



UNIVERSITAS INDONESIA

**DISAIN RANGKAIAN *SNUBBER* PADA SISTEM *POWER SWITCHING* MENGGUNAKAN MOSFET**

**SKRIPSI**

**ANANTA TIARA  
0606042260**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**DISAIN RANGKAIAN *SNUBBER* PADA SISTEM *POWER SWITCHING* MENGGUNAKAN MOSFET**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**ANANTA TIARA  
0606042260**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
DESEMBER 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

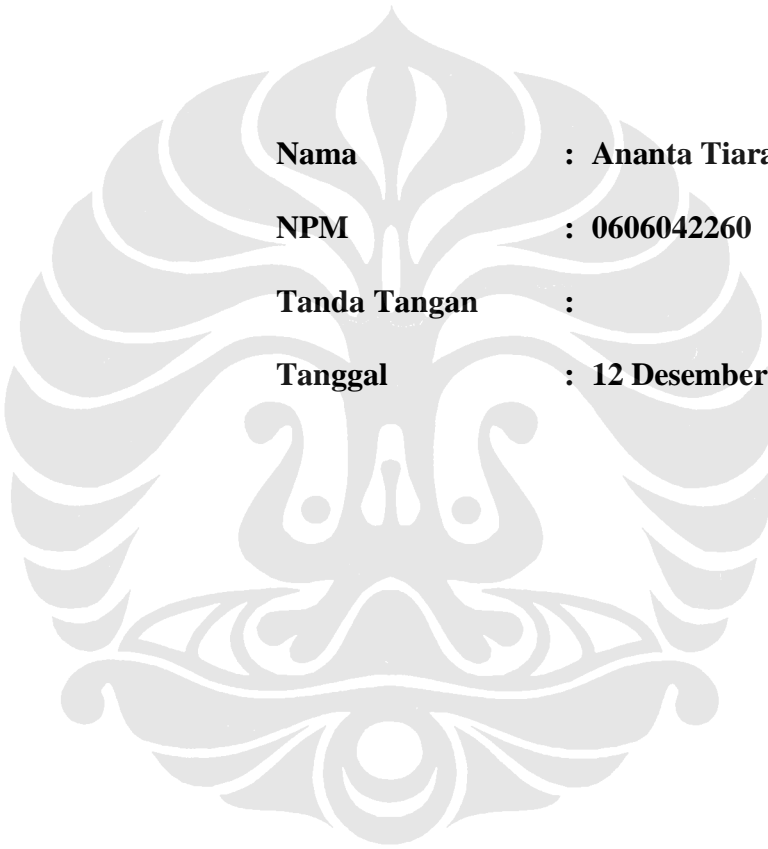
**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Ananta Tiara**

**NPM : 0606042260**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 12 Desember 2008**



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Ananta Tiara  
NPM : 0606042260  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Disain Rangkaian *Snubber* Pada Sistem  
*Power Switching* Menggunakan Mosfet

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Univrsitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng ( )  
Penguji : Dr. Ir. Agus Santoso Tamsir, MT ( )  
Penguji : Aji Nur Widyanto, ST ( )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 19 Desember 2008

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih pada;

- (1) Dr. Ir. Feri Yusivar, M. Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (3) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 12 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ananta Tiara

NPM : 0606042260

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Disain Rangkaian *Snubber* Pada Sistem *Power Switching* Menggunakan Mosfet

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Desember 2008

Yang menyatakan

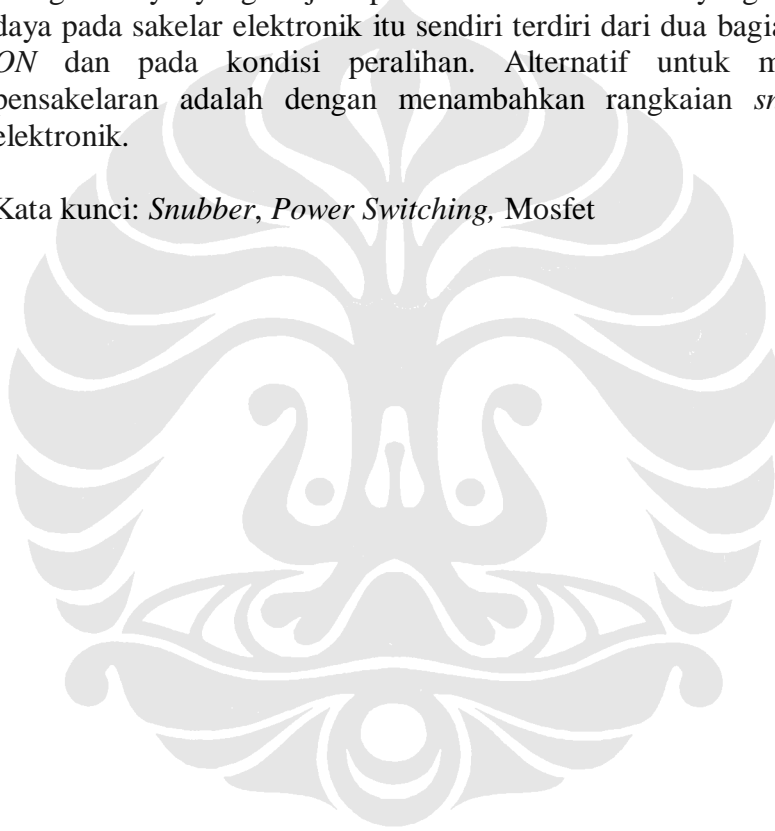
(Ananta Tiara)

## ABSTRAK

Nama : Ananta Tiara  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Disain Rangkaian *Snubber* Pada Sistem *Power Switching*  
Menggunakan Mosfet

Skripsi ini membahas disain rangkaian *snubber* untuk menentukan nilai elemen *snubber* (resistor dan kapasitor) yang akan digunakan pada sistem *power switching* menggunakan mosfet. Dalam merancang rangkaian-rangkaian elektronika daya, salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan adalah masalah kerugian daya yang terjadi pada sakelar elektronik yang digunakan. Kerugian daya pada sakelar elektronik itu sendiri terdiri dari dua bagian yaitu pada kondisi *ON* dan pada kondisi peralihan. Alternatif untuk mengurangi kerugian pensakelaran adalah dengan menambahkan rangkaian *snubber* pada sakelar elektronik.

Kata kunci: *Snubber*, *Power Switching*, Mosfet

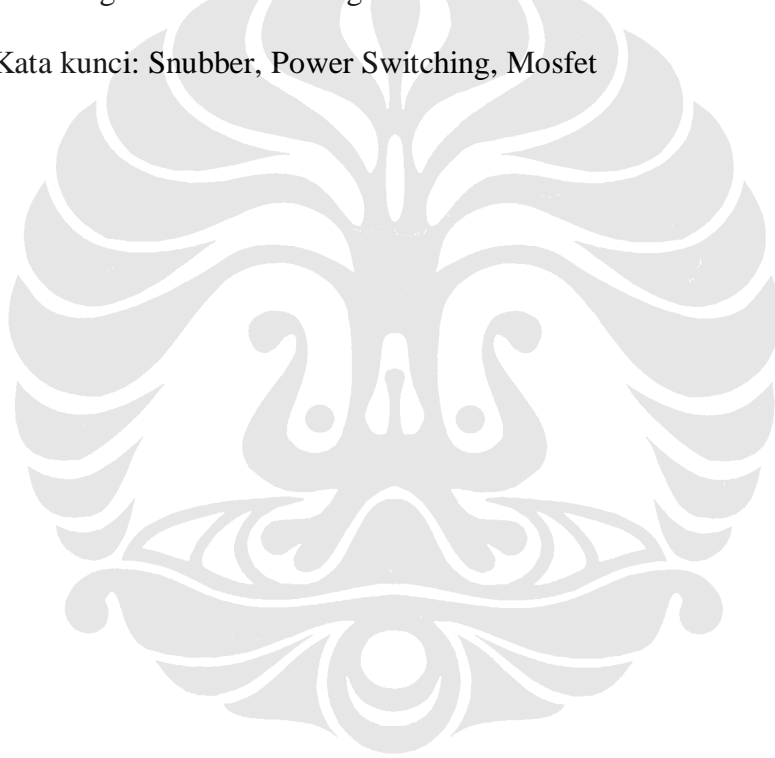


## ABSTRACT

Name : Ananta Tiara  
Study Program: Teknik Elektro  
Title : Design Of Snubber Circuit In Power Switching System  
Using Mosfet

The focus of this study is to design snubber circuit to determine the element value of the snubber (resistor and capacitor) that will use in power switching system using mosfet. In designing power electronic circuits, one of the important factor that need to be concerned is power loss problem that occur on electronic switching that is used. Power loss on electronic switching itself consist of two parts, these are on ON condition and on switching transition. The alternative to reduce switching loss is with adding the snubber circuit on electronic switching.

Kata kunci: Snubber, Power Switching, Mosfet





## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR RUMUS.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>2. LANDASAN TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Sekilas Tentang Pengubahan Daya DC-DC Tipe Peralihan.....	4
2.1.1 Prinsip Dasar Pengubah DC-DC Tipe Peralihan.....	4
2.2 Penggunaan Rangkaian <i>Snubber</i> Pada Sakelar Elektronik.....	7
2.2.1 Rangkaian <i>Snubber</i> Disipasi.....	9
2.2.2 Rangkaian <i>Snubber</i> Pemulih Energi.....	14
2.3 Power Mosfet.....	16
2.3.1 Struktur Dasar.....	16
2.3.2 Perbandingan Umum Antara Kinerja MOSFET Dengan Piranti Elektronika Daya Lainnya.....	17
<b>3. DISAIN RANGKAIAN <i>SNUBBER</i> DAN SIMULASI MENGUNAKAN MULTISIM.....</b>	<b>23</b>
3.1 Prinsip Kerja Sistem.....	23
3.2 Diagram Blok Sistem.....	23
3.2.1 Tegangan Input.....	24
3.2.2 Oscilator.....	24
3.2.3 Beban.....	24
3.2.4 Rangkaian Pengendali Mosfet.....	24
3.3 Rangkaian <i>Snubber</i> .....	24
3.4 Skematik Diagram.....	26
3.5 Simulasi Menggunakan Multisim.....	27

<b>4. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM.....</b>	<b>32</b>
4.1 Hasil Rancang Bangun.....	32
4.2 Pengujian Sistem.....	33
4.3 Analisa Sistem.....	37
<b>5. KESIMPULAN.....</b>	<b>38</b>
DAFTAR REFERENSI.....	39
LAMPIRAN.....	40



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perbandingan tiga piranti penyalaklar daya untuk kemampuan (rating) yang setara.....	18
Tabel 2.2.	Perbandingan karakteristik piranti penyalaklar daya.....	19
Tabel 2.3.	Perbandingan tegangan drop dan rating tegangan antara IGBT dan MOSFET pada kemampuan arus maupun luasan yang sama.....	21
Tabel 3.1.	Daya yang diserap oleh mosfet dan <i>snubber</i> untuk masing-masing besar kapasitansi pada simulasi multisiim.....	31
Tabel 4.1.	Daya yang diserap oleh mosfet dan <i>snubber</i> untuk masing-masing besar kapasitansi.....	36

