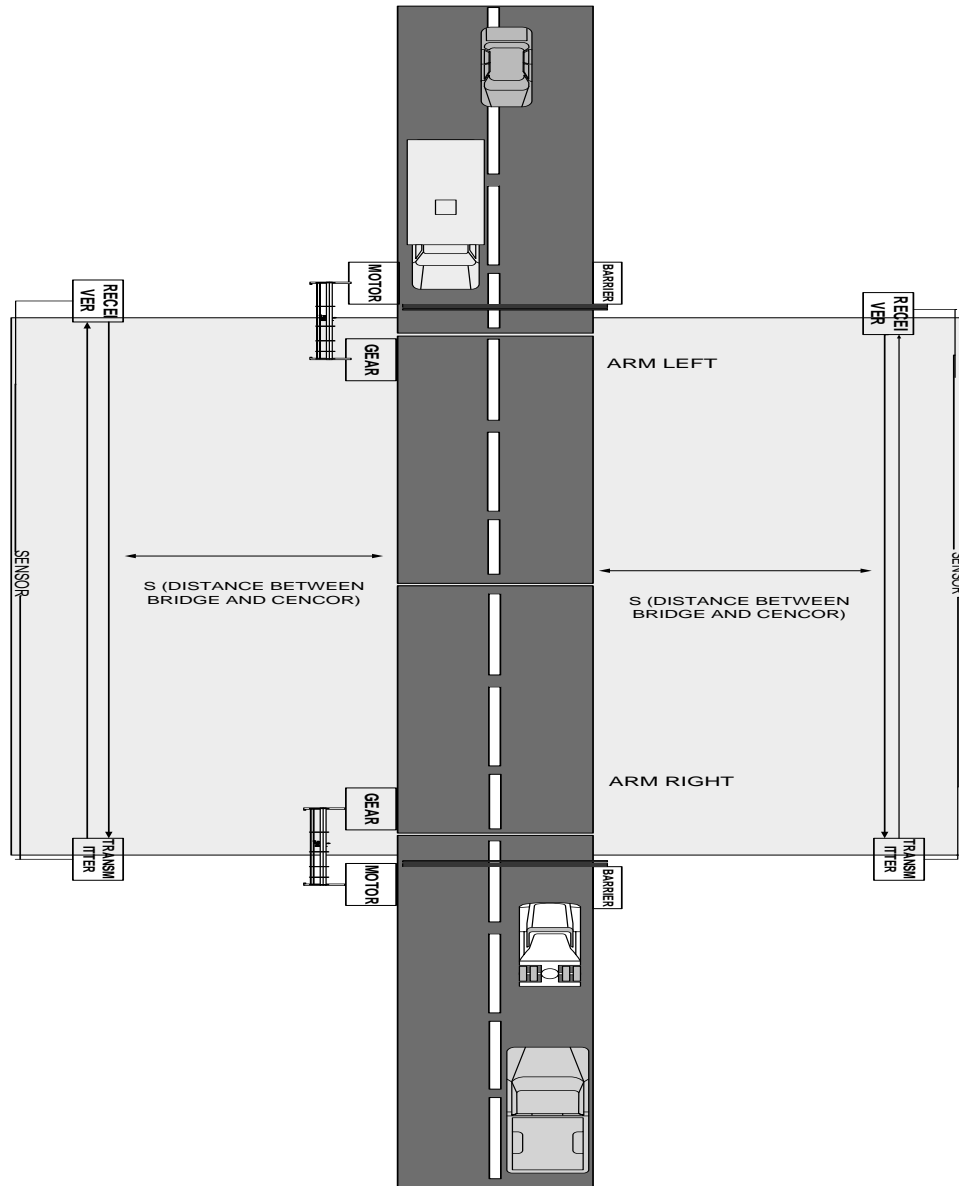
2. PERANCANGAN DAN PERENCANAAN SISTEM PROTOTYPE PENGANGKAT JEMBATAN OTOMATIS



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Gambar 1 di atas menunjukkan metodologi penelitian yang dibuat untuk mempermudah perancangan sistem, digunakan diagram blok sebagai langkah awal pembuatan sistem. Diagram blok menggambarkan secara umum bagaimana cara kerja rangkaian secara keseluruhan yang bertujuan supaya perancangan dapat dilakukan secara sistematis. Metode penelitian dapat dibuat dengan diagram blok sistem. Dimana IC 555 berfungsi sebagai pengatur pulsa supaya pulsa mikrokontroler sama dengan pulsa keluaran trafo. Baterai berfungsi sebagai sumber tegangan terhadap perangkat (hardware) yang lain. Fungsi dari transformer pada blok diagram diatas adalah untuk menaikkan arus dan tegangan dari baterai sehingga dapat disuplai ke motor dc yang membutuhkan tegangan yang lebih besar dari tegangan sumber baterai. Fungsi dari motor DC adalah untuk mengangkat dan menurunkan jembatan dengan cara menggulung tali yang dihubungkan pada jembatan. Regulator berfungsi untuk menurunkan tegangan baterai yang akan disuplai ke mikrokontroler. Driver motor DC berfungsi untuk mengendalikan arah putaran motor, sehingga lengan jembatan dapat naik dan turun. Pada blok ini digunakan dua buah transistor agar motor dapat berputar dan mengubah polaritas tegangan motor sehingga dapat mengubah arah putaran motor.

