

**MODIFIKASI RANGKAIAN MEKANIK *BOOTSTRAP* UNTUK
MENINGKATKAN KINERJA *GATE DRIVER* MOSFET**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Elektro**



**Damara Putra Mulyono
(13524123)**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
MODIFIKASI RANGKAIAN MEKANIK *BOOTSTRAP*
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *GATE DRIVER*
MOSFET

TUGAS AKHIR

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Elektro**

Disusun Oleh:

Damara Putra Mulyono
13524123

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1,


(Dr. Eng. Hendra Setiawan, ST., MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Damara Putra Mulyono

No. Mahasiswa : 13524123

Menyatakan dengan jujur bahwa tugas akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, tanpa adanya niat untuk menjiplak atau melakukan plagiat dari karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dari sumber referensi saya ambil, sesuai dengan ketentuan dan tata tertib yang berlaku dalam penulisan karya ilmiah. Jika terbukti ada sesuatu hal yang melanggar, saya siap bertanggung jawab sepenuhnya.



Yogyakarta, 8 Juni 2017

Damara Putra Mulyono

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

MODIFIKASI RANGKAIAN MEKANIK *BOOTSTRAP* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *GATE DRIVER* MOSFET

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Damara Putra Mulyono

NIM : 13524123

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknologi
Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 27 Juli 2017

Tim Penguji,

Ketua

Dr. Eng Hendra Setiawan, S.T., M.T.

Anggota I

Ir. H. Suyamto

Anggota II

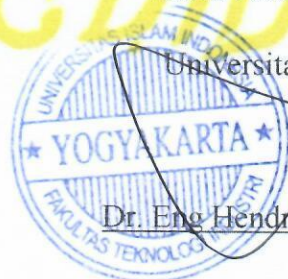
Husein Mubarak, S.T., M.Eng



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng Hendra Setiawan, S.T., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillah rabbil 'alamin.

Bersyukur dan sangat berterimakasih kepada Allah SWT, terimakasih atas selesainya tugas skripsi yang ingin ku persembahkan kepada :

Ibunda tercinta Winarni Sari

Ayahanda tercinta Sakin

*Kakak tersayang Lorinta Deskriana Sari dan
Dwi Putri Mulyani*

*Adek tersayang Mutia Sri Lestari dan Famulan
Nata Vivalinda*

HALAMAN MOTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (5) إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (6)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan.

(Q.S. Al Insyirah 5 – 6)

*“Semua orang punya jatah gagal,
habiskan jatah gagalmu ketika kamu masih muda”*

-Dahlan Iskan-

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan Syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir tentang **MODIFIKASI RANGKAIAN MEKANIK *BOOTSTRAP* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *GATE DRIVER* MOSFET**. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia .

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua terhebat serta kakak dan adek yang selalu mendoakan dan memotivasi dalam bentuk apapun.
3. Ketua Program Studi Teknik Eekrtro Fakultas Teknologi Industri UII, Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, ST., MT. Sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan memberikan ilmunya selama duduk di bangku kuliah.
5. Mochamad Thoyib kakak ipar yang sudah membantu banyak hal.

6. Muhammad Fanriado, selaku kakak tingkat yang tak hentinya meberikan ilmu dan bimbingannya.
7. Yosi Mutiara Pertiwi teman yang selalu membantu banyak hal dalam penyelesaian skripsi.
8. Adhan, Ridho, Okto, Ozi, Rudi, Fahmi, Wahrudin, Amir, Syamsul, Lucky, Defi, Rahmat, Feri, Budi, Denny, Akbar, dan Jaya selaku teman baik dalam seperjuangan.
9. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan 2013 atas doa dan dukungannya.
10. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat barbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindak lanjuti dengan pengimplementasian saran.

Yogyakarta, 26 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatural.....	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 <i>Gate driver</i>	6
2.2.2 Kapasitor.....	6
BAB III	10
PERANCANGAN	10

3.1	Rangkaian Mekanik <i>Bootstrap</i>	10
3.2	Menentukan Kapasitor <i>Bootstrap</i> dan Kapasitor <i>Backup</i>	11
3.3	Rangkaian <i>Oscillator Bootstrap</i>	16
3.4	Menentukan Frekuensi <i>Oscillator</i>	19
3.5	Saklar Pengisian	21
3.6	Rangkaian <i>Push Pull</i>	22
BAB IV		24
PENGUJIAN DAN ANALISIS		24
4.1	Pengujian Frekuensi <i>Oscillator Bootstrap</i>	24
4.2	Pengujian Kapasitor <i>Bootstrap</i>	24
4.3	Pengujian Kapasitor <i>Backup</i>	26
4.4	Pengujian Saklar <i>Push Pull</i>	27
4.5	Pengujian Menggunakan Beban	36
BAB V		41
PENUTUP		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA		43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Rangkaian Mekanik <i>Bootstrap</i>	10
Gambar 3.2 Jalur pengisian Kapasitor <i>Bootstrap</i>	12
Gambar 3.3 Jalur pengosongan Kapasitor <i>Bootstrap</i>	14
Gambar 3.4 Grafik Gelombang tegangan saat pengisian Kapasitor <i>Back up</i> dan pengosongan Kapasitor <i>Bootstrap</i>	14
Gambar 3.5 NE555 <i>Multivibrator Astable</i>	16
Gambar 3.6 Diagram pewaktu <i>Multivibrator Astable</i>	17
Gambar 3.7 Struktur <i>Relay DPDT</i>	21
Gambar 3.8 Rangkaian pengisian kapasitor.....	21
Gambar 3.9 Blok diagram internal TLP250.....	22
Gambar 3.10 Koneksi IC TLP250	22
Gambar 4.1 Arah pengisian Kapasitor <i>Bootstrap</i>	25
Gambar 4.2 Arah pengisian Kapasitor <i>Backup</i>	26
Gambar 4.3 Gelombang tegangan keluaran Mekanik <i>Bootstrap</i> sebelumnya pada frekuensi 1kHz	29
Gambar 4.4 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik <i>Bootstrap</i> pada frekuensi 100kHz	30
Gambar 4.5 Gelombang tegangan keluaran Mekanik <i>Bootstrap</i> sebelumnya pada frekuensi 1,8kHz	31
Gambar 4.6 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik <i>Bootstrap</i> pada frekuensi 500kHz	32
Gambar 4.7 Gelombang tegangan keluaran Mekanik <i>Bootstrap</i> sebelumnya pada frekuensi 3,3kHz	33
Gambar 4.8 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik <i>Bootstrap</i> pada frekuensi 800kHz	33

Gambar 4.9 Gelombang tegangan keluaran Mekanik <i>Bootstrap</i> sebelumnya pada frekuensi 6kHz	35
Gambar 4.10 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik <i>Bootstrap</i> pada frekuensi 1000kHz	35
Gambar 4.11 Pengujian menggunakan beban.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil percobaan pensaklaran Mekanik <i>Bootstrap</i> MOSFET.....	28
Tabel 4.2 Hasil percobaan pensaklaran TLP250 menggunakan frekuensi generator.....	28
Tabel 4.3 Hasil pengujian <i>Bootstrap</i> modifikasi.....	38
Tabel 4.4 Hasil pengujian <i>Bootstrap</i> sebelumnya.....	38
Tabel 4.5 Hasil persentase pengujian dengan beban (Modifikasi Mekanik <i>Bootstrap</i> : penelitian sebelumnya).....	39

ABSTRAK

Gate driver merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal kendali *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET) sebagai saklar. Salah satu jenis *gate driver* yang sering digunakan adalah mekanik *bootstrap*. Ada empat rangkaian utama pada mekanik *bootstrap* : kapasitor *bootstrap*, kapasitor *backup*, rangkaian *oscillator*, dan rangkaian *push pull* (IC TLP250). Pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada semua bagian mekanik *bootstrap*. Dari hasil pengujian diperoleh arus yang dikonsumsi modifikasi mekanik *bootstrap* hanya 40% dari rangkaian mekanik *bootstrap* sebelumnya. Selain itu rata-rata disipasi daya rangkaian mekanik *bootstrap* sesudah dimodifikasi menjadi 83,5% dari mekanik *bootstrap* sebelumnya. Dari tinjauan suhu MOSFET, modifikasi rangkaian mekanik *bootstrap* mampu menurunkan suhu MOSFET 3,5% dari penggunaan rangkaian mekanik *bootstrap* sebelumnya.

Kata kunci : Mekanik *Bootstrap*, *Bootstrap*, *Gate Driver*, IC TLP250

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terdapat banyak rangkaian tentang gerbang / *gate driver* yang dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja MOSFET. Namun setiap jenis *gate driver* memiliki pendekatan elektronika yang berbeda dan selalu disesuaikan dengan kebutuhan karena masing-masing pendekatan memiliki kekurangan dan kelebihan. Seperti rancang bangun mekanik *bootstrap* sebagai *gate driver* pada MOSFET yang sudah dilakukan penelitian sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan rangkaian mekanik *bootstrap* yang dirancang masih memiliki kekurangan.

Pada mekanik *bootstrap*, terdapat blok rangkaian utama di antaranya adalah kapasitor *bootstrap*, kapasitor *backup*, saklar pengisian, *oscillator* lokal, dan *push-pull*. Pada rangkaian *bootstrap* sebagai *gate driver* MOSFET yang sudah diuji memiliki kekurangan pada konsumsi daya yang besar dan masukan frekuensi sebagai *gate driver* MOSFET hanya 1kHz.

Penelitian ini akan memodifikasi rangkaian mekanik *bootstrap* dengan pendekatan secara mekanik yang akan menyempurnakan kekurangan dari mekanik *bootstrap* sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah.