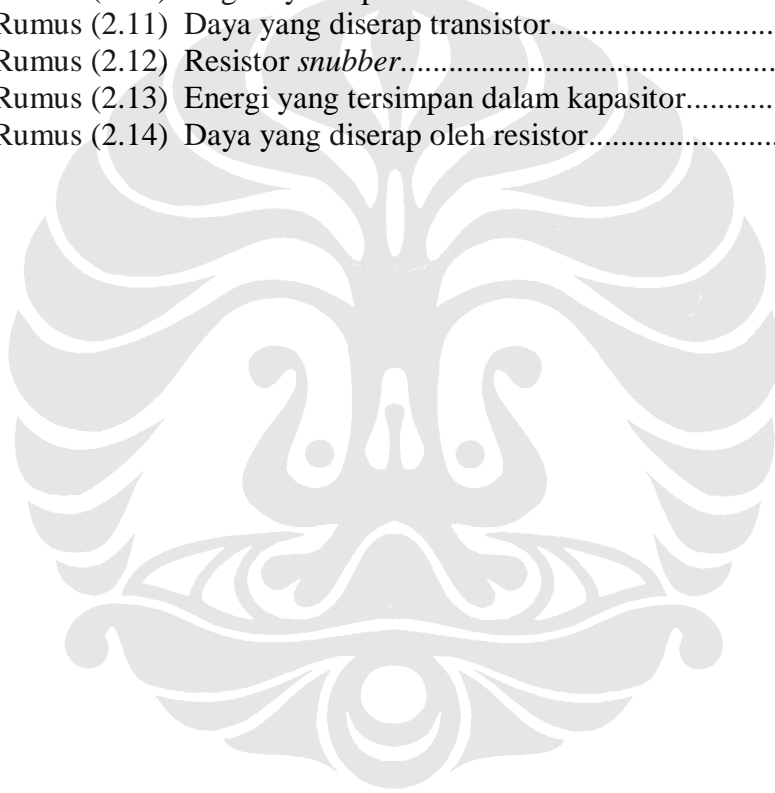


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pengubah Tipe Linier.....	4
Gambar 2.2.	Pengubah tipe peralihan.....	5
Gambar 2.3.	Tegangan keluaran.....	6
Gambar 2.4.	Trayek peralihan tanpa <i>snubber</i> , dengan <i>snubber</i> , dan metoda resonan.....	8
Gambar 2.5.	Rangkaian transistor dengan beban berinduksi.....	9
Gambar 2.6.	Rangkaian <i>snubber</i> guling-off pada transistor.....	11
Gambar 2.7.	Kerugian daya sebagai fungsi dari ukuran kapasitor <i>snubber</i>	14
Gambar 2.8.	Dua contoh <i>snubber</i> pemulih energi.....	15
Gambar 2.9.	Susunan dasar dan simbol: (a) Power MOSFET, (b) IGBT, (c) reduksi gambar b. Simbol IGBT.....	17
Gambar 2.10.	Grafik perbandingan MOSFET dan IGBT untuk luasan <i>die</i>	22
Gambar 3.1.	Diagram blok sistem.....	23
Gambar 3.2.	Skematik diagram.....	26
Gambar 3.3.	PCB layout.....	26
Gambar 3.4.	Skematik Diagram Pengukuran.....	27
Gambar 3.5.	Bentuk gelombang rangkaian <i>snubber</i> dengan nilai kapasitansi 2.2 nF dari data simulasi multisim.....	28
Gambar 3.6.	Bentuk gelombang rangkaian <i>snubber</i> dengan nilai kapasitansi 10 nF dari data simulasi multisim.....	29
Gambar 3.7.	Bentuk gelombang rangkaian <i>snubber</i> dengan nilai kapasitansi 100 nF dari data simulasi multisim.....	29
Gambar 3.8.	Bentuk gelombang rangkaian tanpa <i>snubber</i> dari data simulasi multisim.....	30
Gambar 3.9.	Mosfet, <i>snubber</i> , dan total rugi daya sebagai fungsi dari kapasitansi <i>snubber</i> .....	31
Gambar 4.1.	Perangkat keras sistem.....	32
Gambar 4.2.	Pengukuran rangkaian <i>snubber</i> .....	33
Gambar 4.3.	Bentuk gelombang rangkaian <i>snubber</i> dengan nilai kapasitansi 2,2 nF.....	34
Gambar 4.4.	Bentuk gelombang rangkaian <i>snubber</i> dengan nilai kapasitansi 10 nF.....	35
Gambar 4.5.	Bentuk gelombang rangkaian <i>snubber</i> dengan nilai kapasitansi 100 nF.....	35
Gambar 4.6.	Mosfet, <i>snubber</i> , dan total rugi daya sebagai fungsi kapasitansi <i>snubber</i> .....	36

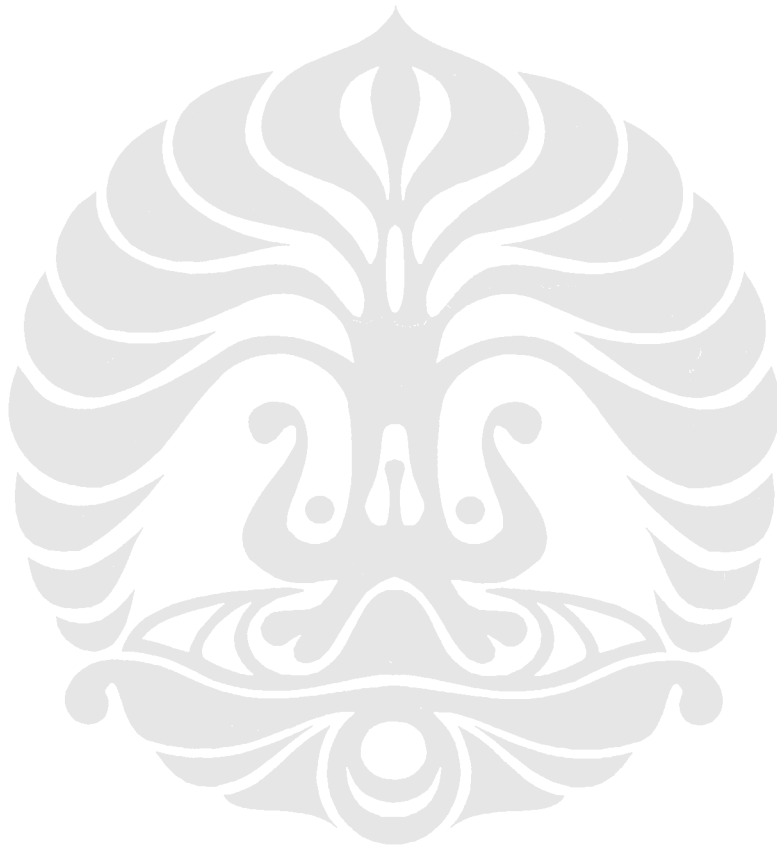
## DAFTAR RUMUS

Rumus (2.1)	Tegangan output.....	5
Rumus (2.2)	Komponen dc dari tegangan keluaran.....	6
Rumus (2.3)	<i>Duty ratio</i> .....	6
Rumus (2.4)	Arus transistor.....	10
Rumus (2.5)	Arus kapasitor <i>snubber</i> .....	11
Rumus (2.6)	Tegangan kapasitor.....	11
Rumus (2.7)	Besar kapasitor.....	11
Rumus (2.8)	Kapasitor <i>snubber</i> .....	11
Rumus (2.9)	Rugi daya.....	12
Rumus (2.10)	Rugi daya tanpa <i>snubber</i> .....	13
Rumus (2.11)	Daya yang diserap transistor.....	13
Rumus (2.12)	Resistor <i>snubber</i> .....	13
Rumus (2.13)	Energi yang tersimpan dalam kapasitor.....	13
Rumus (2.14)	Daya yang diserap oleh resistor.....	13



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Power Supply 0-30 VDC/5A.....	39
Lampiran 2.	Function Generator.....	40
Lampiran 3.	Data Simulasi Menggunakan Multisim.....	41
Lampiran 4.	Data Pengujian Alat.....	46
Lampiran 5.	Data Sheet 2SK2847.....	51



# BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penulisan yang dilakukan, dan sistematika penulisan skripsi ini.

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Pengubah daya DC-DC (*DC-DC Converter*) tipe peralihan atau dikenal juga dengan sebutan *DC Chopper* dimanfaatkan terutama untuk penyediaan tegangan keluaran DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan permintaan pada beban. Daya masukan dari proses DC-DC tersebut adalah berasal dari sumber daya DC yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap.

Dalam merancang rangkaian-rangkaian elektronika daya, salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan adalah masalah kerugian daya yang terjadi pada sakelar elektronik yang digunakan. Kerugian daya pada sakelar elektronik itu sendiri terdiri dari dua bagian yaitu pada kondisi *on* dan pada kondisi peralihan. Pada waktu sakelar elektronik berkondisi *on*, kerugian daya terjadi karena adanya perosotan tegangan pada sakelar elektronik yang tengah menghantarkan arus, sehingga efek dari pengalihan  $V \cdot I$  tidak dapat dihindarkan. Pada kondisi peralihan, kerugian daya yang terjadi pada sakelar elektronik umumnya dikenal dengan istilah kerugian pensakelaran. Kerugian pensakelaran terjadi karena alat pensakelaran tidak dapat mengalami transisi seketika atau selang waktu 0 detik dari satu status ke status lainnya. Misalnya, pada saat pensakelaran dari kondisi *on* ke kondisi *off*, arus yang terhenti pada sakelar elektronik akan terjadi dalam kurun waktu yang relatif cepat, tapi tidak seketika atau 0 detik. Demikian pula halnya dengan kenaikan tegangan pada proses pensakelaran yang sama. Fenomena serupa akan pula terjadi pada saat pensakelaran dari kondisi *off* kembali ke kondisi *on*. Dengan demikian dapatlah dibayangkan betapa seriusnya kerugian daya yang dapat terjadi akibat kerugian pensakelaran tersebut, apalagi dengan melihat cepatnya frekwensi pensakelaran yang umumnya digunakan pada rangkaian-rangkaian elektronika daya.

Alternatif untuk mengurangi kerugian pensakelaran adalah dengan menambahkan rangkaian snubber pada sakelar elektronik. Pada dasarnya, rangkaian snubber dirancang untuk memodifikasi bentuk gelombang peralihan sehingga kerugian daya pun dapat dikurangi. Dengan kata lain, rangkaian snubber dapat menekan kondisi kilasan yang tidak diinginkan. Tanpa penekanan tersebut, tegangan pada saat kondisi kilasan dapat melebihi tegangan sakelar elektronik yang ditarifkan sehingga kerusakan pada sakelar elektronik pun akan sulit dihindari. Manfaat lain dari rangkaian snubber adalah untuk melindungi sakelar elektronik yang harganya relatif lebih mahal dibandingkan dengan harga komponen-komponen yang ada pada rangkaian snubber tersebut.

## 1.2 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai elemen *snubber* (resistor, dan kapasitor) yang akan digunakan pada rangkaian *power switching* menggunakan mosfet.
2. Menganalisa pengaruh rangkaian *snubber* terhadap rangkaian *power switching*.

## 1.3 Perumusan Masalah

Masalah yang dihadapi dalam penyusunan skripsi disain rangkaian *snubber* pada sistem power switching menggunakan mosfet :

- Pemilihan elemen *snubber* pada rangkaian.
- Pengaruh jenis elemen *snubber* terhadap sistem pengalihan daya.

## 1.4 Batasan Masalah

Skripsi ini menitikberatkan pada pemilihan nilai elemen *snubber* yang akan digunakan pada sistem *power switching* dan fungsi rangkaian *snubber* pada rangkaian *power switching*.



## 1.5 Metodologi Penulisan

Metodologi yang digunakan untuk menunjang penulisan skripsi ini yaitu:

a. Metode kepustakaan

Metode ini digunakan untuk menambah referensi teori-teori dasar dan literatur-literatur yang berhubungan dengan skripsi ini.

b. Metode lapangan

Metode ini dilakukan berdasarkan hasil pengujian rangkaian *snubber* pada sistem *power switching*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Mengenai dasar teori yang terdiri dari sekilas tentang perubahan daya dc-dc tipe peralihan, penggunaan rangkaian *snubber* pada sakelar elektronik, dan power mosfet.