2.1 Perencanaan Site Plan Jembatan

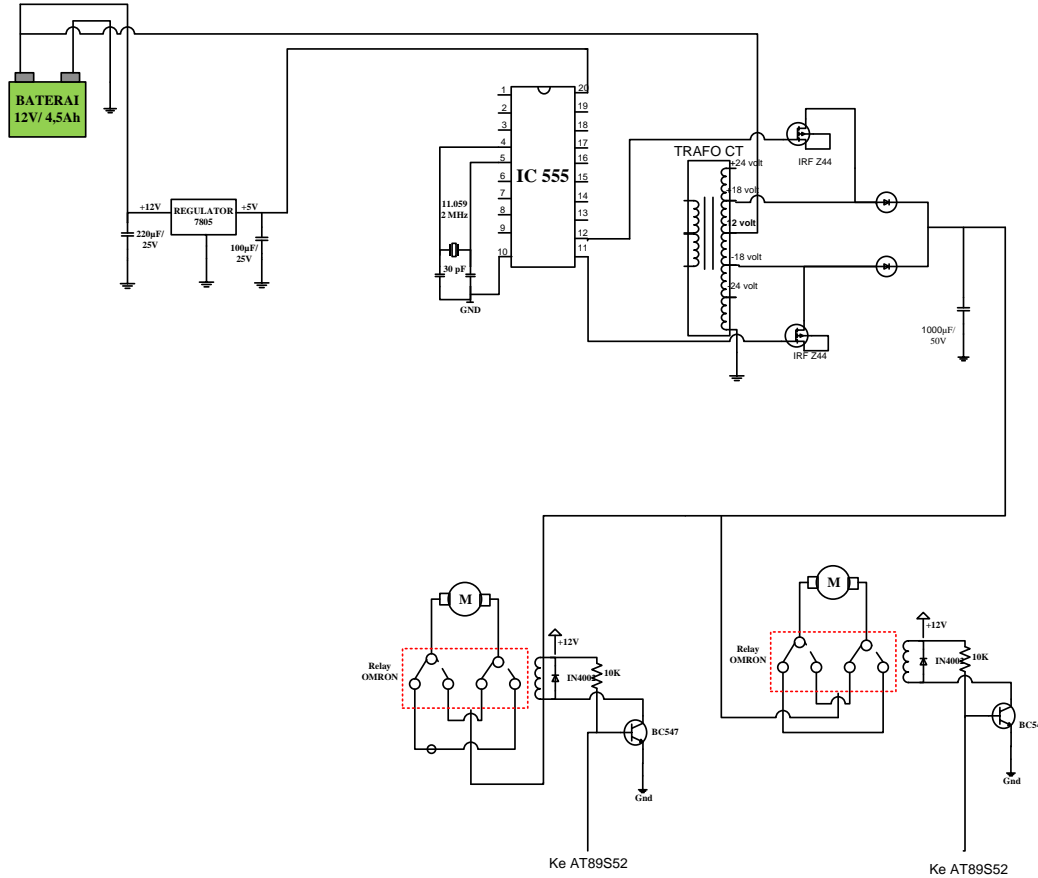


Gambar 2. Perencanaan Site Plan Motor DC

Gambar 2 di atas menunjukkan Perencanaan site plan motor dc yang bertujuan untuk mengetahui posisi atau tata letak dari setiap peralatan, seperti sensor, motor, gear dan palang. Dimana sensor yg dipasang akan memberikan informasi untuk membuka jembatan saat kapall melewati jembatan tersebut dan palang akan menutup untuk memberhentikan kendaraan yang akan melewati jembatan tersebut.

2.2 Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras

2.2.1 Perancangan Rangkaian DC Chopper Boost

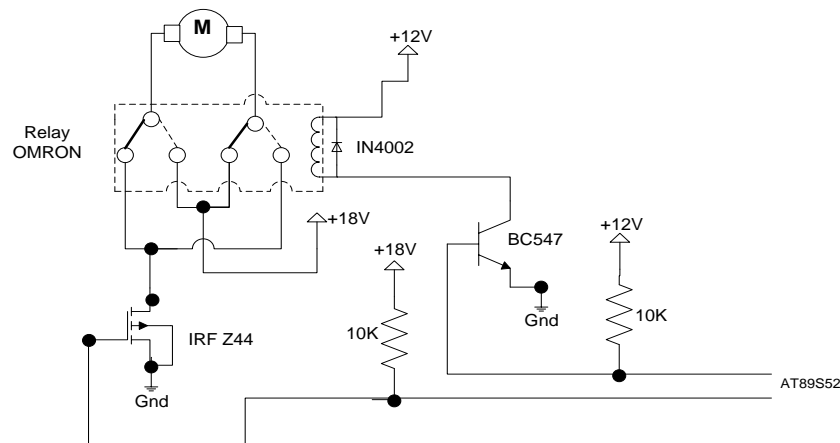


Gambar 3. Perancangan DC Chopper Boost

Gambar 3 di atas menunjukkan perancangan dc chopper boost, rangkaian ini berfungsi untuk menaikkan tegangan dan arus dari baterai yang akan disuplai ke motor DC. Baterai tidak mampu mensuplai tegangan sebesar 12 volt karena beban (motor dc) membutuhkan tegangan sebesar 18 volt sehingga dibutuhkan pengubah dc-dc konverter atau DC Chopper Boost (Rashid, 1999). Trafo yang digunakan CT (Center Tap) sumber dari baterai dihubungkan ke Tap-nya, menghasilkan tegangan : 16 Volt (AC) kemudian disearahkan menjadi arus DC dengan dioda penyearah gelombang penuh, karena motor DC sehingga arus pun harus DC. Sehingga didapat tegangan rata-rata :

$V_{dc} = V_{out} \sqrt{2} = 16 \sqrt{2} = 22,63 \text{ volt (DC)}$. Tegangan ini cukup untuk menggerakkan motor DC.