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan, maka rumusan masalahnya adalah bagaimana cara meningkatkan kinerja rangkaian mekanik *bootstrap* sebagai topologi *gate driver* pada MOSFET.

1.3 Batasan Masalah.

1. Indikator kinerja ditentukan oleh disipasi daya, arus, dan tegangan serta nilai suhu MOSFET yang akan diuji menggunakan beban dan *function* generator.
2. Perbandingan dengan rangkaian mekanik *bootstrap* sebelumnya dilakukan dengan pengujian beban.

1.4 Tujuan Penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah dengan melakukan modifikasi rangkaian mekanik *bootstrap* sehingga diperoleh kinerja rangkaian mekanik *bootstrap* sebagai *gate driver* MOSFET yang lebih baik.

1.5 Manfaat Penelitian.

1. Menambah wawasan tentang dasar dari rangkaian *gate driver* MOSFET.
2. Sebagai salah satu alternatif rangkaian pengendalian motor listrik.

1.6 Sistematika Penulisan.

Untuk memperoleh gambaran singkat tentang tugas akhir ini maka penulis membuat sistematika penulisan yaitu sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang judul, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat peneltian, batasan masalah, dan juga penjelasan tentang sistematika penulisan pada penelitian tugas akhir ini.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab tinjauan pustaka akan dijelaskan contoh penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan terkait judul tugas akhir ini. Selain itu akan dijelaskan *gate driver* dan kapasitor.

3. BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab perancangan sistem akan diuraikan tentang perancangan serta tahapan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini, dimulai dari penjelasan mekanik *bootstrap*, penentuan kapasitor *bootstrap* dan kapasitor *backup*, rangkaian *oscillator bootstrap*, menentukan frekuensi *oscillator*, saklar pengisian, dan rangkaian *push pull*.

4. BAB IV PENGUJIAN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil pengujian dan analisis pengujian frekuensi *oscillator*, pengujian kapasitor *bootstrap*, pengujian kapasitor *back up*, dan pengujian mekanik *bootstrap* sebagai *gate driver* MOSFET menggunakan AFG dan menggunakan beban.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab ini memuat kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatural

Penelitian [1] membahas tentang *gate driver* MOSFET menggunakan rangkaian mekanik *bootstrap*. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Metode ini merupakan metode rangkaian *push pull* pada mekanik *bootstrap* dengan mengkombinasikan MOSFET tipe N dan tipe P yang kemudian membentuk pulsa *trigger* sebagai sinyal saklar MOSFET. Penelitian tersebut merupakan pengembangan yang dilakukan untuk memperbaiki rangkaian mekanik *bootstrap* konvensional. Hasilnya konsumsi daya lebih kecil dibandingkan mekanik *bootstrap* konvensional. Kekurangan dari penelitian ini kemampuan *switching* sebagai *gate driver* MOSFET hanya 1kHz.

Pada penelitian [2] dibahas rangkaian *gate driver* untuk mengaktifkan MOSFET pada rangkaian *inverter*. Rangkaian *gate driver* untuk *inverter* merupakan sistem penguat dan pembentuk pulsa *trigger*, sehingga parameter operasional komponen elektronika daya tidak melebihi karakteristiknya. Perbedaan rangkaian tersebut dengan rangkaian *driver* pada umumnya adalah digunakannya *transistor* sebagai pensaklaran pada saat *charging* komponen kapasitor pada komponen elektronika daya maupun pada kapasitor yang ditambahkan. Pengujian diutamakan untuk mendapatkan respon bentuk gelombang dan frekuensi sinyal *trigger* bagi komponen elektronika daya. Selain

itu juga untuk mendapatkan respon motor terhadap sinyal *trigger* yang dihasilkan oleh rangkaian *Pulse Wide Modulation* (PWM) dan rangkaian *driver*. Respon motor yang akan diamati adalah kecepatan dan efisiensi motor *Brushless DC* (BLDC) terhadap frekuensi, *duty cycle* PWM dan bentuk gelombang.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Gate driver

Gate driver merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal kendali *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET) sebagai saklar. MOSFET merupakan salah satu jenis transistor efek medan yang paling umum digunakan pada sirkuit digital maupun analog. Rangkaian *gate driver* berfungsi sebagai penghubung antara sinyal dari prosesor dan sinyal yang mengontrol potensial tegangan titik G (*gate*) terhadap S (*source*) pada MOSFET sehingga dapat mengoperasikan MOSFET dengan referensi tegangan yang tepat. Tegangan tersebut bernama *voltage gate to source* atau disingkat V_{GS} .

2.2.2 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen penyimpanan energi dalam medan listrik. Kapasitor terbuat dari dua plat material konduktor yang dipisahkan oleh metal dielektrik. Diantara kedua plat disuplai oleh sumber tegangan sehingga besar muatan sama tetapi berbeda tanda. Diantara kedua plat kemungkinan kosong hanya terisi udara[3].

Kemampuan menyimpan energi medan listrik kapasitor dinyatakan dengan $E = CV^2$. Kapasitansi kapasitor dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad (2.1)$$

Dimana :

ε = Permeabilitas bahan

A = Luas plat penampang (m^2)

d = Jarak antar plat (m)

Pada saat kondisi kapasitor terisi sedangkan tegangan yang disuplaikan konstan maka muatan akan tetap tersimpan tetapi arus tidak mengalir. Bila tegangan berubah terhadap waktu maka arus akan mengalir sebanding dengan kecepatan perubahan tegangan dengan persamaan :

$$i = C \frac{dv}{dt} = C \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1} \quad (2.2)$$

Dimana :

i = Arus kapasitor (Amp)

C = Kapasitansi (F)

$dv = V_2 - V_1$ = Perubahan tegangan pada kapasitor (V)

$dt = T_2 - T_1$ = Rentang waktu (detik)

a. Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

Kapasitor membutuhkan waktu dalam proses pengisian penuh. Waktu yang dibutuhkan kapasitor untuk melakukan pengisian ditentukan dari nilai hambatan pada jalur pengisian. Semakin kecil nilai kapasitas kapasitor, maka semakin cepat kapasitor terisi. Dalam kasus ini pengisian dimulai dari nilai tegangan awal kapasitor yang ditentukan. Berikut persamaan nilai pengisian kapasitor :

$$V_c(t) = V_s - (V_s - V_o)e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.3)$$

Dimana:

$V_c(t)$ = Tegangan kapasitor saat t (V)

V_o = Tegangan awal (V)

V_s = Tegangan sumber

e = Bilangan *Euler* ($e = 2,71$)

R = Hambatan jalur pengisian kapasitor (Ω)

C = Kapasitas kapasitor (F)

t = Waktu (detik)

Sedangkan pada proses pengosongan kapasitor ditentukan dari kapasitas kapasitor. Semakin besar kapasitas kapasitor maka pengosongan kapasitor akan lambat begitu juga sebaliknya. Berikut persamaan pengosongan kapasitor :

$$V_c(t) = V_o. (e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (2.4)$$

$V_c(t)$ = Tegangan kapasitor saat t (V)

V_o = Tegangan awal (V)

e = Bilangan *Euler* ($e = 2,71$)

R = Hambatan jalur pengisian kapasitor (Ω)

C = Kapasitas kapasitor (F)

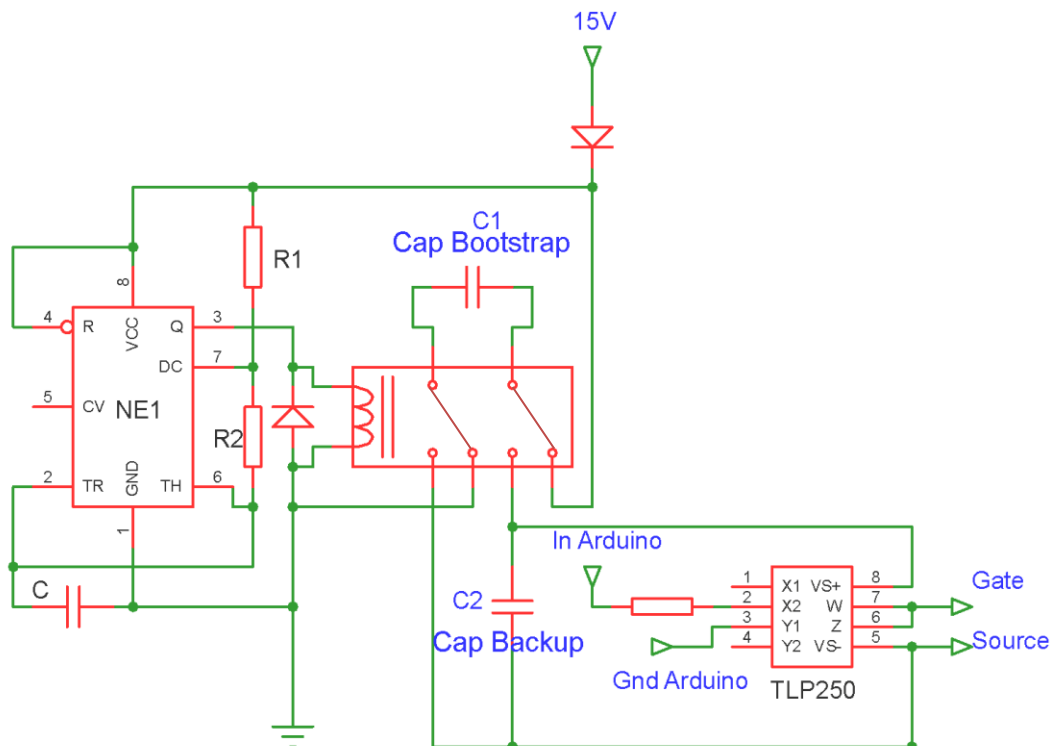
t = Waktu (detik)

BAB III

PERANCANGAN

3.1 Rangkaian Mekanik *Bootstrap*

Untuk menghubungkan antara rangkaian catu utama dengan rangkaian MOSFET digunakan *relay*. *Relay* bertujuan sebagai pengisolasi antara sumber dengan MOSFET. Rangkaian mekanik *bootstrap* bekerja jika saklar pada *relay* mengarahkan muatan pengisian dan pengosongan kapasitor secara bergantian. Untuk membuat *relay* melakukan tugas tersebut dibutuhkan sinyal detak yang berasal dari *oscillator*.