Bab III Disain Rangkaian *Snubber* Dan Simulasi Menggunakan Multisim

Bab ini tentang prinsip kerja sistem, diagram blok sistem, rangkaian *snubber*, skematik diagram, dan simulasi menggunakan multisim.

Bab IV Pengujian Dan Analisa Sistem

Berisikan hasil rancang bangun, pengujian sistem, dan analisa sistem.

Bab V Kesimpulan

Berisikan kesimpulan tentang disain rangkaian pada sistem *power switching*.

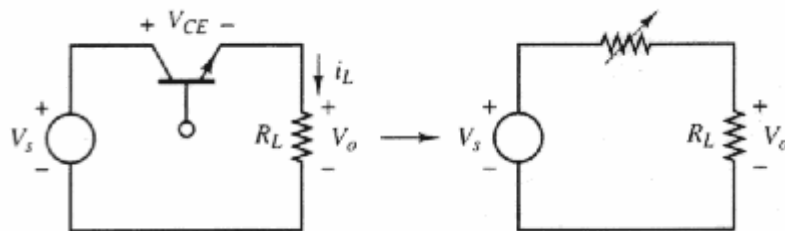
## BAB 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Sekilas Tentang Pengubahan Daya DC-DC Tipe Peralihan

Pengubah daya DC-DC (*DC-DC Converter*) tipe peralihan atau dikenal juga dengan sebutan *DC Chopper* dimanfaatkan terutama untuk penyediaan tegangan keluaran DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan permintaan pada beban. Daya masukan dari proses DC-DC tersebut adalah berasal dari sumber daya DC yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap. Pada dasarnya, penghasilan tegangan keluaran DC yang ingin dicapai adalah dengan cara pengaturan lamanya waktu penghubungan antara sisi keluaran dan sisi masukan pada rangkaian yang sama. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut tidak lain adalah *switch (solid state electronic switch)* seperti misalnya Thyristor, MOSFET, IGBT, GTO. Secara umum ada dua fungsi pengoperasian dari *DC Chopper* yaitu penaikan tegangan dimana tegangan keluaran yang dihasilkan lebih tinggi dari tegangan masukan, dan penurunan tegangan dimana tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan.

#### 2.1.1. Prinsip Dasar Pengubah DC-DC Tipe Peralihan

Untuk lebih memahami keuntungan dari tipe peralihan, kita lihat kembali prinsip pengubahan daya DC-DC tipe linier seperti terlihat pada gambar 2.1.



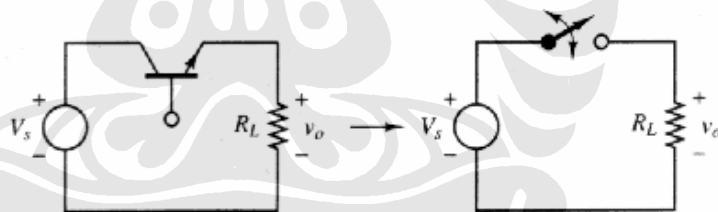
Gambar 2.1. Pengubah tipe linier

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 25, Tahun V, April 1999.

Pada tipe linier, pengaturan tegangan keluaran dicapai dengan menyesuaikan arus pada beban yang besarnya tergantung dari besar arus pada *base*-nya transistor:

$$V_o = I_L \cdot R_L \quad (2.1)$$

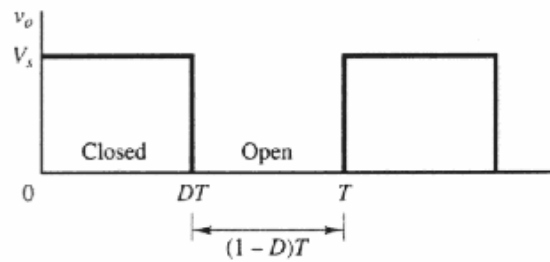
Dengan demikian pada tipe linier, fungsi transistor menyerupai tahanan yang dapat diubah ubah besarnya seperti yang juga terlihat dalam gambar 2.1. Lebih jauh lagi, transistor yang digunakan hanya dapat dioperasikan pada batasan liniernya (*linear region*) dan tidak melebihi batasan *cutoff* dan selebihnya (*saturation region*). Maka dari itu tipe ini dikenal dengan tipe linier. Walau tipe linier merupakan cara termudah untuk mencapai tegangan keluaran yang bervariasi, namun kurang diminati pada aplikasi daya karena tingginya daya yang hilang (*power loss*) pada transistor ( $V_{CE} \cdot I_L$ ) sehingga berakibat rendahnya efisiensi. Sebagai alternatif, maka muncul tipe peralihan yang pada prinsipnya dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pengubah tipe peralihan

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 25, Tahun V, April 1999.

Pada tipe peralihan, terlihat fungsi transistor sebagai *electronic switch* yang dapat dibuka (*off*) dan ditutup (*on*). Dengan asumsi bahwa switch tersebut ideal, jika switch ditutup maka tegangan keluaran akan sama dengan tegangan masukan, sedangkan jika switch dibuka maka tegangan keluaran akan menjadi nol. Dengan demikian tegangan keluaran yang dihasilkan akan berbentuk pulsa seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tegangan keluaran

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 25, Tahun V, April 1999.

Besaran rata rata atau komponen DC dari tegangan keluaran dapat diturunkan dari persamaan berikut:

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^T V_o(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} V_{in} dt = V_{in} D \quad (2.2)$$

Dari persamaan diatas terlihat bahwa tegangan keluaran DC dapat diatur besarnya dengan menyesuaikan parameter D. Parameter D dikenal sebagai *Duty ratio* yaitu rasio antara lamanya waktu switch ditutup ( $t_{on}$ ) dengan perioda T dari pulsa tegangan keluaran, atau (lihat gambar 2.3):

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} = t_{on} f \quad (2.3)$$

Parameter f adalah frekuensi peralihan (*switching frequency*) yang digunakan dalam mengoperasikan switch. Berbeda dengan tipe linier, pada tipe peralihan tidak ada daya yang diserap pada transistor sebagai *switch*. Ini dimungkinkan karena pada waktu switch ditutup tidak ada tegangan yang jatuh pada transistor, sedangkan pada waktu switch dibuka, tidak ada arus listrik mengalir. Ini berarti semua daya terserap pada beban, sehingga efisiensi daya menjadi 100%. Namun perlu diingat pada prakteknya, tidak ada switch yang ideal, sehingga akan tetap ada daya yang hilang sekecil apapun pada komponen *switch* dan efisiensinya walaupun sangat tinggi, tidak akan pernah mencapai 100%.

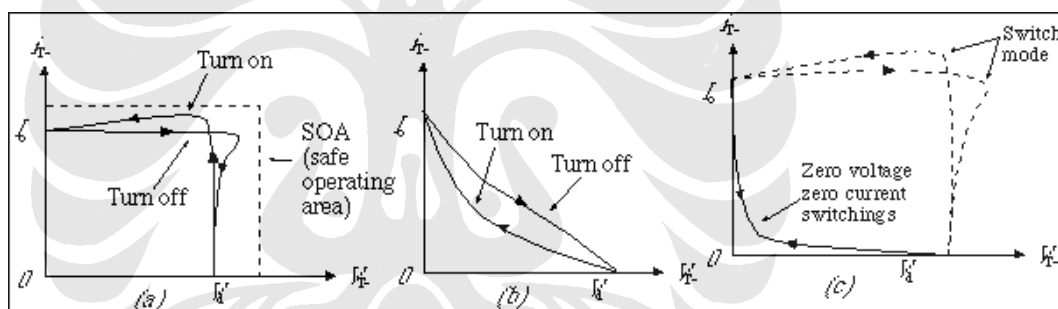
## 2.2 Penggunaan Rangkaian *Snubber* Pada Sakelar Elektronik

Dalam merancang rangkaian-rangkaian elektronika daya, salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan adalah masalah kerugian daya yang terjadi pada sakelar elektronik yang digunakan. Kerugian daya pada sakelar elektronik itu sendiri terdiri dari dua bagian yaitu pada kondisi *on* dan pada kondisi peralihan. Pada waktu sakelar elektronik berkondisi *on*, kerugian daya terjadi karena adanya perosotan tegangan pada sakelar elektronik yang tengah menghantarkan arus, sehingga efek dari pengalihan  $V \cdot I$  tidak dapat dihindarkan. Pada kondisi peralihan, kerugian daya yang terjadi pada sakelar elektronik umumnya dikenal dengan istilah kerugian pensakelaran. Kerugian pensakelaran terjadi karena alat pensakelaran tidak dapat mengalami transisi seketika atau selang waktu 0 detik dari satu status ke status lainnya. Misalnya, pada saat pensakelaran dari kondisi *on* ke kondisi *off*, arus yang terhenti pada sakelar elektronik akan terjadi dalam kurun waktu yang relatif cepat, tapi tidak seketika atau 0 detik. Demikian pula halnya dengan kenaikan tegangan pada proses pensakelaran yang sama. Fenomena serupa akan pula terjadi pada saat pensakelaran dari kondisi *off* kembali ke kondisi *on*. Dengan demikian dapatlah dibayangkan betapa seriusnya kerugian daya yang dapat terjadi akibat kerugian pensakelaran tersebut, apalagi dengan melihat cepatnya frekwensi pensakelaran yang umumnya digunakan pada rangkaian-rangkaian elektronika daya. Tidaklah mengherankan pula jika pada rangkaian elektronika daya, kerugian daya dapat menjadi lebih besar pada kondisi peralihan dibandingkan dengan kerugian daya pada kondisi *on*.

Kerugian pensakelaran dapat ditekan dengan cara mengimplementasikan topologi rangkaian pengubah resonan. Dalam metoda resonan ini, pensakelaran pada rangkaian pengubah memanfaatkan tegangan atau arus nol yang terjadi karena osilasi alami, sehingga kerugian daya akibat  $V \cdot I$  idealnya menjadi nol pula.

Alternatif lain untuk mengurangi kerugian pensakelaran adalah dengan menambahkan rangkaian *snubber* pada sakelar elektronik. Pada dasarnya, rangkaian *snubber* dirancang untuk memodifikasi bentuk gelombang peralihan sehingga kerugian daya pun dapat dikurangi. Dengan kata lain, rangkaian *snubber* dapat menekan kondisi kilasan yang tidak diinginkan. Tanpa penekanan tersebut,

tegangan pada saat kondisi kilasan dapat melebihi tegangan sakelar elektronik yang ditarifkan sehingga kerusakan pada sakelar elektronik pun akan sulit dihindari. Manfaat lain dari rangkaian *snubber* adalah untuk melindungi sakelar elektronik yang harganya relatif lebih mahal dibandingkan dengan harga komponen-komponen yang ada pada rangkaian *snubber* tersebut. Caranya adalah dengan mematikan guncangan atau osilasi yang berasal dari induktansi dan kapasitansi yang bersifat parasit pada rangkaian sakelar. Hal ini sangat penting karena osilasi akan membawa dampak yang negatif seperti terjadinya interferensi elektromagnet. Pada gambar 2.4 dapat dilihat perbedaan antara trayek peralihan dari sakelar elektronik pada pengubah *half-bridge* tanpa *snubber*, dengan *snubber*, dan dengan menerapkan metoda resonan.