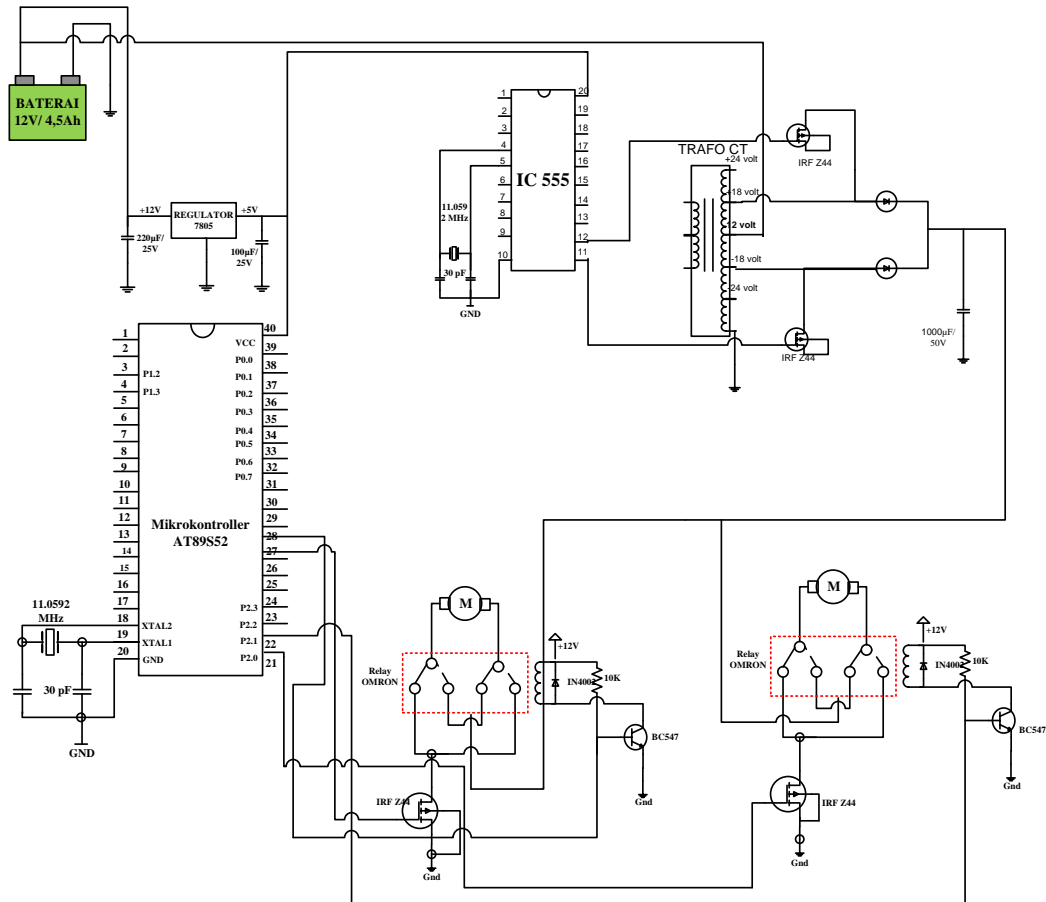
2.2.2 Perancangan Rangkaian Driver Motor DC



Gambar 4. Perancangan Rangkaian Driver Motor DC Pengatur Putaran Motor

Gambar 4 di atas menunjukkan perancangan rangkaian driver motor dc pengatur putaran motor. Tujuan pembuatan perancangan ini adalah untuk menggerakkan lengan jembatan angkat otomatis. Perancangan rangkaian driver motor DC ini terdiri dari relay OMRON yang digunakan untuk pembalik polaritas motor dc yang dikendalikan oleh dua buah transistor sebagai switch, dan 2 (dua) buah resistor sebagai pembatas tegangan pull up. Motor DC yang digunakan mempunyai spesifikasi tegangan input sebesar 18 V dan Arus maksimum sebesar 3 A. Dalam perancangan ini untuk mengendalikan motor dc digunakan Port 2 (P2.0 dan P2.1). Port 2.1 digunakan sebagai polaritas Motor DC atau pengendali arah putaran motor dc. Sedangkan P2.0 digunakan sebagai pengendali on/off motor dc. Apabila P2.0 diberikan logika high, P2.1 diberikan logika low (P2.0=1, P2.1=0) maka motor dc akan berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Sedangkan bila P2.0 diberi logika low, P2.1 diberi logika high (P2.0=0, P2.1=1), motor akan berputar searah jarum jam. Proses pengendalian Motor DC dilakukan dengan mengubah polaritas motor dc. Proses ini dilakukan dengan menggunakan transistor yang diatur pada posisi saturasi dan cut off. Untuk menghubungkan kumparan pada relay ke GND, transistor (BC547) diatur pada posisi saturasi dan sebaliknya untuk memutuskan hubungan kumparan dari GND, transistor diatur pada posisi cut off. Pada saat transistor posisi saturasi, kumparan pada relay akan dialiri arus yang menyebabkan posisi kontak pada relay akan berubah sehingga polaritas motor dc berubah (Wildi, 1997).