Gambar 3.1 Rangkaian Mekanik *Bootstrap*

Terdapat 4 blok rangkaian utama pada mekanik *bootstrap* yaitu :

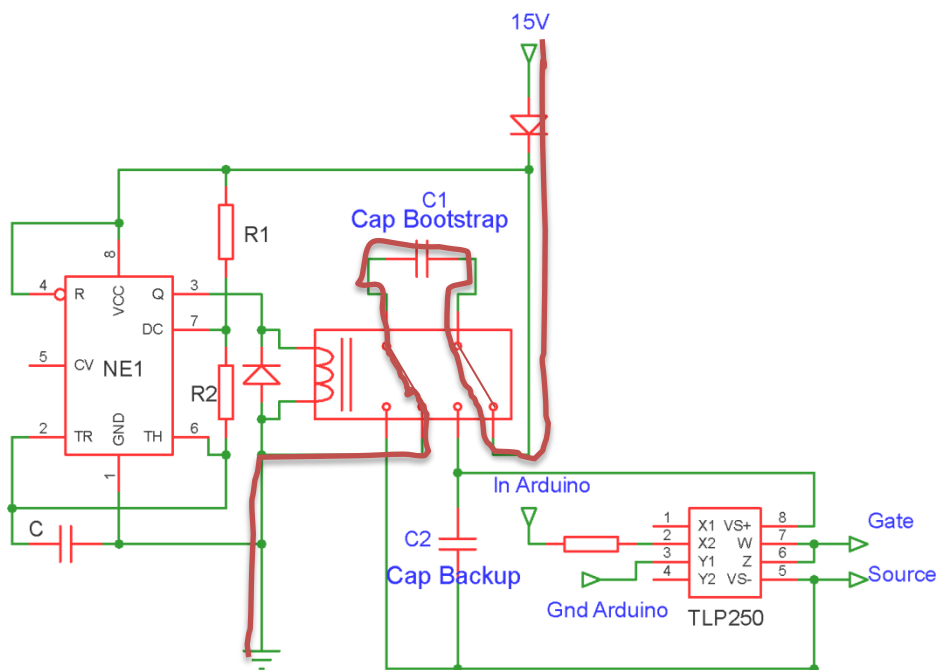
1. Kapasitor *bootstrap* dan kapasitor *backup*,
2. Saklar pengisian dan pengosongan,
3. Rangkaian *oscillator*,
4. Rangkaian *push-pull* pada IC TLP250.

3.2 Menentukan Kapasitor *Bootstrap* dan Kapasitor *Backup*

Kapasitor *bootstrap* merupakan kapasitor utama pada rangkaian mekanik *bootstrap* yang berfungsi sebagai penyimpan muatan dari suplai. Muatan dari kapasitor *bootstap* nantinya diarahkan menuju kapasitor *backup*. Kapasitor *backup* berfungsi sebagai suplai cadangan yang terhubung pada *push pull* (IC TLP250). Saat kapasitor *bootstrap* kondisi pengisian, IC TLP250 akan tetap mendapatkan suplai tegangan yang tidak terputus dari kapasitor *backup*. Tetapi perlu dipertimbangkan agar nilai kedua kapasitor tidak terlalu besar karena akan memperlambat pengisian, juga tidak terlalu kecil karena akan mempercepat pengosongan. Agar suplai pada kapasitor *bootstrap* maksimal ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu :

- a. Jalur dengan nilai resistansi yang rendah.
- b. Kapasitor mampu melakukan pengisian dengan cepat.
- c. Kapasitor *bootstrap* tidak mudah kehabisan muatan saat dilakukan pengosongan akibat mensuplai kapasitor *backup*..

Ketiga faktor tersebut dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami respon pengisian dan pengosongan kapasitor. Dengan memahami respon pengisian dan pengosongan kapasitor maka penentuan nilai kapasitor (*backup* dan *bootstrap*) akan mudah.



Gambar 3.2 Jalur pengisian Kapasitor *Bootstrap*

Nilai hambatan dari jalur pengisian kapasitor *bootstrap* harus kecil karena untuk mempercepat proses pengisian. Nilai hambatan dapat diukur menggunakan ohm meter. Karena jalur pengisian kapasitor *bootstrap* melewati dioda dengan nilai hambatan 45Ω maka waktu pengisian dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

$$Vc(t) = Vs - (Vs - Vo)e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.3)$$

$$14,4 = 14,5 - (14,5 - 13)e^{-\frac{t}{45.2200.10^{-6}}}$$

$$14,4 = 14,5 - (1,5)e^{-\frac{t}{0,099}}$$

$$-0,1 = -1,5 \cdot e^{-\frac{t}{0,099}}$$

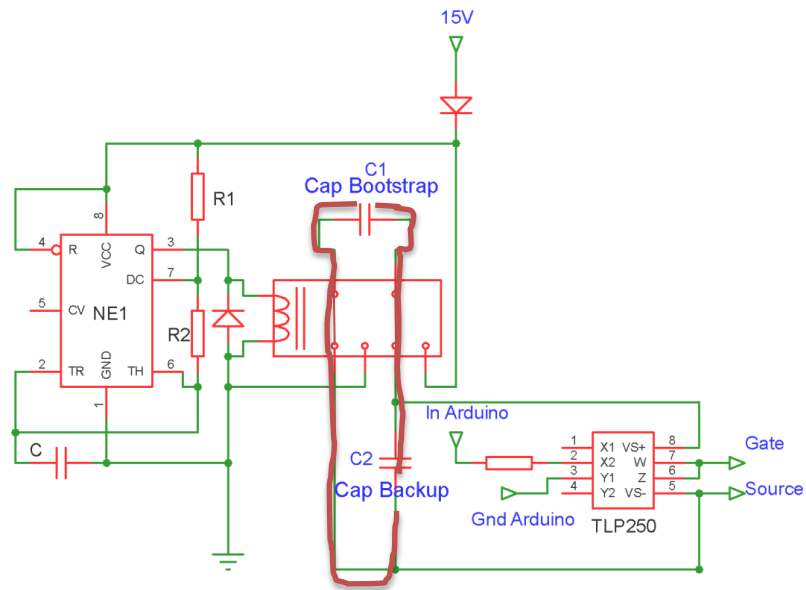
$$\frac{0,1}{1,5} = e^{-\frac{t}{0,099}}$$

$$\ln \frac{0,1}{1,5} = -\frac{t}{0,099}$$

$$-2,7 = -\frac{t}{0,099}$$

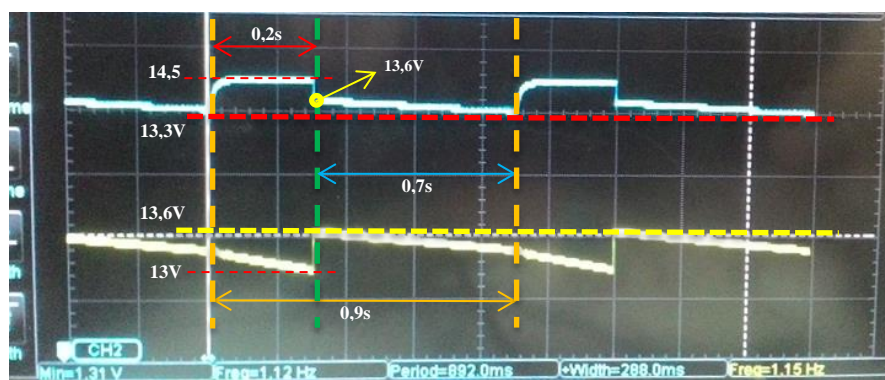
$$t = 2,7 \times 0,099$$

$$t = 0,26s$$



Gambar 3.3 Jalur pengosongan Kapasitor *Bootstrap*

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pengosongan kapasitor *bootstrap* yang sama artinya dengan waktu yang dibutuhkan pengisian kapasitor *backup*. Dapat dilihat dari grafik gambar 3.4 yang memperlihatkan waktu pengosongan kapasitor *bootstrap* dan pengisian kapasitor *backup*. Grafik tersebut diperoleh dari *oscilloscope* yang terhubung pada probe kapasitor *bootstrap* dan kapasitor *backup*.