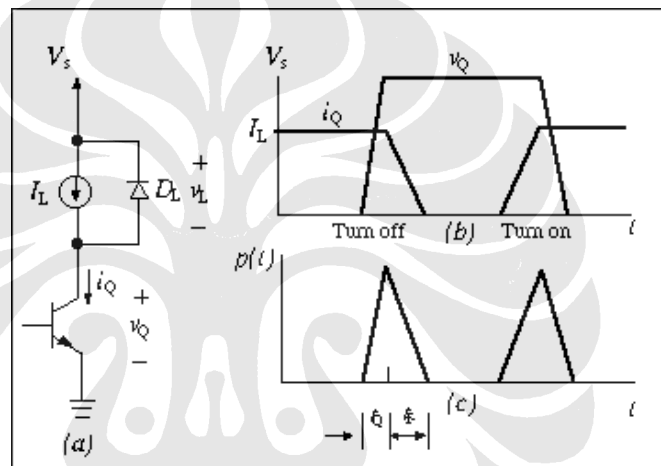
Gambar 2.4. Trayek peralihan tanpa *snubber*, dengan *snubber*, dan metoda resonan

Sumber: Power Electronics: Converters, Applications, and Design, John Wiley & Sons, 1995.

Kinerja *snubber* pada dasarnya adalah dengan cara memindahkan energi yang seharusnya diserap oleh sakelar elektronik ke rangkaian *snubber*. Pada umumnya ada dua jenis rangkaian *snubber*, yaitu rangkaian *snubber* disipasi dan rangkaian *snubber non-dissipasi* atau juga yang dikenal dengan istilah rangkaian *snubber* pemulih energi.

### 2.2.1 Rangkaian *Snubber* Disipasi

Pada jenis ini, perpindahan energi terjadi dari sakelar elektronik ke komponen resistor di rangkaian *snubber*. Ditinjau dari fungsinya ada dua macam *snubber* disipasi: untuk guling-*on* (*turn on*) dan guling-*off* (*turn off*). Sebagai contoh, gambar 2.5 menunjukkan model rangkaian transistor dengan beban berinduksi beserta bentuk gelombang pada saat pensakelaran dan daya sesaat pada transistor.



Gambar 2.5. Rangkaian transistor dengan beban berinduksi

Sumber: Introduction to Power Electronics, Prentice Hall, 1991.

Dari gambar 2.5c dapat ditarik kesimpulan bahwa kerugian energi akibat kerugian daya adalah proporsional dengan trayek dari daya sesaat  $p(t) = v_Q(t) * i_Q(t)$ . Disamping itu pula kerugian daya sangat bergantung pada frekwensi pensakelaran. Semakin tinggi frekwensi pensakelaran, semakin bertambah kerugian daya yang terjadi. Dengan rangkaian *snubber*, bentuk gelombang dari  $v_Q(t)$  dan  $i_Q(t)$  dapat diubah sehingga trayek bentuk gelombang  $p(t) = v_Q(t) * i_Q(t)$  pun termodifikasi sesuai dengan yang diinginkan. Salah satu rangkaian *snubber* guling-*off* untuk transistor dapat dilihat pada gambar 2.6.

Disebut rangkaian *snubber* guling-off karena rangkaian tersebut menyediakan jalan lain untuk arus beban ketika guling-off. Pada saat transistor berguling ke posisi *off*, tegangannya menanjak dan diode *snubber*  $D_s$  mengalami panjaran maju (*forward biased*) dan kapasitor  $C$  mulai dimuati. Perlu diingat bahwa pada kondisi ini, tegangan kapasitor sama dengan tegangan pada transistor karena keduanya pada posisi paralel. Akibatnya, laju ubahan dari tegangan pada transistor pun menjadi berkurang karena pemuatan kapasitor tersebut. Kapasitor termuati sampai tegangan transistor mencapai kondisi *off* akhir dan terus termuati sampai transistor di *on*-kan kembali. Pada saat penggulingan-*on* inilah kapasitor membuang muatan melalui resistor *snubber*  $R$  dimana disipasi energi terjadi. Oleh karena itu *snubber* ini masuk dalam jenis *snubber* disipasi. Ukuran dari kapasitor menentukan laju ubahan tegangan transistor ketika penggulingan-off. Semakin besar ukuran kapasitor semakin lambat laju ubahan sehingga semakin berkurang kerugian daya yang terjadi. Namun ini bukan berarti ukuran kapasitor dapat terus diperbesar untuk semakin meminimalkan kerugian daya. Seperti terlihat pada gambar 2.6b, 2.6c, 2.6d perlambatan laju ubahan tegangan oleh kapasitor ini sayangnya juga mengakibatkan adanya pembatasan penggunaan frekwensi pensakelaran, padahal pada umumnya penggunaan frekwensi tinggi sering diinginkan pada rangkaian elektronika daya.

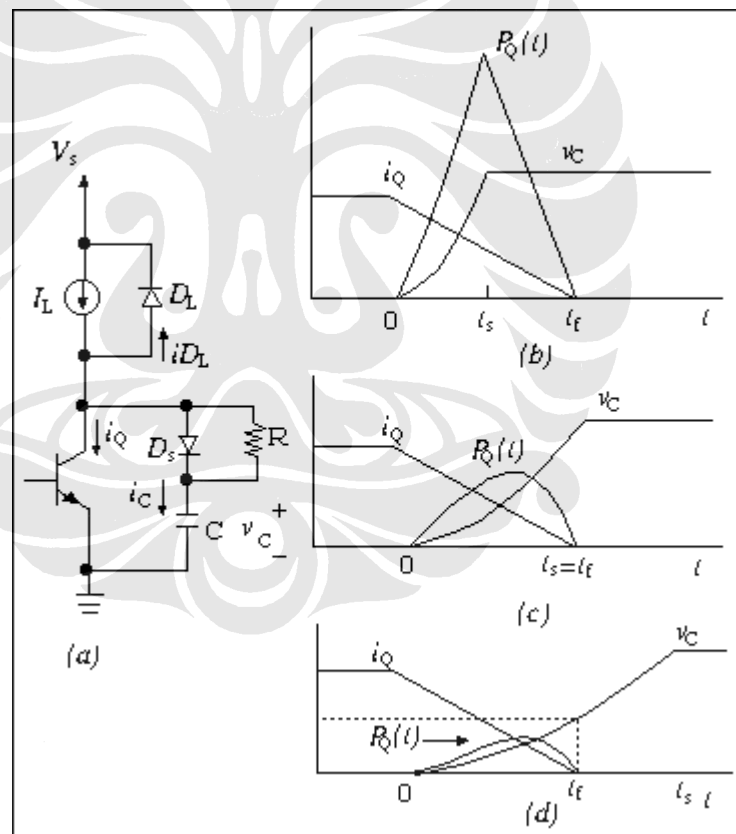
Besarnya kapasitor *snubber* menentukan tingkat tegangan yang meningkat pada sakelar elektronik pada saat guling-off. Transistor membawa arus beban sebelum guling-off, dan selama guling-off arus transistor menurun secara linear hingga mencapai nol. Beban dioda tetap aktif hingga kapasitor tegangan mencapai  $V_s$ . Kapasitor *snubber* membawa arus beban sampai beban dioda dinyalakan. Arus transistor dan arus kapasitor *snubber* selama guling-off dinyatakan sebagai

$$\begin{aligned}
 i_Q(t) &= I_L \left( 1 - \frac{t}{t_f} \right) && \text{untuk } 0 \leq t < t_f \\
 i_Q(t) &= 0 && \text{untuk } t \geq t_f \\
 i_C(t) &= I_L - i_Q(t) = \frac{I_L}{t_f} && \text{untuk } 0 \leq t < t_f \\
 i_C(t) &= I_L && \text{untuk } t_f \leq t < t_x
 \end{aligned} \tag{2.4}$$



$$i_c(t) = 0 \quad \text{untuk } t \geq t_x \quad (2.5)$$

dimana  $t_x$  adalah waktu saat tegangan kapasitor mencapai nilai akhir yang ditentukan oleh sumber tegangan dari rangkaian. Gambar 2.6b sampai 2.6d menunjukkan tegangan kapasitor dan transistor untuk nilai kapasitor yang berbeda. Sebagian kecil hasil kapasitor *snubber* menghasilkan tegangan mencapai  $V_s$  sebelum arus transistor mencapai nol, sedangkan kapasitansi yang lebih besar menghasilkan waktu yang lebih lama untuk tegangan mencapai  $V_s$ . Perlu diperhatikan bahwa energi diserap oleh transistor (daerah di bawah kurva daya seketika) selama *switching* menurun dan kapasitansi *snubber* meningkat.



Gambar 2.6. Rangkaian *snubber* guling-off pada transistor

Sumber: Introduction to Power Electronics, Prentice Hall, 1991.

Kapasitor yang dipilih adalah berdasarkan tegangan yang dikehendaki saat arus transistor mencapai nol. Tegangan kapasitor pada gambar 2.6d dinyatakan sebagai

$$V_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{I_L t}{t_f} dt = \frac{I_L t^2}{2C t_f} \quad \text{untuk } 0 \leq t \leq t_f$$

$$V_c(t) = \frac{1}{C} \int_{t_f}^t I_L dt + V_c(t_f) = \frac{I_L}{C} (t - t_f) + \frac{I_L t_f}{2C} \quad \text{untuk } t_f \leq t < t_x$$

$$V_c(t) = V_s \quad \text{untuk } t \geq t_x \quad (2.6)$$

Jika arus sakelar mencapai nol sebelum kapasitor sepenuhnya penuh, tegangan kapasitor ditentukan dari bagian pertama persamaan 2.6  $V_c(t_f) = v_f$ ,

$$V_f = \frac{I_L (t_f)^2}{2C t_f} = \frac{I_L t_f}{2C}$$

Penyelesaian untuk C,

$$C = \frac{I_L t_f}{2V_f} \quad (2.7)$$

$V_f$  adalah tegangan kapasitor yang dikehendaki saat arus transistor mencapai nol ( $V_f \leq V_s$ ). Kapasitor yang dipilih terkadang seperti tegangan sakelar mencapai nilai akhir pada saat yang sama arus mencapai nol.

$$C = \frac{I_L t_f}{2V_s} \quad (2.8)$$

Dimana  $V_s$  adalah tegangan akhir ketika sakelar terbuka. Perlu diperhatikan bahwa tegangan akhir di seluruh transistor mungkin berbeda dari tegangan dc pasokan di beberapa topologi.

Daya yang diserap oleh transistor berkurang oleh rangkaian *snubber*. Daya yang diserap oleh transistor sebelum rangkaian *snubber* ditambahkan ditentukan dari gambar gelombang pada gambar 2.5c. Rugi daya saat *guling-off* ditentukan dari persamaan

$$P_Q = \frac{1}{T} \int_0^T P_Q(t) dt \quad (2.9)$$

Integral sebelumnya dievaluasi dengan menentukan daerah di bawah segitiga untuk rugi daya *guling-off*, menghasilkan persamaan rugi daya tanpa *snubber*.

$$P_Q = \frac{1}{2} I_L V_s (t_s + t_f) f \quad (2.10)$$

Dimana  $(t_s + t_f)$  adalah waktu *switching* guling *off* dan frekuensi  $f = 1/T$ .

Daya yang diserap oleh transistor selama guling *off* setelah *snubber* ditambahkan ditentukan dengan persamaan

$$P_Q = \frac{1}{T} \int_0^T V_Q i_Q dt = f \int_0^{t_f} \left( \frac{I_L t^2}{2C t_f} \right) I_L \left( 1 - \frac{t}{t_f} \right) dt = \frac{-I_L^2 t_f^2 f}{24C} \quad (2.11)$$

Persamaan sebelumnya berlaku dalam kasus ketika  $t_f \leq t_x$ , seperti pada Gambar 2.6c dan 2.6d.