2.2.3 Perancangan Rangkaian Motor DC



Gambar 5. Perancangan Rangkaian Motor DC

Dari rancangan Gambar 5 di atas dapat dijelaskan bahwa IC 555 membutuhkan tegangan Vcc sebesar 5 volt DC, sumber tegangan 12 volt DC. Maka digunakan regulator LM7805 untuk menurunkan tegangan sumber (Malvino, 1984). Sumber tegangan baterai juga menyuplai motor DC yang berkapasitas 18 volt DC. Sementara tegangan yang ada hanya 12 volt DC. Untuk mendapatkan tegangan sebesar 18 volt digunakan step-up converter. Sumber tegangan DC dihubungkan ke trafo CT untuk menaikkan tegangan. Sementara output trafo dihubungkan transistor IRF Z44 dan mikrokontroller. Output dari trafo diatur pulsa nya (PWM) agar pulsa input motor sama dengan pulsa mikro AT89S52. Selanjutnya, didapat tegangan sebesar 16 volt AC disearahkan dengan dioda penyearah gelombang penuh menjadi DC dan didapat tegangan DC sebesar 22,63 volt untuk mensuplai motor DC (Rashid, 1999).

3. HASIL PERHITUNGAN, PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM PROTOTYPE PENGANGKAT JEMBATAN OTOMATIS

3.1 DC Chopper Step Up

Tegangan masukan : $V_s = 12$ Volt

Tegangan keluaran Step Up Chopper : $V_o = \frac{1}{1-k} V_s$

Untuk $\rightarrow k = 0,2$

$$V_o = \frac{1}{1-0,2} \cdot 12 = 15 \text{ volt}$$

Untuk $\rightarrow k = 0,4$

$$V_o = \frac{1}{1-0,4} \cdot 12 = 20 \text{ volt}$$

Untuk $\rightarrow k = 0,6$

$$V_o = \frac{1}{1-0,6} \cdot 12 = 30 \text{ volt}$$

Untuk $\rightarrow k = 0,8$

$$V_o = \frac{1}{1-0,8} \cdot 12 = 60 \text{ volt}$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan dan Pengukuran Step Up Chopper

k	Perhitungan	Pengukuran
0,2	15 volt	14 volt
0,4	20 volt	18,5 volt
0,6	30 volt	29 volt
0,8	60 volt	58,5 volt

Dari Tabel 1 diatas dapat dianalisis perbandingan dari hasil perhitungan dan pengukuran menunjukkan nilai yang hampir mendekati nilai dari perhitungan yang sesuai dengan rumus yang diberikan. Sehingga alat yang dibuat mampu berjalan sebagaimana mestinya.

3.2 Analisis Program Pengujian Driver Motor DC

Pengujian motor DC dengan program.

Pengujian ini bertujuan untuk mengaktifkan dan mengubah arah putaran motor DC. Program tersebut adalah:

```

NAIK:      CLR    RELAY1, aktifkan relay1
              CLR    RELAY2, aktifkan relay2
              Acall  Delay_450ms, motor DC aktif selama 450ms
              SetB   MOTOR1, aktifkan motor DC1
              SetB   MOTOR2, aktifkan motor DC2
              Mov    R1,#6, jumlah putaran motor DC sebanyak 6 putaran
NAIK1:    Acall  Delay_450ms, tunda waktu selama 450ms
              Djnz   R1,NAIK1, kurangi isi register R1 dengan 1, bila 0 lanjut ke instruksi
              berikutnya
              Clr    MOTOR2, matikan motor2
              Clr    MOTOR1, matikan motor1
              Ret    kembali ke subrutin (program awal)
    
```