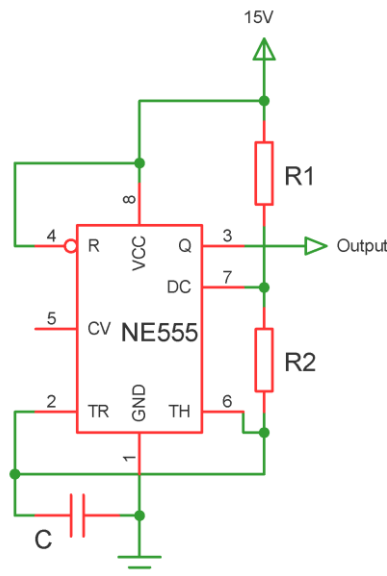


Gambar 3.4 Grafik Gelombang tegangan saat pengisian Kapasitor *Back up* dan pengosongan Kapasitor *Bootstrap*

Gambar grafik diatas terdapat dua grafik yang berbeda warna. Warna biru menunjukkan grafik waktu pengosongan kapasitor *bootstrap*. Grafik warna kuning menunjukkan waktu yang dibutuhkan kapasitor *backup* untuk melakukan pengisian. Tegangan sumber yang disuplai kapasitor *bootstrap* adalah 15V. Tetapi tegangan yang sampai kapasitor adalah 14,5V. Penurunan tegangan disebabkan karena adanya dioda yang terhubung pada pengisian kapasitor *bootstrap*. Tegangan 13,3V adalah tegangan batas bawah kapasitor *bootstrap*. Tegangan 13V adalah tegangan batas bawah kapasitor *backup*. Kondisi pengosongan kapasitor *bootstrap* dan pengisian kapasitor *backup* merupakan kondisi dimana kedua kapasitor terhubung paralel. Kapasitor terhubung paralel dan pada awalnya memiliki tegangan yang berbeda. Kemudian kapasitor bootstrap akan mengisi kapasitor *backup* sampai perbedaan tegangan menjadi sama. 0,2s adalah waktu yang dibutuhkan kapasitor *bootstrap* untuk melakukan pengisian dari tegangan awal 13,3V menjadi 14,4V dan waktu yang dibutuhkan kapasitor *backup* untuk melakukan pengosongan menuju tegangan batas bawah. Sedangkan 0,7s adalah lamanya waktu terjadinya paralelisasi antara kapasitor *bootstrap* dan kapasitor *backup*. Pada saat itu terjadi penurunan tegangan menjadi 13,3V. Penurunan tegangan disebabkan terhubungnya IC TLP250 saat terjadi paralelisasi. 0,9 adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian dan pengosongan kedua kapasitor.

3.3 Rangkaian *Oscillator Bootstrap*

Pada rangkaian mekanik *bootstrap* terdapat *relay* yang menghubungkan antara rangkaian catu utama dengan MOSFET. Rangkaian bekerja jika saklar pada *relay* mengarahkan muatan pengisian dan pengosongan secara bergantian. Untuk membuat *relay* melakukan tugas tersebut dibutuhkan sinyal detak yang berasal dari *oscillator*. Jenis *oscillator* yang digunakan adalah *multivibrator astable* yang menggunakan komponen IC NE555 dan tambahan komponen *external* dengan nilai untuk menghasilkan frekuensi tertentu.

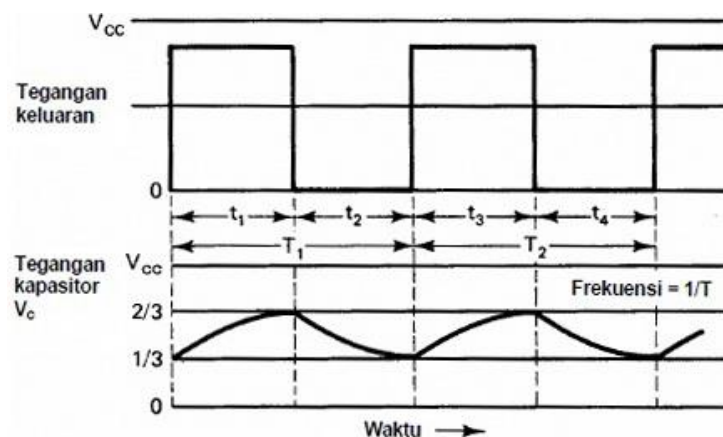


Gambar 3.5 NE555 *Multivibrator astable*

Untuk menentukan berapa frekuensi detak yang diinginkan maka nilai R_1 , R_2 , dan C harus dihitung. Biasanya nilai C ditentukan sebagai penentu karena lebih mudah mencari variasi nilai resistor daripada nilai kapasitor di pasaran. Rangkaian *multivibrator astable* dengan IC NE555 diperlukan dua resistor, dan sebuah kapasitor [4]. Untuk merangkai *multivibrator astable* dengan IC NE555 tersebut resistor R_1 dihubungkan antara $+V_{CC}$ dan terminal *discharger* (pin 7).

Resistor R_2 dihubungkan antara pin 7 dengan terminal *threshold* (pin 6). Kapasitor dihubungkan antara pin *threshold* dan *ground*. *Triger* (pin 2) dan *threshold* (pin 6) dihubungkan menjadi satu. Pada saat sumber tegangan pertama kali diberikan, kapasitor akan terisi melalui R_1 dan R_2 . Ketika tegangan pada pin 6 naik di atas $2/3 V_{CC}$, maka terjadi perubahan kondisi pada komparator akan me-*reset flip-flop* sehingga *outputnya* akan berubah menjadi positif. Keluaran (pin 3) berubah *low* dan basis Q1 mendapat bias maju. Rangkaian *oscillator* dianggap berfungsi dengan baik jika dapat menghasilkan frekuensi gelombang kotak dan *duty cycle* sesuai yang diperhitungkan.

Ketika tegangan pada kapasitor C turun sampai di bawah $1/3 V_{CC}$ maka tegangan ini akan diberikan ke komparator dua. Antara *trigger* (pin 2) dan pin 6 masih terhubung bersama. Komparator 2 menyebabkan tegangan positif pada *input set* dari flip-flop dan memberikan *output* negatif. *Output* (pin 3) akan berubah ke nilai $+V_{CC}$ dan terjadi proses pengosongan melalui (pin7). Kemudian C mulai terisi lagi ke nilai V_{CC} melalui R_1 dan R_2 . Kapasitor C akan terisi dengan tegangan berkisar antara $1/3$ dan $2/3 V_{CC}$.



Gambar 3.6 Diagram pewaktu *Multivibrator Astable* [4].

Frekuensi *output astable multivibrator* dinyatakan sebagai $f = 1/T$. Ini menunjukkan sebagai total waktu yang diperlukan untuk pengisian dan pengosongan kapasitor C [4]. Waktu pengisian ditunjukkan oleh jarak t_1 dan t_3 , sedangkan waktu pengosongan diberikan oleh t_2 dan t_4 . Frekuensi kerja *astable multivibrator* dengan IC 555 diatas dapat dirumuskan secara matematis sebagai berikut :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2) C} \quad (3.2)$$

Dimana:

f = Frekuensi yang dihasilkan (Hz)

T = Perioda Gelombang (detik)

C = Nilai Kapasitor yang Digunakan (F)

R_1 dan R_2 = Nilai Resistor (Ω)

Selain frekuensi terdapat pula *duty cycle* dari pulsa keluaran *oscillator*, hal yang perlu diperhatikan adalah nilai *duty cycle* tidak terlalu kecil dan terlalu besar karena berpengaruh pada pergerakan jangkar *reelay*. Nilai *duty cycle* yang paling sesuai adalah berkisaran 50% dari total perioda keseluruhan. Untuk menghitung *duty cycle* dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$Dutycycle = \frac{R_1 + R_2}{(R_1 + 2R_2)} \times 100 \quad (3.3)$$

3.4 Menentukan Frekuensi *Oscillator*

Hasil pengujian kecepatan pengisian dan pengosongan kapasitor *bootstrap* dan kapasitor *backup* menjadi penentu frekuensi yang dibangkitkan oleh *oscillator bootstrap*. Kemampuan waktu keduanya beroperasi pada orde detik, dengan demikian dapat ditentukan besarnya nilai frekuensi *oscillator* yang akan dibangkitkan. Nilai frekuensi yang akan dibangkitkan oleh NE555 diatur oleh perubahan nilai R dan C. Pemakaian nilai frekuensi yang dibangkitkan perlu dipertimbangkan juga dengan kapasitas kapasitor *bootstrap* dan *backup* yang dipakai. Perbedaan kapasitas kapasitor tersebut menentukan cepat lambatnya pengisian maupun pengosongan.

Untuk mencegah saklar pengisian yang terlalu sering bergerak maka perlu diketahui terlebih dahulu berapa nilai waktu yang dibutuhkan saat pengisian dan pengosongan kapasitor *backup*. Dalam kasus ini nilai yang ditetapkan untuk batas pengosongan minimum kapasitor *backup* sebesar 12V. Nilai tersebut merupakan batas tegangan bawah kapasitor *backup* yang diizinkan sehingga saat menyentuh nilai tersebut diharapkan pengisian bisa segera dilakukan. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses pengisian dan pengosongan kapasitor *backup* sebesar 0,9detik.