Resistor yang dipilih seperti kapasitor yang dibuang muatan sebelum waktu berikutnya transistor guling-*off*. Waktu interval dari tiga sampai lima kali nilai konstan diperlukan untuk kapasitor tuntas. Dengan asumsi lima kali konstan untuk menyelesaikan buang muatan, waktu nyala untuk transistor adalah

$$t_{on} > 5RC$$

atau

$$R < \frac{t_{on}}{5C} \quad (2.12)$$

Kapasitor membuang muatan melalui resistor dan transistor saat transistor *on*. Energi yang tersimpan di dalam kapasitor adalah

$$W = \frac{1}{2} C V_s^2 f \quad (2.13)$$

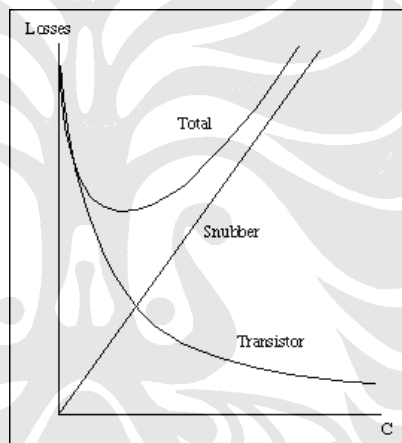
Sebagian besar energi ini ditransfer ke resistor selama transistor *on*. Daya yang diserap oleh resistor adalah energi dibagi dengan waktu, dengan persamaan waktu yang sama dengan periode *switching*

$$P_R = \frac{\frac{1}{2} C V_s^2}{T} = \frac{1}{2} C V_s^2 f \quad (2.14)$$

Parameter  $P_R$  inilah yang menunjukkan besarnya daya yang dipindahkan dari transistor ke rangkaian *snubber*. Beberapa hal penting yang dapat disimpulkan dari persamaan  $P_R$  diatas adalah pertama, semakin besar ukuran kapasitor *snubber* semakin kecil kerugian daya pada transistor, namun akan semakin besar daya yang diserap oleh resistor  $R$ . Kedua, yang sangat menarik

adalah bahwa daya pada resistor *snubber* tidak bergantung pada ukuran resistor *snubber* itu sendiri. Ketiga, daya yang diserap oleh resistor *snubber* berbanding lurus dengan besarnya frekwensi pensakelaran yang dipakai.

Gambar 2.7 menunjukkan bahwa penggunaan rangkaian *snubber* sebenarnya tidaklah berpengaruh besar pada kerugian daya secara keseluruhan (*total loss*) pada rangkaian transistor atau pada rangkaian sakelar elektronik lainnya [2]. Ini disebabkan karena memang fungsi utama rangkaian *snubber* yang hanya mengalihkan (bukan menghilangkan) penyerapan daya dari transistor atau sakelar elektronik lainnya ke rangkaian *snubber*.



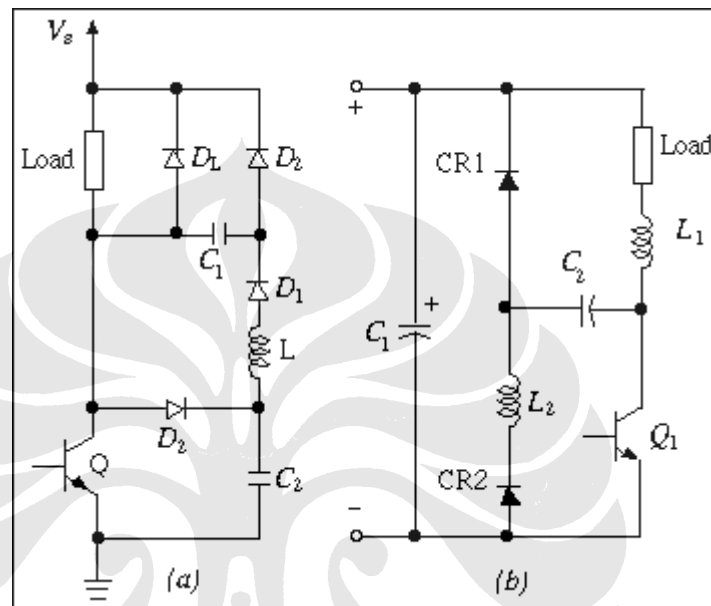
Gambar 2.7. Kerugian daya sebagai fungsi dari ukuran kapasitor *snubber*

Sumber: Introduction to Power Electronics, Prentice Hall, 1991.

### 2.2.2 Rangkaian *Snubber* Pemulih Energi

Disipasi daya pada rangkaian *snubber* akan dapat dihindari jika energi yang disimpan dalam rangkaian *snubber* dapat dipindahkan kembali ke sumber daya atau ke beban. Hal ini dapat tercapai apabila resistor *snubber* diganti dengan komponen bereaksi (*reactive components*). Rangkaian *snubber* seperti ini akan menjadi lebih rumit dalam rancangannya namun memiliki keuntungan dalam hal peningkatan efisiensi daya. gambar 2.8 menunjukkan dua contoh dari rangkaian

*snubber* pemulih energi. Pada gambar 2.8a,  $D_s$  dan  $C_s$  berfungsi sebagai *snubber* pada guling-*off*, dimana  $C_s$  dimuati sampai tegangannya mencapai  $V_s$  dan juga memperlambat laju ubahan tegangan pada transistor.



Gambar 2.8. Dua contoh *snubber* pemulih energi

Sumber: Introduction to Power Electronics, Prentice Hall, 1991.

Pada guling-*on*, terbentuk jalur arus melalui  $Q$ ,  $C_s$ ,  $L$ ,  $D_1$  dan  $C_1$ . Muatan yang sebelumnya terkandung dalam kapasitor  $C_s$  kemudian dipindahkan ke  $C_1$ . Pada guling-*off* berikutnya, kapasitor  $C_1$  membuang muatan melalui dioda  $D_2$  sampai akhirnya ke beban. Pada saat yang sama, kapasitor  $C_s$  dimuati kembali. Pendeknya, energi yang disimpan di kapasitor  $C_s$  selama kondisi *off* kemudian disalurkan ke  $C_1$  untuk akhirnya dikirim ke beban sehingga tidak ada energi yang terdisipasi.

### 2.3 Power Mosfet

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) merupakan piranti atau komponen aktif pokok yang kini banyak digunakan dalam bidang Elektronika Daya; yakni UPS (*Uninterruptible Power Supply*), dan sistem pengendali daya/motor-motor besar di bidang industri.

Sebelum adanya kemajuan kinerja *Power MOSFET*, gelanggang penyalaklar daya dulunya memang didominasi oleh BJT (*Bipolar Junction Transistor*), dan SCR yang sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. Para perancang di berbagai laboratorium pembuatan piranti semikonduktor selalu berusaha menemukan piranti penyalaklar (*switching device*) yang memiliki kemampuan lebih baik. Beberapa waktu kemudian, barulah dikembangkan MOSFET.

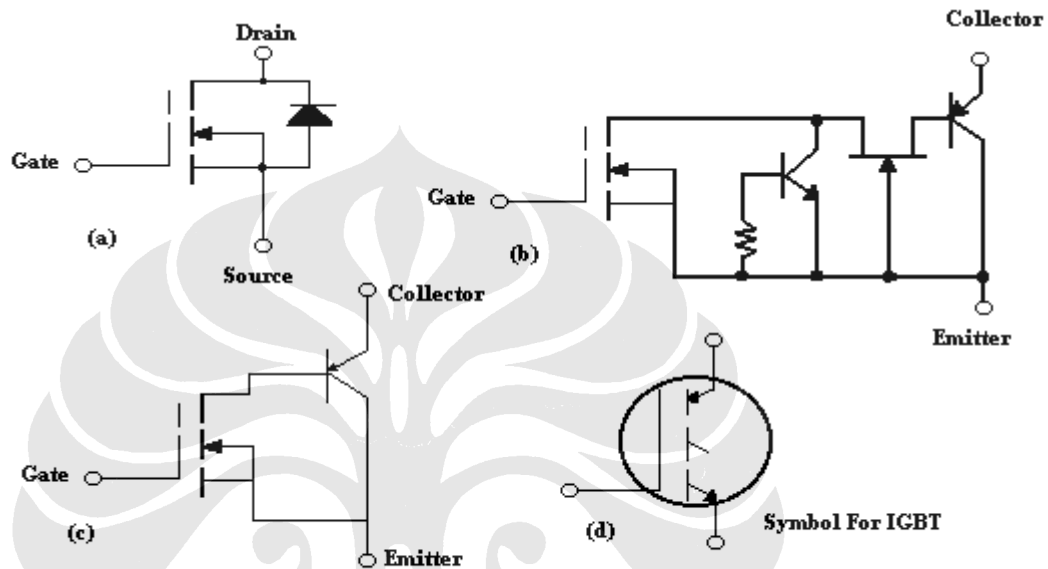
Kini pabrik-pabrik semikonduktor terus mengembangkan piranti tersebut di atas menuju peningkatan dalam hal mempertinggi tegangan dadal (*breakdown voltage*), memperbesar kemampuan arusnya, dan memperkecil rugi penyalaklaran atau peralihannya .

#### 2.3.1 Struktur Dasar

Dalam pembuatannya, MOSFET menempuh langkah-langkah pemrosesan seperti dinyatakan pada gambar 2.9a. Transistor bipolar PNP dan NPN dalam gambar 2.9 membentuk sebuah SCR. Jika penguatan dari keduanya tersebut cukup tinggi, maka SCR akan dapat terkunci. Resistansi basis R berfungsi mencegah pengguliran dari kondisi saat menyambung (*on*). Secara prinsip, rangkaiannya dapat disetarakan dan direduksi sehingga menjadi seperti terlihat pada gambar 2.9c Struktur yang demikian ini dapat menawarkan impedansi masukan yang tinggi, yang merupakan ciri dari sebuah *power MOSFET*.

Pada hakekatnya, MOSFET konvensional dibangun melalui proses DMOS (*double diffused MOS*), yang menggunakan teknik, yakni; suatu lapisan silikon epitaksi tebal yang dibangun di atas substrat silikon yang besar dan beresistansi tinggi. Namun demikian, pada tegangan dalam orde 1200 volt, ketebalan lapisan epitaksi serta resistansi kondisi menyambung pada piranti tersebut menjadi terlalu besar untuk tegangan yang setinggi itu. Dampaknya, harga piranti tersebut

menjadi terlalu mahal. Kinerja yang jelek dan biaya yang lebih tinggi mendorong pabrik semikonduktor tertarik untuk mencoba usaha lain, misalnya saja, menghubungkan MOSFET dalam moda seri-paralel dan lain-lain.



Gambar 2.9. Susunan dasar dan simbol: (a) Power MOSFET, (b) IGBT, (c) reduksi gambar b. Simbol IGBT

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 27, Tahun VI, Agustus 1999.

### 2.3.2 Perbandingan Umum Antara Kinerja MOSFET Dengan Piranti Elektronika Daya Lainnya

Perbandingan kinerja penyakelaran MOSFET dengan piranti elektronika daya lainnya seperti IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) dan transistor bipolar secara singkat dinyatakan dalam tabel 2.1 Untuk tujuan komparasi. Besaran tegangan kolektor-emitor dalam kondisi menyambung atau jenuh ( $V_{CEsat}$ ) yang biasa digunakan untuk menggambarkan karakter suatu IGBT, dalam tabel 2.1 tersebut ditranslasikan ke dalam besaran resistansi kolektor-emitor dalam kondisi menyambung ( $R_{on}$ ).