Untuk mengubah arah putaran motor digunakan program:

```

TURUN:   SETB   RELAY1, relay1 aktif
              SETB   RELAY2, relay2 aktif
              Acall  Delay_450ms, motor DC aktif selama 450ms
              SetB   MOTOR1, motor DC1 aktif
              SetB   MOTOR2, motor DC2 aktif
              Acall  Delay_200ms, tunda waktu 200ms
              Mov    R1,#6, motor DC berputar sebanyak 6 putaran
TURUN1:  Acall  Delay_450ms, motor DC aktif selama 450ms
              Djnz   R1,TURUN1, kurangi isi register R1 dengan 1, bila 0 lanjut ke instruksi
              berikutnya
              Clr    MOTOR1, motor1 off
              Acall  Delay_200ms, tunda waktu 200ms
              Clr    MOTOR2, motor2 off
              Ret    kembali ke subrutin (program awal)
    
```

Pengujian motor DC dengan menggunakan beban.

Pengujian ini bertujuan untuk menghitung berapa besar kemampuan motor untuk mengangkat beban. Adapun beban yang diberikan terhadap motor adalah 400 gram, 500 gram, 750, 1,1 kg, dan 1,6 kg, dan 2 kg. Motor DC mampu mengangkat beban sampai dengan 2kg. Lebih dari beban tersebut motor DC tidak bergerak. Adapun hasil pegukurannya adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kapasitas Motor DC Terhadap Beban

Beban	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)
0 gram	18 V	0,0225 A	0,405 W

400 gram	15 V	0,8 A	12 W
500 gram	14 V	0,95 A	13,3 W
750 gram	12,5 V	1,1 A	13,75 W
1,1 kg	11,5 V	1,25 A	14,375 W
1,6 kg	10,6 V	1,5 A	15,9 W
2 kg	9,6 V	1,71 A	16,416 W

Dari Tabel 2 dapat dianalisis, semakin beban bertambah daya yang diperlukan motor pun akan naik. Sehingga dapat dicari Torka (T). dimana setelah melakukan pengukuran terhadap kecepatan motor dc dengan menggunakan tachometer dan sumber tegangan 18 volt didapat nilai torka 34,9 rad/s.

Tabel 3. Hasil Pengujian Torka Motor DC Terhadap Beban

Beban	Torka (Nm)
0 gram	0,011
400 gram	0,34
500 gram	0,38
750 gram	0,39
1,1 kg	0,41
1,6 kg	0,45
2 kg	0,47

Dari Tabel 3 dapat dianalisis bahwa semakin besar daya dari beban maka semakin besar pula torka yang dihasilkan (Ralph, 1969). Dari data torka diatas dapat dianalisis bahwa kapasitas motor mampu mengangkat beban sampai 2 kg, melebihi itu motor hanya bergetar dan tidak mampu mengangkat dengan sempurna.

Disini driver motor (BC 547) berfungsi mengatur gate-gate supaya motor mampu mengangkat lengan jembatan dengan beban maksimal 2 kg ataupun tanpa beban. Ketika beban motor membutuhkan daya yang besar maka transistor (BC 547) akan menswitch gate-gate nya sehingga daya yang dibutuhkan motor tercapai (Rasyid, 2001).

Pengujian Sistem Mekanik Dari Jembatan.

Pengujian ini dilakukan pada gear motor DC, tujuan dari pengujian ini adalah untuk menghitung perbandingan besarnya gaya yang dihasilkan oleh motor DC. Perbandingan ratio gear yang

terpasang pada motor DC dan gear poros pengangkat jembatan adalah $R_{\text{motor_dc}} : R_{\text{poros}} = 12:60$. Gaya berbanding lurus terhadap jarak (keliling gear). Maka besarnya gaya yang dihasilkan oleh gear poros adalah 1/5 kali dari gaya yang dihasilkan oleh gear motor DC. Semakin besar ratio gear, semakin kecil gaya yang dihasilkan. Sebaliknya semakin kecil ratio gear, semakin besar gaya yang dihasilkan (Barnes, 2003).