Untuk mengaplikasikan waktu 0,9detik pada *timer oscillator* maka perlu dicari terlebih dahulu frekuensi yang dibangkitkan dimana $f = 1/T$ maka $1/0,9 = 1,1\text{Hz}$. Tetapi dalam kasus ini menggunakan frekuensi sebesar 1Hz alasannya untuk menghindari kondisi tegangan kapasitor *backup* menyentuh tegangan batas bawah dan 1detik merupakan waktu yang ideal untuk kinerja *relay*. *Relay* akan cepat rusak jika bekerja sangat cepat dengan rentang waktu yang lama. Jadi

penetapan frekuensi *oscillator* yang dibangkitkan sebesar 1Hz untuk melakukan pengisian dan pengosongan. Untuk mendesain *oscillator* berfrekuensi 1Hz dapat mengkombinasikan resistor dan kapasitor dengan nilai kapasitor 47 μ F dan resistor R1 dan R2 10k Ω . Frekuensi *oscillator* lokal dapat diset menjadi 1Hz dengan persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

$$f = \frac{1,44}{(10.000 + 2 \times 10.000)47 \times 10^{-6}}$$

$$f = \frac{1,44}{1,41}$$

$$f = 1,02\text{Hz}$$

Maka T =

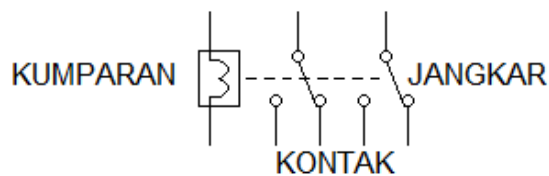
$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{1,02}$$

$$T = 0,98 \text{ detik}$$

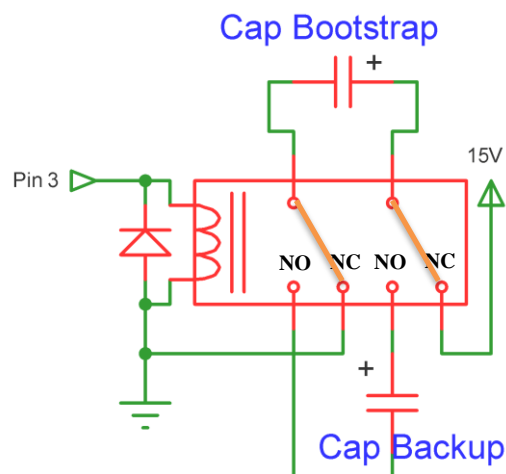
3.5 Saklar Pengisian

Relay dipilih karena selain harganya murah juga memiliki kemampuan penyaklaran arus rendah yang baik tanpa rugi-rugi pensaklaran yang besar dibagian kontakannya. Selain itu *relay* memiliki impedansi yang sangat tinggi dalam mengisolasi tegangan antar terminalnya. Jenis *relay* yang digunakan adalah *relay* DPDT, struktur *relay* tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3.7 Struktur *Relay* DPDT

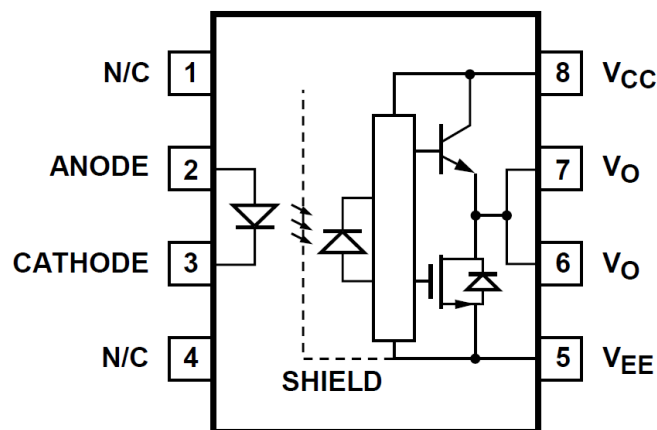
Kumparan pada *relay* berfungsi untuk membangkitkan elektromagnet sehingga inti kumparan menjadi magnet lalu menarik jangkar pada *relay* untuk kondisi NO (*normaly open*) dan NC (*normaly close*).



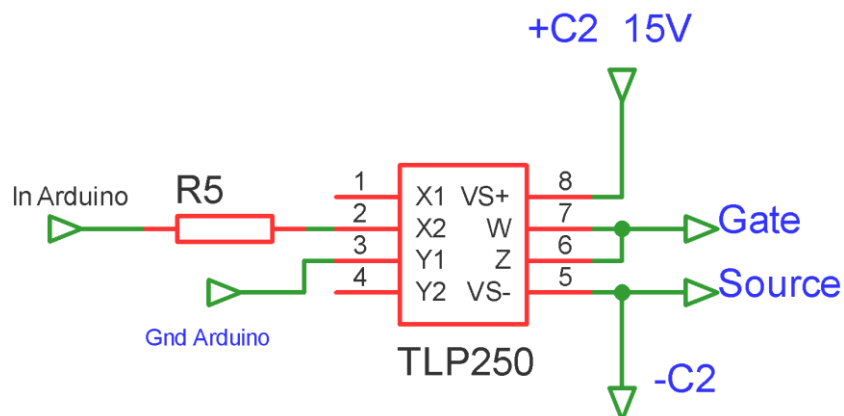
Gambar 3.8 Rangkaian pengisian kapasitor

3.6 Rangkaian Push Pull

Rangkaian *push-pull* berfungsi sebagai pembangkit sinyal kendali *on* dan *off* MOSFET. TLP250 merupakan IC khusus pembangkit sinyal kendali pada rangkaian mekanik *bootstrap* sebagai *gate driver* MOSFET. TLP250 jenis *optocoupler* cocok untuk *gate driver* MOSFET dengan operasi tegangan tinggi sesuai yang dibutuhkan untuk melakukan *gate driver* MOSFET. TLP250 terdiri dari LED sebagai *transmitter* dan *photovoltage receiver* yang digabungkan dengan sirkuit terpadu memungkinkan bekerja pada frekuensi tinggi.



Gamabr 3.9 Blok diagram internal TLP250



Gambar 3.10 Koneksi IC TLP250

Tegangan catu daya 15V akan terhubung ke VCC (pin 8) TLP250 yang berasal dari kapasitor *backup*. Tegangan catu daya ini ditentukan dengan melihat datasheet TLP250 [5]. VEE (pin5) akan terhubung ke *Source* (S) MOSFET dan -C2 (kapasitor *backup*). Kemudian pada masukan *anode* (pin2) sebagai *transmitter* dan *cathode* (pin3) sebagai *receiver*. *Anode* (pin2) akan terhubung pada *function* generator atau arduino yang terhubung resistor 560Ω agar arus yang terbaca pada LED *transmitter* sesuai dengan *rating* arusnya. *Rating* arus yang dikonsumsi untuk mengaktifkan LED *transmitter* minimal sebesar 7mA sesuai dengan *datasheet*. Perhitungan *supply* tegangan 5V dengan nilai resistansi 560Ω, maka arus yang mengalir pada LED *transmitter* adalah 0,009 atau 9mA, yang artinya dengan nilai arus 9mA sudah mampu menyalakan LED *transmitter*. Sedangkan *receiver* yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya akan mengaktifkan *push pull* Vo (pin7) dan (pin6). Keluaran *push pull* akan mengontrol potensial tegangan titik G terhadap S pada MOSFET. Jika MOSFET diinginkan menyala maka rangkaian akan melakukan fungsi *push* sehingga kaki G dan S terhubung ke sumber tegangan, sedangkan jika diinginkan MOSFET mati maka rangkaian akan melakukan fungsi *pull* kaki G dan S terhubung singkat didalam IC tersebut.

Under voltage protection (UNVLO) merupakan bagian proteksi dari IC yang akan mematikan *push pull* jika terjadi *under voltage*. *Drop* tegangan yang terjadi yaitu *drop* tegangan pada kapasitor *back up* yang mensuplai daya VCC. Kapasitor *backup* akan mengalami *drop* tegangan jika saklar pengisian tidak cepat mensuplai daya ke kapasitor *backup*.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Frekuensi *Oscillator Bootstrap*

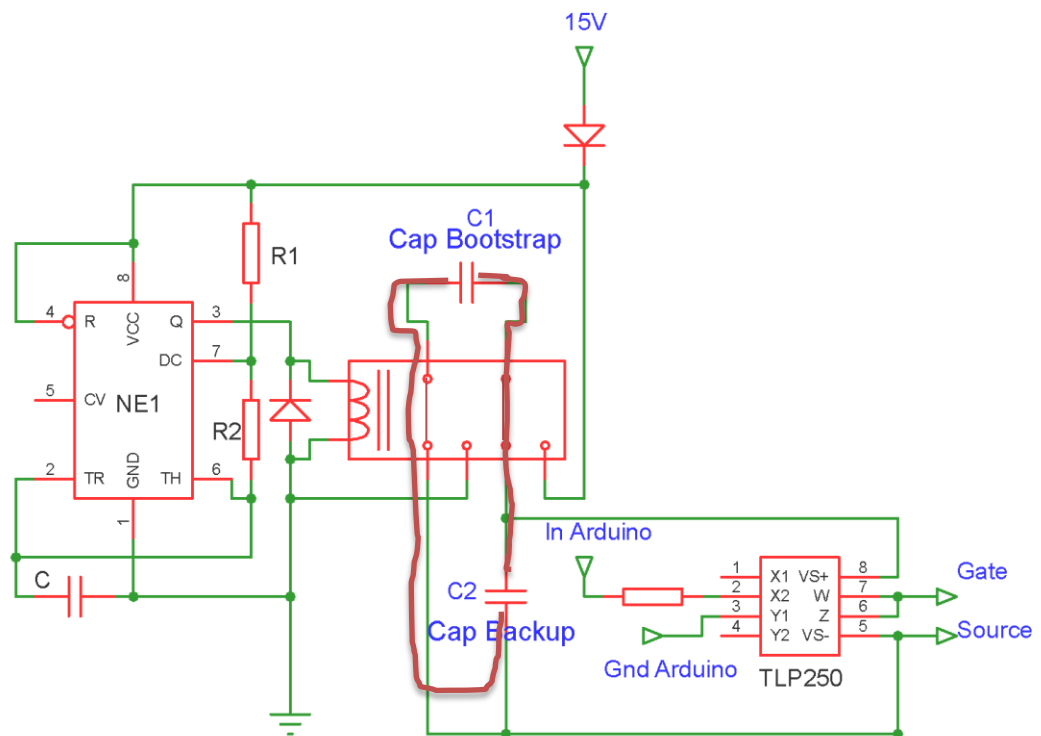
Pengujian dilakukan untuk melihat bagaimana respon *relay* terhadap *multivibrator astable* yang dibuat menggunakan komponen IC NE555 yang sebelumnya sudah dilakukan pengujian dengan frekuensi 1Hz[1]. *Oscillator bootstrap* diuji dengan mengkombinasikan nilai R1,R2 dan C. Hasil percobaan menunjukkan *relay* bekerja dalam waktu 0,98 detik. Sedangkan hasil perhitungan *relay* bekerja dalam waktu 0,98 detik artinya perhitungan rangkaian *oscillator* dengan hasil percobaan sama yaitu 1Hz. Dalam waktu 0,98detik saklar bekerja pada dua kondisi pengisian dan pengosongan sesuai dengan hasil grafik *oscilloscope.. Relay* akan bekerja sesuai dengan detak yang dibangkitkan *oscillator*. Dengan waktu 0,98 detik tegangan kedua kapasitor akan terpenuhi sesuai ketentuan yang ditetapkan. Tegangan yang terpenuhi maksudnya tegangan atas yang sesuai dengan sumbernya dan tegangan bawah 12V. Tegangan bawah diatas 12V akan jauh lebih baik.