Universitas Indonesia

Tabel 2.1. Perbandingan tiga piranti penyalak daya untuk kemampuan (rating) yang setara

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Kemampuan arus (A)	20	20	20
Kemampuan tegangan (V)	500	600	500
$R_{on}$ (ohm) Pada 25° C	0,2	0,24	0,18
$R_{on}$ (ohm) Pada 150° C	0,6	0,23	0,24
Waktu turun (nanodetik)	40	200	200

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 27, Tahun VI, Agustus 1999.

Dua fakta yang bersumber pada tabel 2.1 tersebut adalah bahwa; pertama, transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gulir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur, dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi.

Tabel 2.2 menyatakan perbandingan yang lebih umum mengenai karakteristik penyalakannya. Disebabkan oleh struktur masukan gate-nya, MOSFET dan IGBT merupakan piranti elektronik yang dikendalikan oleh tegangan, dengan kebutuhan akan daya pengemudi yang relatif kecil saja. Sementara itu, pada transistor bipolar yang sifatnya dikendalikan oleh arus (arus keluaran dibagi oleh  $h_{FE}$ ), ia memerlukan pengemudi dengan daya yang relatif lebih besar.



Tabel 2.2. Perbandingan karakteristik piranti penyalaklar daya

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Tipe pengemudi	Tegangan	Tegangan	Arus
Daya pengemudi	Minimum	Minimum	Besar
Tingkat kerumitan pengemudi	Sederhana	Sederhana	Cukupan atau sedang
Kemampuan arus pada nilai tegangan drop di ujung-ujung terminal piranti	Tinggi pada teg. rendah; rendah pada teg. Tinggi	Sangat tinggi (terpengaruh oleh kecepatan penyalaklaran)	Cukupan (sangat terpengaruh oleh kecepatan penyalaklaran)
Rugi penyalaklaran	Sangat rendah	Rendah sampai sedang (dipengaruhi oleh rugi konduksi)	Sedang sampai tinggi (dipengaruhi oleh rugi konduksi)

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 27, Tahun VI, Agustus 1999.

Dalam hal kapasitas masukan, untuk MOSFET dan IGBT, bergantung pada ratingnya (kemampuan arusnya). Kapasitas ini dapat menjadi demikian besar, sehingga rangkaian pengemudinya dituntut memiliki kemampuan untuk mengisi dan membuang dengan cepat muatan kapasitas yang besar ini.

IGBT tampaknya memang menawarkan rating kemampuan arus yang lebih baik. Namun demikian, kekurangan dan kelebihan masing-masing piranti yang tercantum pada tabel 2.2 tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih salah satu di antara ketiganya.

Untuk mempertahankan nilai resistansi yang tetap rendah, pembuat IGBT membuat kemampuan arus yang lebih rendah untuk tipe yang lebih cepat. Sebagai contoh, Perusahaan *International Rectifier* (IR) di pasaran menawarkan tiga tipe

IGBT; yakni tipe standar, cepat dan *ultra* cepat. IR mendeskripsikan kemampuan arus dengan perbandingan terbalik terhadap kecepatan penyakelarnya. Sementara itu  $V_{CE}$  saturasinya naik berturut-turut untuk masing-masing tipe tersebut menjadi; 1,3 1,5, dan 1,9 volt.

Parameter terakhir dalam tabel 2.2 tersebut adalah rugi penyakelaran (*switching losses*), yang mencerminkan kecepatan penyakelaran dari ketiga piranti elektronik tersebut. Untuk MOSFET, baik transisi saat menyambung (*turn-on*) dan memutus (*turn-off*) sangat cepat. Sedang untuk IGBT, kita dihadapkan pada kenyataan bahwa ada perimbangan dalam hal kecepatan penyakelaran versus kemampuan arus; jenis yang lebih cepat akan mengalami rugi konduksi yang lebih tinggi.

Waktu penyakelaran pada IGBT sebagian besar didominasi oleh waktu saat menyambung, sehingga secara garis besar membatasi penggunaannya dalam sistem yang beroperasi pada laju penyakelaran yang lebih rendah daripada 100 kHz.

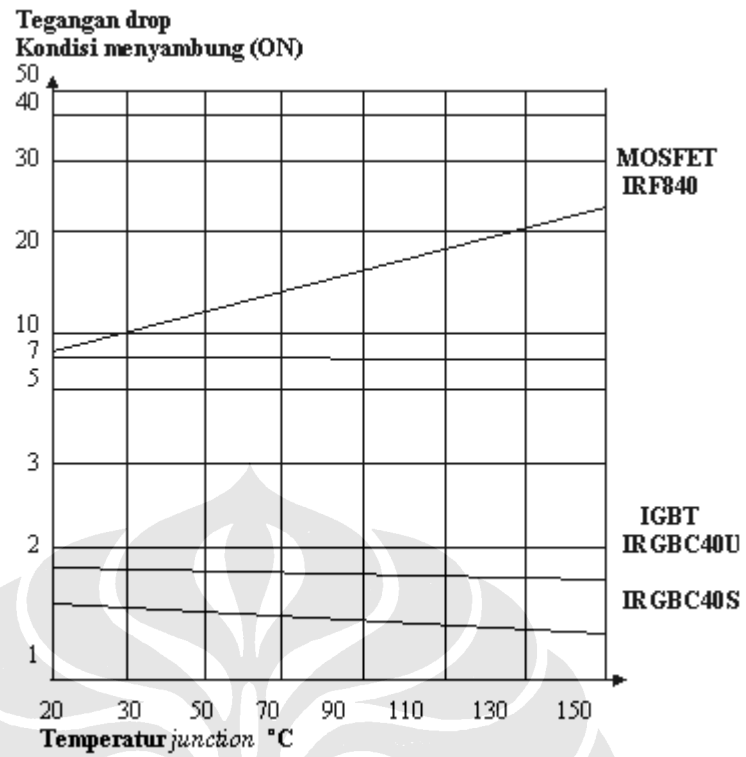
Tabel 2.3 menunjukkan perbandingan IGBT dengan MOSFET dalam hal rugi konduksi yang dinyatakan dalam bentuk tegangan drop (tegangan yang terdapat pada kedua ujung terminalnya saat piranti tersebut dalam keadaan menyambung) untuk kondisi kemampuan arus pada luasan (area) piranti maupun temperatur yang sama. Pada MOSFET, untuk kemampuan arus yang sama per satuan luasan silikon, resistansi dalam kondisi menyambung naik secara eksponensial terhadap rating tegangannya. Sementara itu, untuk piranti IGBT (yang dinyatakan dalam besaran tegangan kolektor-emitor jenuh ketimbang resistansi dalam kondisi menyambung) lebih mampu mempertahankan rugi konduksi yang rendah untuk semua rating tegangan. Dari tabel 2.3 tersebut juga dapat diketahui bahwa MOSFET memiliki rating tegangan yang sedikit lebih rendah daripada IGBT.

Tabel 2.3. Perbandingan tegangan drop dan rating tegangan antara IGBT dan MOSFET pada kemampuan arus maupun luasan yang sama

Rating tegangan (Volt)	IGBT	100	300	600	1200
	MOSFET	100	250	500	1000
Tegangan drop untuk 1,7 ampere per mm <sup>2</sup> pada temperatur 100° C (Volt)	IGBT	1,5	2,1	2,4	3,1
	MOSFET	2,0	11,2	26,7	100

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 27, Tahun VI, Agustus 1999.

Perbandingan MOSFET dan IGBT untuk luasan *die* (iris tipis bahan semikonduktor yang dipakai untuk membuat transistor atau piranti semikonduktor lainnya) yang sama, secara grafis dinyatakan dalam gambar 2.10. Pada gambar 2.10, jelas tampak bahwa IGBT memiliki rugi pada kondisi menyambung lebih rendah. Grafik tersebut menunjukkan tegangan drop dalam kondisi menyambung untuk sebuah MOSFET dan dua IGBT hasil produksi IR untuk arus beban 10 ampere. Piranti yang memiliki rugi yang paling rendah dalam gambar tersebut adalah IRGBC40S, yakni IGBT tipe standar. Tipe ultra cepatnya; IRGBC40U menawarkan penyakelaran yang lebih cepat, namun rugi dalam kondisi menyambungnya juga lebih tinggi.



**Gambar 2.10.** Grafik perbandingan MOSFET dan IGBT untuk luasan *die*

Sumber: ELEKTRO INDONESIA Nomor 27, Tahun VI, Agustus 1999.

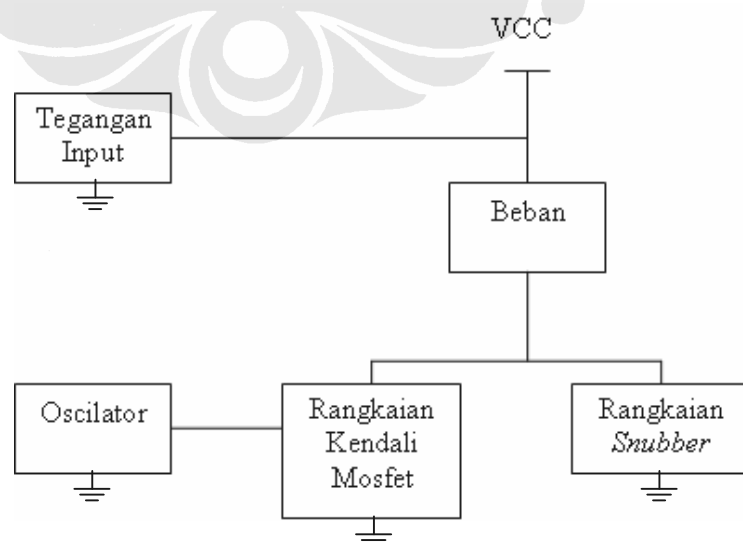
## BAB 3 DISAIN RANGKAIAN *SNUBBER* DAN SIMULASI MENGGUNAKAN MULTISIM

### 3.1 Prinsip Kerja Sistem

Mosfet sebagai sakelar elektronik dapat dibuka (*off*) dan ditutup (*on*). Pada saat mosfet berguling ke posisi *off*, tegangannya menanjak dan kapasitor *snubber* mulai dimuati. Pada kondisi ini, tegangan kapasitor *snubber* sama dengan tegangan pada mosfet karena keduanya pada posisi paralel. Akibatnya, laju ubahan dari tegangan pada mosfet pun menjadi berkurang karena pemuatan kapasitor *snubber* tersebut. Kapasitor *snubber* termuati sampai tegangan mosfet mencapai kondisi *off* akhir dan terus termuati sampai mosfet di *on*-kan kembali. Pada saat penggulingan-*on* inilah kapasitor *snubber* membuang muatan melalui resistor *snubber*. Jadi *snubber* bekerja dengan cara memindahkan energi yang seharusnya diserap oleh sakelar elektronik ke rangkaian *snubber*.

### 3.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok rangkaian *snubber* pada sistem *power switching* menggunakan mosfet ini dapat dilihat pada gambar 3.1. dibawah



Gambar 3.1. Diagram blok sistem

### 3.2.1 Tegangan Input

Tegangan input yang dipakai untuk mensuplai rangkaian *power switching* ini, ditetapkan sebesar 15 VDC.

### 3.2.2 Oscilator

Pada pengujian nanti frekwensi yang digunakan sebagai masukan adalah sebesar 1 KHz.

### 3.2.3 Beban

Besar induktor yang dipakai rangkaian *power switching* ini adalah sebesar 0,869 mH.