3.3 Analisis Kecepatan dan Pengereman Motor DC

Adapun analisa yang dilakukan adalah melalui program, yaitu :

Delay_5mS:

```
Mov  TMOD,#21H
Mov  TH0,#0EDH
Mov  TL0,#0FFH
Setb TR0
```

Program diatas (Delay_5ms) merupakan program pengaturan kecepatan motor DC (PWM) jika TH0 diset semakin kecil maka motor dc akan berputar semakin cepat, sebaliknya jika TH0 diset semakin besar maka motor dc akan berputar semakin lambat. Untuk nilai TH0 diatas, pengukuran besar kecepatan putar motor dengan menggunakan *Tachometer* adalah sebesar 53,9 rpm. Apabila TH0 diset sebesar #0ECH maka kecepatan putar motor akan naik menjadi 66,2 rpm.

Sedangkan untuk analisa pengereman motor DC, digunakan instruksi :

```
SETB RELAY1
SETB RELAY2
Acall Delay_450ms
SetB MOTOR1
SetB MOTOR2
Acall Delay_200ms
Mov  R1,#6
```

Motor DC akan berputar selama Delay_450ms sebanyak 6 kali putaran kemudian berhenti. Untuk kasus ini tidak diperlukan *sensor limit switch* untuk memberhentikan motor DC karena motor DC akan berhenti pada putaran keenam (dari program dan pengujian motor).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan, realisasi dan pengujian rangkaian dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai tegangan input untuk motor DC 18 V dengan sumber tegangan hanya 12 V perlu dirancang sistem DC Chopper Boost dengan kriteria pulsa keluaran DC Chopper Boost harus sama dengan pulsa keluaran mikrokontroler AT89S52 dengan tujuan sinkronisasi pulsa dimana pulsa keluaran mikrokontroler sebesar 100Hz.
2. Dari hasil pengujian gear motor DC didapat bahwa untuk mengurangi besarnya gaya yang akan dihasilkan oleh motor DC maka digunakan perbandingan rasio gear yang bertujuan untuk mengurangi gaya angkat motor DC tersebut.
3. Untuk sistem pengereman motor telah diatur dari program, diketahui motor akan berputar sebanyak 6 kali dan kemudian berhenti pada putaran keenam (dapat dilihat dari program). Walaupun motor DC ini diberi beban yang berat motor tetap berputar sebanyak 6 kali. Hal ini juga menghindari kita mengasumsi penggunaan limit switch apabila batasan yang diinginkan tidak tercapai.
4. Motor dc akan mampu bekerja saat diberi beban maksimal 2 kg dengan nilai torka antara 0,011 Nm sampai dengan 0,47 Nm.

DAFTAR RUJUKAN

- Barnes, Malcolm. Practical Variable Speed and Power Electronics. England : Elsavier. 2003.
- Malvino dan Gunawan Hanafi. Prinsip-Prinsip Elektronika Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga. 1984.
- Ralph J. Smith, Circuits Devices and Systems. John Wiley and Sons, Inc. 1969.
- Rashid, Muhammad H. Elektronika Daya: Rangkaian, Devais dan Aplikasinya. 1999.
- Rasyid, Muhammad. Power Electronics Handbook. Canada : Academic Press. 2001.
- Sutrisno, Roger L. Tokheim. Elektronika Digital. Jakarta. Erlangga. 2003.
- Wasito S. Data Sheet Book 1, Data IC Linier, TTL dan CMOS. Cetakan Kedua, PT Elex Media Komputindo, Jakarta. 1987.
- Wildi, Theodore. Electrical Machines, Drives, and Power System. Third Edition. New York : Pretince Hall International. 1997.