4.2 Pengujian Kapasitor *Bootstrap*

Kapasitor *bootstrap* adalah kapasitor yang berfungsi untuk memberikan muatan medan listrik kepada kapasitor *backup* dimana muatan tersebut nantinya akan mensuplai IC TLP250 sebagai sinyal kendali untuk menyalakan MOSFET.

4.3 Pengujian Kapasitor Backup

Kapasitor *backup* adalah bagian kapasitor yang berfungsi sebagai catu daya cadangan yang mensuplai IC TLP250. Saat kapasitor *bootstrap* dalam keadaan pengisian, jangkar saklar pengisian terputus dari kapasitor *backup*. Penentuan waktu *relay* bekerja sudah dihitung dan sudah dilakukan percobaan. Maka dalam waktu 0,98detik akan cukup kapasitor *bootstrap* untuk melakukan pengisian dan pengosongan.



Gambar 4.2 Arah pengisian Kapasitor Backup

Jika dilihat dari rangkaian dan hasil pengamatan grafik pengisian dan pengosongan kapasitor *backup*. Kapasitor *backup* tidak akan mendapatkan tegangan sesuai dengan tegangan kapasitor *bootstrap*. Karena pada saat kondisi pengisian kapasitor *backup* merupakan kondisi paralel antara kapasitor *bootstrap*

dengan kapasitor *backup*. Pada awalnya paraleliser memiliki tegangan yang berbeda. Hal tersebut membuat kapasitor *bootstrap* mengisi kapasitor *backup* agar tegangannya seimbang. Pada kondisi itu juga terjadi kondisi dimana paraleliser kapasitor mensuplai IC TLP250 yang mengakibatkan penurunan tegangan menjadi 13,3V sesuai pada gambar 3.4 yang ditunjukkan waktu 0,7detik.

4.4 Pengujian Saklar *Push Pull*

Pensaklaran pada MOSFET yang baik adalah proses pensaklaran yang menghasilkan bentuk gelombang kotak sempurna. Hal tersebut menandakan bahwa tidak terjadi respon transien yang terlalu lama saat pensaklaran dilakukan. Sangat penting diketahui bahwa semakin panjang respon transien suatu pensaklaran maka disipasi daya yang terjadi semakin besar yang artinya daya tidak tersalurkan sepenuhnya ke beban melainkan hilang sebagian menjadi panas.

Bentuk gelombang pensaklaran tersebut dapat dilihat menggunakan *oscilloscope*. Kemampuan mekanik *bootstrap* dalam mereplika gelombang kotak yang masuk merupakan indikator frekuensi nominal sehingga diharapkan tidak digunakan untuk frekuensi yang melebihi dari frekuensi nominalnya. Karena jika melebihi frekuensi nominal yang disarankan, sinyal yang keluar dari *push pull* akan kacau atau tidak terbaca. Hasil uji coba membanding kinerja frekuensi dari IC TLP250 dengan mekanik *bootstrap* rangkaian *push pull* MOSFET [1].

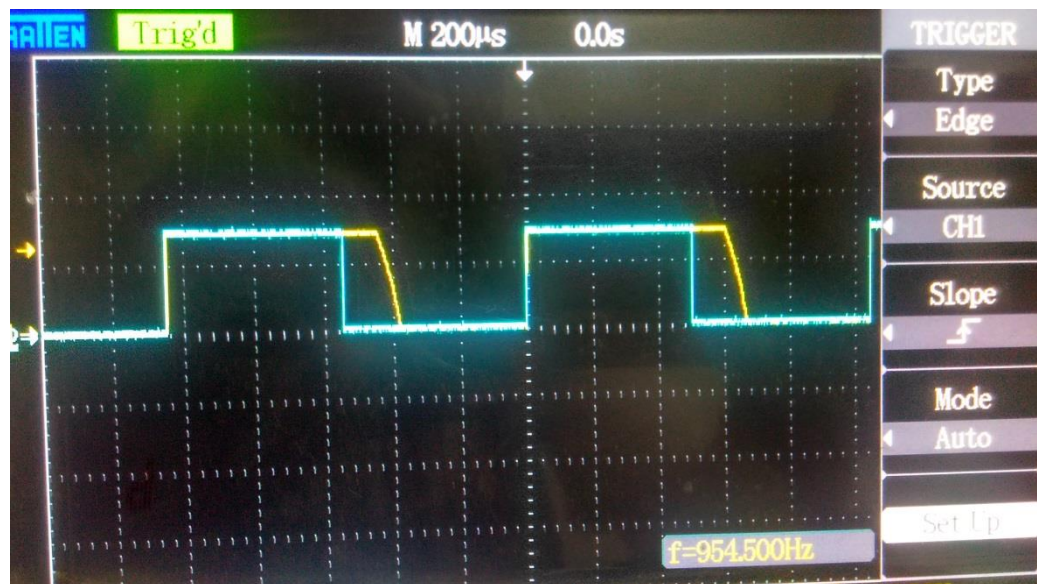
Tabel 4.1 Hasil percobaan pensaklaran Mekanik *Bootstrap* MOSFET [1]

CMOS	
Tegangan Atas (Volt)	Frekuensi Input (KHz)
13,7	1
13,1	1,8
12,8	3,3
12,2	6

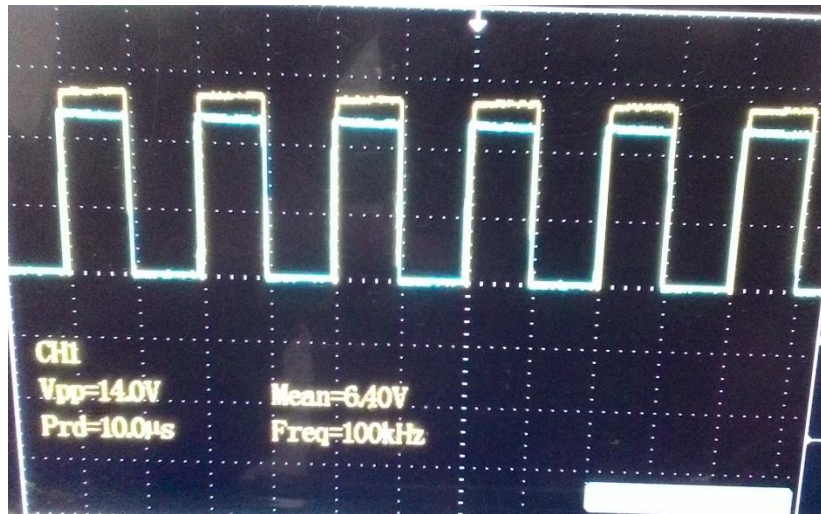
Tabel 4.2 Hasil percobaan pensaklaran TLP250 menggunakan frekuensi generator

TLP250		
Tegangan Atas (Volt)	Frekuensi Input (KHz)	Tegangan Bawah (Volt)
14,2	1	13,8
14,2	2	13,8
14,2	3	13,8
14,2	4	13,8
14,2	5	13,8
14,2	6	13,8
14,2	7	13,8
14,2	8	13,6
14,2	9	13,8
14,2	10	13,8
14,2	20	13,8
14,2	30	13,8
14	40	13,8
14	50	13,6
14	60	13,6
14	70	13,6
14	80	13,6
14	90	13,6
14	100	13,6
13,8	200	13,4
13,6	300	13,2
13,6	400	13,2
13,4	500	12,8
13,4	600	12,6
13,2	700	12,4
13	800	12,2
13	900	12
12,8	1000	11,6

Pada tabel 4.1 merupakan hasil pengujian mekanik *bootstrap*. Tegangan atas merupakan tegangan catu daya dari 15V (+) kapasitor *backup* ke (-) kapasitor *backup* sebagai kemudi gerbang pada *gate* (G) terhadap *source* (S) MOSFET. Tegangan bawah adalah kondisi tegangan catu daya pada kapasitor *back up* saat menyuplai TLP250 yang mengalami penurunan tegangan akibat kinerja *push pull*. Hal ini terjadi karena semakin besar frekuensi saklar MOSFET bekerja, maka semakin besar konsumsi dayanya.