### 3.2.4 Rangkaian Pengendali Mosfet

Rangkaian pengendali mosfet harus mampu secara cepat menerima dan membuang arus pada sistem *switching* kecepatan tinggi. Untuk melakukan penyaklaran, diperlukan mosfet atau IGBT, dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan mosfet tipe-n 2SK2847. Mosfet 2SK2847 mempunyai spesifikasi waktu *switching* sebagai berikut:

- $V_{GS} = 10V$
- $V_{DD} = 400V$
- $I_D = 4A$
- $R_G = 4,7\Omega$
- $Duty \leq 1\%$
- $t_w = 10\mu s$
- Waktu naik ( $t_r$ ) = 25 ns
- Waktu hidup ( $t_{on}$ ) = 60 ns
- Waktu jatuh ( $t_f$ ) = 20 ns
- Waktu mati ( $t_{off}$ ) = 95 ns

## 3.3 Rangkaian Snubber

Rangkaian *snubber* dapat menekan kondisi kilasan yang tidak diinginkan. Tanpa penekanan tersebut, tegangan pada saat kondisi kilasan dapat melebihi

tegangan sakelar elektronik yang ditarifkan sehingga kerusakan pada sakelar elektronik pun akan sulit dihindari.

Rangkaian *snubber* ( $R_s$ , dan  $C_s$ ) ditambahkan untuk mengurangi *spike* tegangan pada sakelar, yang disebabkan oleh kebocoran induktansi dari transformator.

Untuk menentukan nilai kapasitor ( $C_s$ ) pada rangkaian *snubber*, didapat dari persamaan  $C = I_L t_f / 2V_f$ . Dimana, arus beban ( $I_L$ ) yang digunakan adalah sebesar 4A, sesuai dengan besar arus maksimum yang mampu dilewati oleh mosfet 2SK2847. Besar *fall time* ( $t_f$ ) adalah 20 ns, sesuai dengan spesifikasi *switching time* dari mosfet 2SK2847. Maka didapat nilai  $C_s$  sebesar :

$$\begin{aligned} C &= \frac{I_L \times t_f}{2 \times V_f} \\ &= \frac{4 \times 20 \times 10^{-9}}{2 \times 15} \\ &= 2.67 \times 10^{-9} \text{ F} = 2.67 \text{ nF} \end{aligned}$$

Maka digunakan kapasitor dengan nilai yang mendekati yaitu 2,2 nF, sesuai dengan nilai kapsitor yang ada di pasaran.

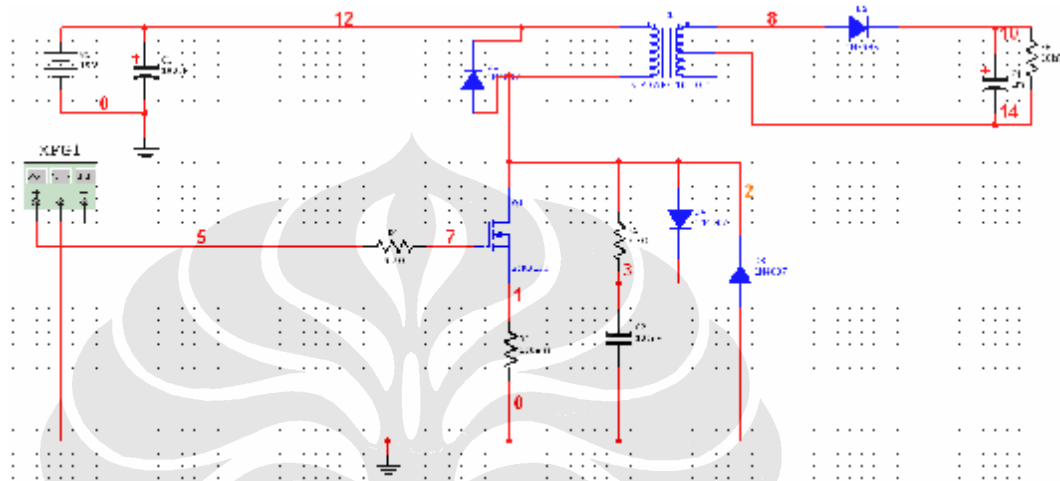
Untuk menentukan nilai resistor ( $R_s$ ) pada rangkaian *snubber*, didapat dari persamaan  $R < t_{on} / 5C$ . Dimana, besar  $t_{on}$  adalah 60 ns, sesuai dengan spesifikasi *switching time* dari mosfet 2SK2847. Maka didapat nilai  $R_s$  sebesar :

$$\begin{aligned} R &< \frac{t_{on}}{5 \times C} \\ &= \frac{60 \times 10^{-9}}{5 \times 2.2 \times 10^{-9}} \\ &= 5.45 \Omega \end{aligned}$$

Maka digunakan resistor dengan nilai lebih kecil dari 5,45  $\Omega$  yaitu dipilih resistor sebesar 3,3  $\Omega$ .

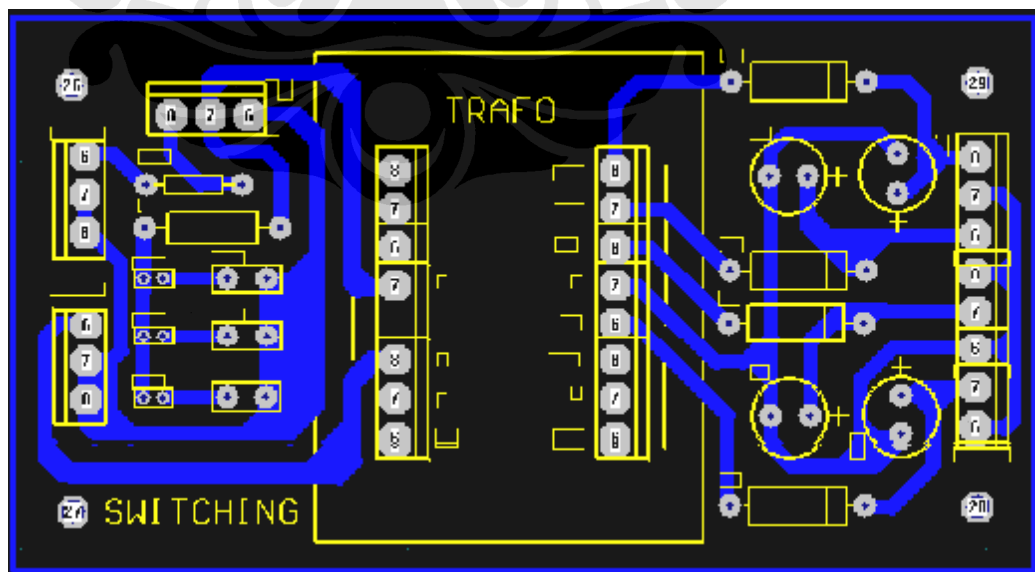
### 3.4 Skematik Diagram

Pada gambar 3.2 dapat dilihat skematik diagram rangkaian *snubber* pada sistem *power switching* menggunakan mosfet.



Gambar 3.2. Skematik Diagram

Gambar *layout* PCB untuk rangkaian *power switching* dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah.



Gambar 3.3. PCB *layout*

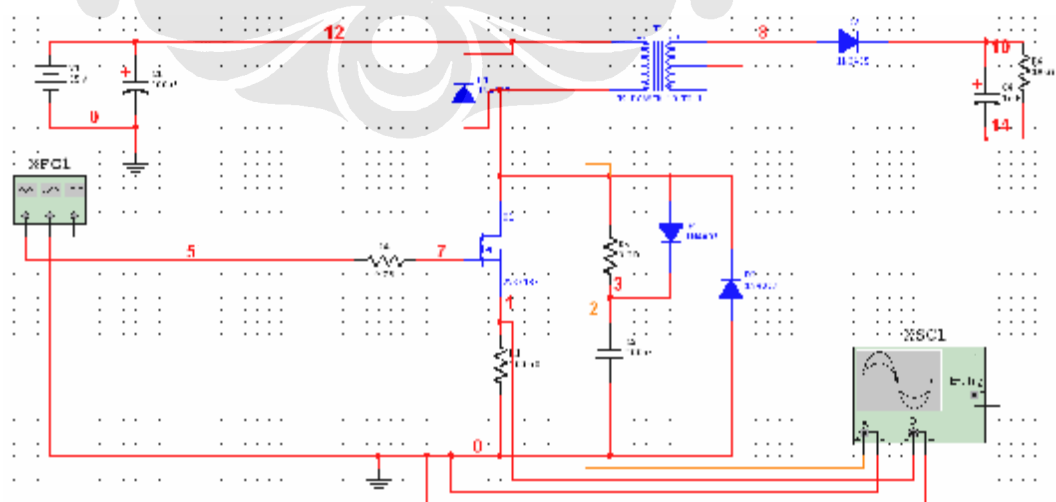


### 3.5 Simulasi Menggunakan Multisim

Multisim adalah program simulasi yang digunakan untuk melakukan simulasi cara kerja sebuah rangkaian elektronika. Sebelum dilakukan pengujian pada sistem, terlebih dahulu dilakukan simulasi menggunakan multisim untuk melihat apakah disain rangkaian *snubber* yang sebelumnya sudah diperhitungkan nilai kapasitor  $C_s$  dan resistor  $R_s$  dapat bekerja dengan baik.

Pada simulasi ini, akan digunakan tiga nilai kapasitor yang berbeda yaitu 100 nF, 10 nF, dan 2,2 nF. Nilai kapasitor yang bervariasi ini untuk melihat pengaruh besar kapasitansi pada rangkaian *snubber*. Simulasi juga akan dilakukan pada rangkaian tanpa *snubber* untuk melihat perbandingan antara rangkaian dengan *snubber* dan rangkaian tanpa *snubber*.

Besar resistor *snubber* ( $R_s$ ) yang digunakan adalah  $3,3\Omega$ . Nilai resistor disini tidak dirubah karena fungsi resistor *snubber* hanya sebagai pembuang muatan. Yang perlu diperhatikan, besarnya ukuran resistor *snubber* harus cukup untuk menyediakan waktu buang muatan dari kapasitor selama mosfet berada pada kondisi *on* ( $t_{ON}$ ) dan sebelum mosfet di-*off*-kan kembali. Pada umumnya selang waktu sebanyak tiga sampai lima kali tetapan waktu  $t = RC$  sudah dapat mencukupi persyaratan waktu buang muatan kapasitor.