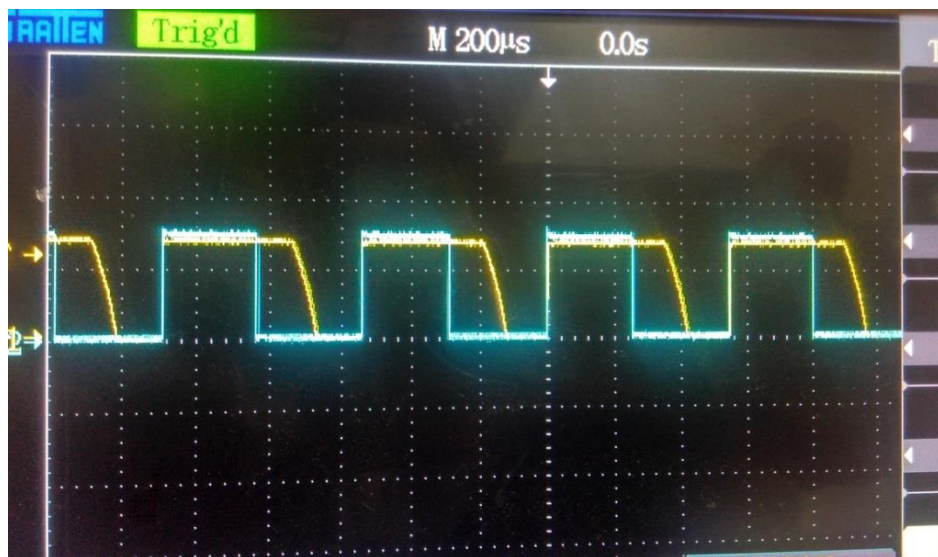
Gambar 4.3 Gelombang tegangan keluaran Mekanik *Bootstrap* sebelumnya pada frekuensi 1kHz [1]



Gambar 4.4 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik *Bootstrap* pada frekuensi 100kHz

Monitoring oskiloskop menunjukkan hasil sinyal dengan perbedaan 2 warna. Warna kuning menunjukkan respon keluaran frekuensi yang terhubung MOSFET, sedangkan warna biru menunjukkan respon inputan atau *driving* frekuensi mekanik *bootstrap*. Gambar 4.3 dan gambar 4.4 merupakan hasil yang diberi input frekuensi dari *function* generator dengan bentuk gelombang kotak. Percobaan pada gambar 4.3 rangkaian mekanik *bootstrap*[1] diberi inputan sebesar 1KHz. Saat diukur menggunakan oskiloskop terjadi penyimpangan pada sinyal keluaran. Hal tersebut terjadi karena kurang tepatnya hasil perhitungan pada komponen yang digunakan dirangkaian *push-pull*. Rangkaian mekanik *bootstrap* pada penelitian sebelumnya [1] memang masih dalam tahap riset. Hasil pengukuran yang dilakukan menjadi patokan nilai frekuensi yang digunakan yaitu tidak lebih dari 1KHz dalam penggunaan rangkaian mekanik *bootstrap*. Gambar 4.4 merupakan hasil dari pengujian TLP250 dengan inputan yang dari *function* generator. Pertama pengujian dilakukan dengan memberikan nilai inputan

frekuensi sebesar 1KHz. Hasil pengukuran menggunakan oskiloskop menunjukkan antara frekuensi input dengan frekuensi output dari TLP250 dalam kondisi sinkron yang artinya aman untuk digunakan sampai pemberian frekuensi 1KHz. Kemudian pengujian frekuensi ditingkatkan menjadi 100KHz. Hasilnya masih sinkron anatar *input* dan *output*. Dari Tabel 4.2 hasil pengujian TLP250 menunjukkan pada frekuensi 100KHz terjadi penurunan tegangan atas menjadi 14V sedangkan pada tegangan bawah menunjukkan penurunan menjadi 13,6V.



Gambar 4.5 Gelombang tegangan keluaran Mekanik *Bootstrap* sebelumnya pada frekuensi 1,8kHz [1]

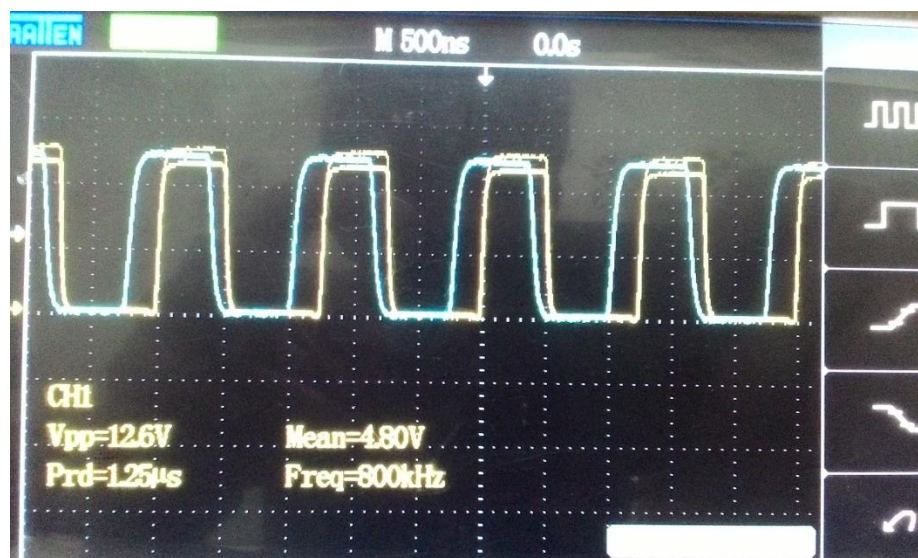


Gambar 4.6 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik *Bootstrap* pada frekuensi 500kHz.

Percobaan kedua dengan inputan dari sumber yang sama tetapi frekuensinya yang berbeda. Gambar 4.5 uji pensaklaran mekanik *bootstrap* dengan frekuensi 1,8KHz. Pada *range* frekuensi tersebut terlihat kecacatan sinyal semakin membesar hampir setengah dari sinyal aslinya. Hal tersebut kemungkinan diakibatkan oleh rangkaian *push-pull* yang sinyal keluarannya tidak mampu mengikuti sinyal masuknya[1]. Gambar 4.6 hasil pensaklaran 500KHz pada TLP250 mulai menunjukkan tidak sinkronya antara input dengan output. Hasil tersebut masih dikategorikan dalam kondisi baik karena inputan sinyal kotak frekuensi dengan output jarak detak pensaklaran tidak terlalu jauh. Dilihat dari tabel 4.2 hasil pengujian TLP250 tegangan atas mengalami penurunan menjadi 13,4 dan tegangan bawah menjadi 12,4.

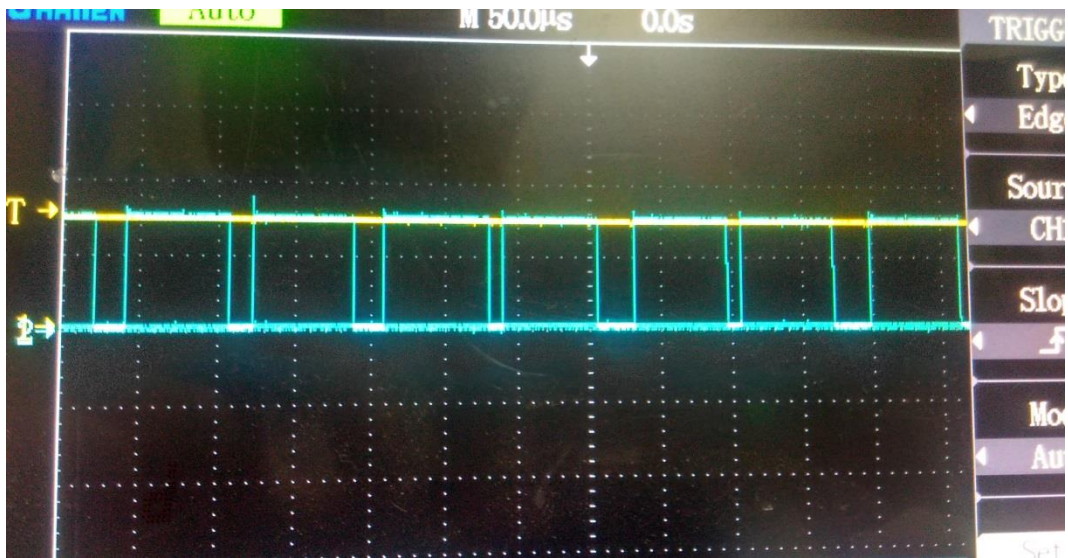


Gambar 4.7 Gelombang tegangan keluaran Mekanik *Bootstrap* sebelumnya pada frekuensi 3,3kHz [1]

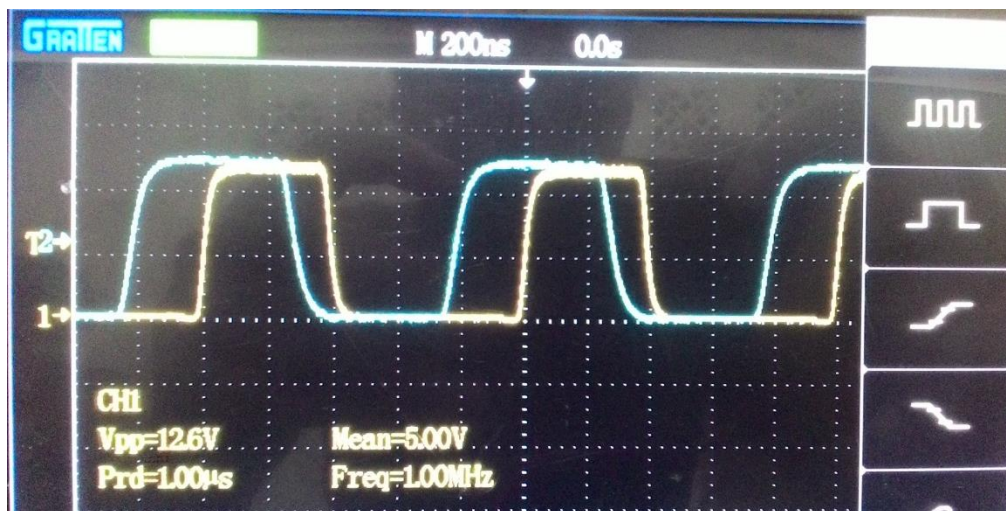


Gambar 4.8 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik *Bootstrap* pada frekuensi 800kHz.

Percobaan ketiga gambar 4.7 rangkaian diberi *input* frekuensi sebesar 3,3kHz namun karena rangkaian tidak mampu lagi mempertahankan bentuk sinyal maka terjadi kecacatan sinyal hingga frekuensi yang terbaca mencapai hampir 3,4kHz meleset dari sinyal masukan yang diinginkan. Dengan kondisi bentuk sinyal demikian maka rangkaian dinyatakan tidak layak beroperasi pada frekuensi 3,3kHz bahkan pada beban kecil sekalipun. Tetapi jika diukur lebih dalam, telah terjadi disipasi daya yang cukup besar sehingga menurunkan efisiensi kerja saat alat beroperasi. Gambar 4.8 hasil pensaklaran TLP250 kinerja IC mulai mengalami drop tegangan atau tegangan bawah yang dapat dilihat pada tabel 4.2 hasil percobaan. Tegangan atas yang terukur sudah menyentuh tegangan 13V, sedangkan tegangan bawahnya mencapai 12,2V. Dilihat dari tegangan yang terukur dengan detak *relly* pengisian 1Hz atau dalam waktu menjadi 1detik itu artinya dalam satu detik kapasitor akan terisi tegangan 0,8V. Jika menggunakan frekuensi yang dihasilkan *oscillator* 0,5Hz kemungkinan akan terjadi drop tegangan pada kapasitor. Akibatnya kapasitor *backup* yang digunakan sebagai *supply* IC TLP250 tidak akan mampu menyuplai. Kemudian frekuensi yang dihasilkan tidak sinkron dan kemungkinan yang terjadi akan merusak MOSFET. Tegangan drop yang kemungkinan terjadi termasuk dalam kategori bahaya, karena *ratting* tegangan yang disarankan pada kapasitor *backup* 12V. Jika tegangan yang disarankan menurun, kapasitor akan lama untuk melakukan pengisian.



Gambar 4.9 Gelombang tegangan keluaran Mekanik *Bootstrap* sebelumnya pada frekuensi 6kHz [1]



Gambar 4.10 Gelombang tegangan keluaran modifikasi Mekanik *Bootstrap* pada frekuensi 1000kHz

Gambar 4.9 rangkaian diberi input frekuensi sebesar 6kHz. Pada frekuensi tersebut, rangkaian sudah tidak mampu beroperasi sama sekali ditandai dengan keluaran sinyal yang hanya berbentuk garis lurus. Gambar 4.10 hasil pengukuran

TLP250 ini menjadi batas pengujian yang dilakukan, karena diatas 1000kHz atau 1MHz tidak muncul lg frekuensinya.

Dari analisa hasil pengujian mekanik *bootstrap* sebelumnya [1] maka dapat diambil pernyataan bahwa rangkaian *push-pull* pada mekanik *bootstrap* yang dirancang hanya mampu beroperasi maksimal 1kHz, selain itu pada nilai tersebut terjadi sedikit kecacatan sehingga disarankan untuk menggunakan sinyal dengan frekuensi dibawah 1kHz. Sedangkan pengujian mekanik *bootstrap* yang sudah dimodifikasi menggunakan IC TLP250 maka dapat diambil pernyataan bahwa mekanik *bootstrap* memiliki performa *switching* yang lebih baik. *Rating* yang disarankan untuk mengoperasikan mekanik *bootstrap* sebagai *gate driver* MOSFET mencapai 500kHz.

4.5 Pengujian Menggunakan Beban

Pengujian beban dilakukan dengan menggunakan sistem inverter DC ke AC. DC *supply* yang digunakan meakanik *bootstrap* menggunakan tegangan 15V sedangkan *supply* trafo menggunakan tegangan 18V. IRF4110 merupakan MOSFET tipe NPN yang digunakan pada pengujian menggunakan sistem inverter. Berikut gambar rangkaian pengujian menggunakan beban :

Tabel 4.3 Hasil pengujian *Bootstrap* modifikasi

HASIL PENGUJIAN INVERTER											
Beban	DC Supply						VGS Oscilator		Trafo		Suhu Mosfet
	Gate Driver			MOSFET					Vout AC (V)	Iout AC (A)	
	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)	GD 1 (V)	GD 2 (V)			
Tanpa Beban	15	0,04	0,6	17,8	0,8	14,2	14	14	318	0,075	28 °C
Lampu Pijar 9W	15	0,04	0,6	17,2	1,2	20	14	14	307	0,09	28 °C
Lampu Pijar 15W	15	0,04	0,6	16,4	2	31,6	14	14	240	0,102	29 °C
Lampu Pijar 25W	15	0,04	0,6	14,3			14	14	170	0,14	30 °C

Tabel 4.4 Hasil pengujian *Bootstrap* sebelumnya

HASIL PENGUJIAN INVERTER											
Beban	DC Supply						VGS Oscilator		Trafo		Suhu Mosfet
	Gate Driver			MOSFET					Vout AC (V)	Iout AC (A)	
	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)	GD 1 (V)	GD 2 (V)			
Tanpa Beban	15	0,1	1,5	16,7	1,02	17,8	12,2	12,2	313	0,08	29 °C
Lampu Pijar 9W	15	0,1	1,5	15,6	1,5	23,4	12,2	12,2	301	0,095	29 °C
Lampu Pijar 15W	15	0,1	1,5	14,4	2,36	35,1	12,2	12,2	238	0,103	30 °C
Lampu Pijar 25W	15	0,1	1,5	12,6			12,2	12,2	166	0,17	32 °C

Tabel 4.5 Hasil persentase pengujian dengan beban (Modifikasi Mekanik *Bootstrap* : penelitian sebelumnya)

HASIL PENGUJIAN INVERTER											
Beban	DC Supply						VGS		Trafo		Suhu Mosfet
	Gate Driver			MOSFET			Oscilator		Vout AC (V)	Iout AC (A)	
	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)	GD 1 (V)	GD 2 (V)			
Tanpa Beban	100%	40%	40%	95%	78%	79%	20%	20%	100%	100%	96,5%
Lampu Pijar 9W	100%	40%	40%	91%	80%	80%	20%	20%	100%	100%	96,5%
Lampu Pijar 15W	100%	40%	40%	88,50%	84%	85%	20%	20%	100%	100%	96,5%
Lampu Pijar 25W	100%	40%	40%	74,5			20%	20%	100%	82%	96,5%
	100%	40%	40%	87,25%	80%	83,50%	20%	20%	100%	96,5%	96,5%

Pengujian menggunakan beban bertujuan untuk membuktikan kinerja dari rangkaian *bootstrap* sebelumnya [1] dengan *bootstrap* yang sudah dimodifikasi. Hasilnya daya yang dikonsumsi *bootstrap* modifikasi lebih kecil dibandingkan dengan *bootstrap* sebelumnya. *Bootstrap* yang sudah dimodifikasi memiliki disipasi daya yang kecil. Sedangkan *bootstrap* sebelumnya memiliki disipasi daya yang besar. Hal tersebut bisa dibuktikan dari hasil tabel 4.3 dengan tabel 4.4. Tegangan pada *oscilloscope* merupakan tegangan yang terbaca dari *oscilloscope*. Pengujian menggunakan beban tidak hanya untuk membandingkan kinerja dari mekanik *bootstrap*. Dilihat dari tabel 4.3 dan 4.4 tegangan yang terukur pada *bootstrap* tetap sama walaupun dikombinasikan dengan beban yang berbeda. Hal tersebut membuktikan bahwa *bootstrap* akan selalu bekerja secara optimal dan stabil. *Bootstrap* hanya memerintahkan *on* dan *off* pada *gate(G) to source(S)*. Jika MOSFET mengalami kenaikan suhu itu dikarenakan arus yang melewati *drain(D) to source(S)* semakin besar. Semakin besar beban yang terhubung pada rangkaian inverter maka semakin besar arus yang mengalir dari *drain to source*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini berhasil dilakukan modifikasi perbandingan mekanik *bootstrap* dengan frekuensi inputan mencapai 800kHz .
2. Konsumsi arus mekanik *bootstrap* hasil dari modifikasi hanya 40% dibandingkan mekanik *bootstrap* sebelumnya.
3. Rata-rata disipasi daya MOSFET menjadi 83,5% dibandingkan dengan disipasi daya MOSFET pada rangkaian mekanik *bootstrap* sebelumnya.
4. Suhu MOSFET pada rangkaian mekanik *bootstrap* hasil modifikasi 3,5% lebih rendah dari suhu MOSFET pada rangkaian mekanik *bootstrap* sebelumnya.

5.2 Saran

1. Diperlukan kajian pada bagian inverter sebelum dipasang beban sehingga sinyal sinus yang dihasilkan lebih murni / meminimaliskan komponen harmonis.
2. Diperlukan pengujian dengan beban yang lebih besar
3. Perbaikan sistem isolasi catu daya bisa digantikan dengan *isolated power supply* (IC VA2045S) yang tidak lagi memerlukan rangkaian *oscillator* dan *relay* sebagai isolasi catu daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad Fanriadho, “Tugas Akhir Rancang Bangun Mekanik Bootstrap Sebagai *Gate driverr* Pada MOSFET”, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2017.
- [2] Sujanarko Bambang, “Desain Kontrol PWM Pengatur Kecepatan Motor BLDC Untuk Mobil Listrik”, *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, Semarang 16 November, 2013.
- [3] Budi Astuti. “Pengantar Teknik Elektro”, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2011.
- [4] Abdillah Eddy Gatot, “Tugas Akhir Jam Digital”, *Universitas Mercubuana*, Jakarta, 2009.
- [5] TOSHIBA Photocoupler IC TLP250