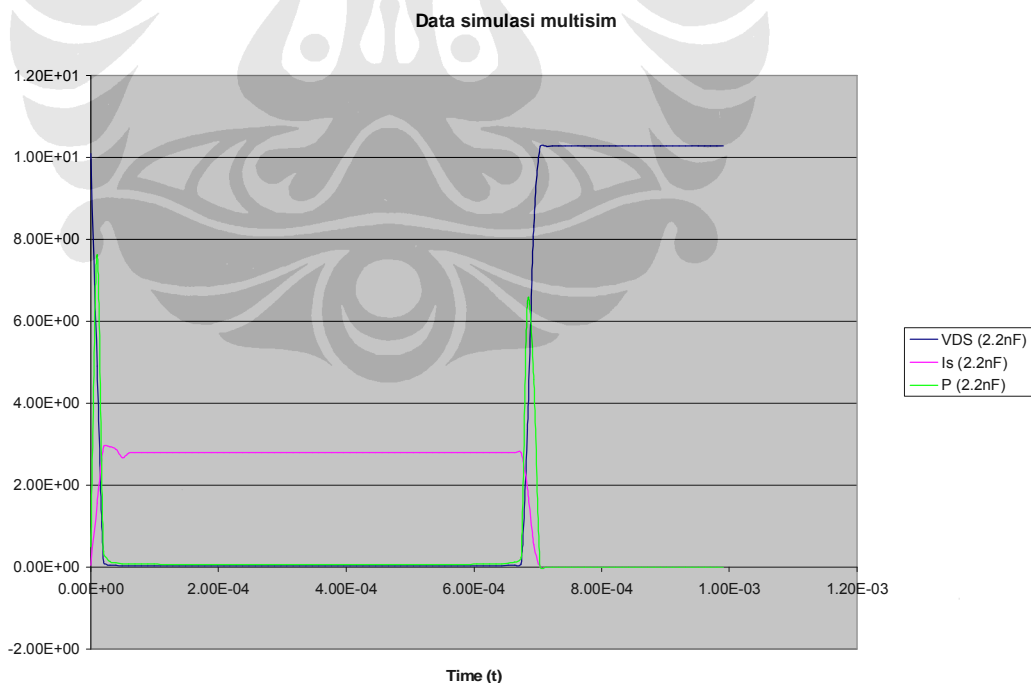


Gambar 3.4. Skematik diagram pengukuran

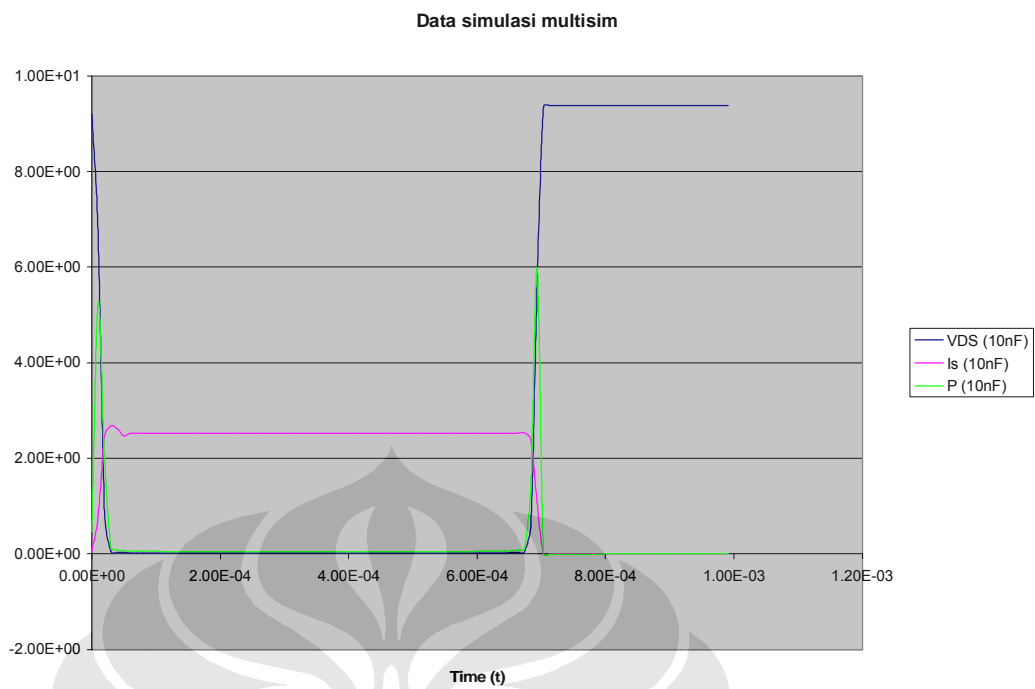
Pada gambar 3.4 dapat dilihat skematik diagram pengukuran. Dimana pada simulasi ini tegangan sumber ( $V_s$ ) adalah 15 VDC, frekwensi 1 kHz, dan resistor gate ( $R_G$ ) =  $4,7\Omega$ .

Simulasi menggunakan multisim ini mengambil dua titik pengukuran yaitu pada rangkaian *snubber* dan pada resistor  $0,1\Omega$ . Dari hasil simulasi, maka didapat data-data tegangan yang mengalir di rangkaian *snubber* dan di resistor  $0,1\Omega$ . Dari data-data tersebut, maka didapat nilai tegangan *drain-source* di mosfet ( $V_{DS}$ ) yaitu selisih antara tegangan di rangkaian *snubber* dengan tegangan di resistor  $0,1\Omega$ . Nilai arus *source* yang mengalir pada mosfet ( $I_S$ ) juga dapat dicari dengan cara membagi nilai tegangan  $V_{DS}$  dengan besar tahanan resistor yaitu  $0,1\Omega$

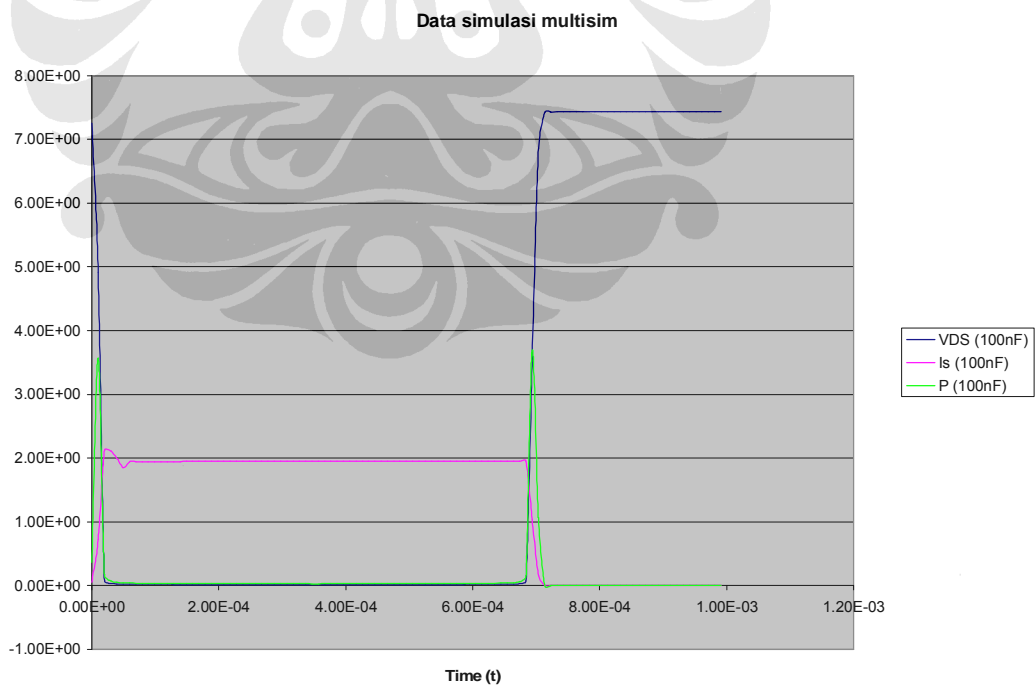
Dengan nilai  $V_{DS}$  dan  $I_S$ , maka daya yang diserap oleh mosfet ( $P$ ) dapat dihitung dengan cara mengalikan nilai  $V_{DS}$  dan  $I_S$ . Dari data-data  $V_{DS}$ ,  $I_S$ , dan  $P$  maka didapat grafik dari masing-masing nilai kapasitansi. Gambar bentuk gelombang yang dihasilkan dengan besar nilai kapasitor 2.2nF, 10nF, dan 100nF dapat dilihat pada gambar 3.5 , 3.6 , dan 3.7.



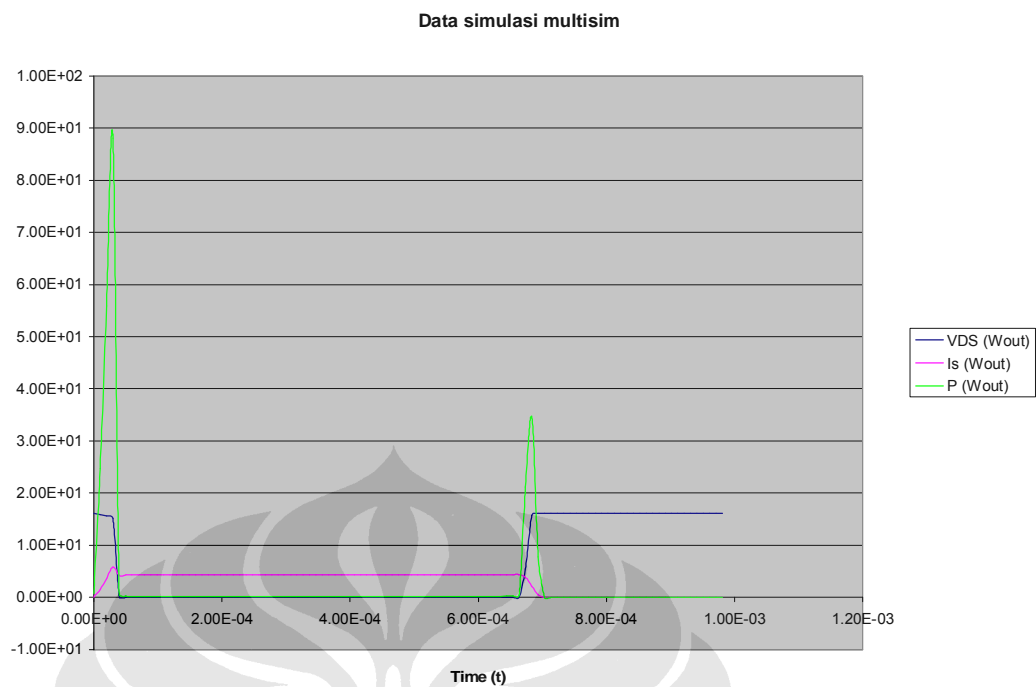
Gambar 3.5. Bentuk gelombang rangkaian *snubber* dengan nilai kapasitansi 2.2 nF dari data simulasi multisim



Gambar 3.6. Bentuk gelombang rangkaian *snubber* dengan nilai kapasitansi 10 nF dari data simulasi multsim



Gambar 3.7. Bentuk gelombang rangkaian *snubber* dengan nilai kapasitansi 100 nF dari data simulasi multsim



Gambar 3.8. Bentuk gelombang rangkaian tanpa *snubber* dari data simulasi multisim

Dari gambar 3.8 dapat dilihat nilai tegangan dan arus mosfet yang tinggi sehingga seketika menghasilkan bentuk gelombang daya mosfet seperti bentuk segitiga. Dengan rangkaian *snubber* pada gambar 3.5 sampai 3.7, bentuk gelombang dari  $V_{DS}(t)$  dan  $I_S(t)$  dapat diubah sehingga trayek bentuk gelombang  $P(t) = V_{DS}(t) * I_S(t)$  pun termodifikasi.

Daya yang diserap oleh resistor dapat dihitung dengan persamaan 2.14. Untuk kapasitor 2,2 nF didapat nilai daya yang diserap resistor *snubber* sebesar:

$$P_R = \frac{1}{2} \times 2.2 \times 10^{-9} \times 15^2 \times 1 \times 10^3 = 2,475 \cdot 10^{-4} \text{ W}$$

Untuk kapasitor 10 nF didapat nilai daya yang diserap resistor sebesar:

$$P_R = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-9} \times 15^2 \times 1 \times 10^3 = 1,125 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

Untuk kapasitor 100 nF didapat nilai daya yang diserap resistor sebesar:

$$P_R = \frac{1}{2} \times 100 \times 10^{-9} \times 15^2 \times 1 \times 10^3 = 0,01125 \text{ W}$$

Dari data-data yang didapat dari simulasi multisim, maka dapat diperoleh nilai rata-rata besar daya yang diserap oleh mosfet. Pada tabel 3.1, dapat dilihat

nilai rata-rata daya yang diserap oleh mosfet, besar daya yang diserap oleh resistor *snubber*, dan total penjumlahan keduanya untuk masing-masing besar kapasitansi.

Tabel 3.1. Daya yang diserap oleh mosfet dan *snubber* untuk masing-masing besar kapasitansi pada simulasi multsim

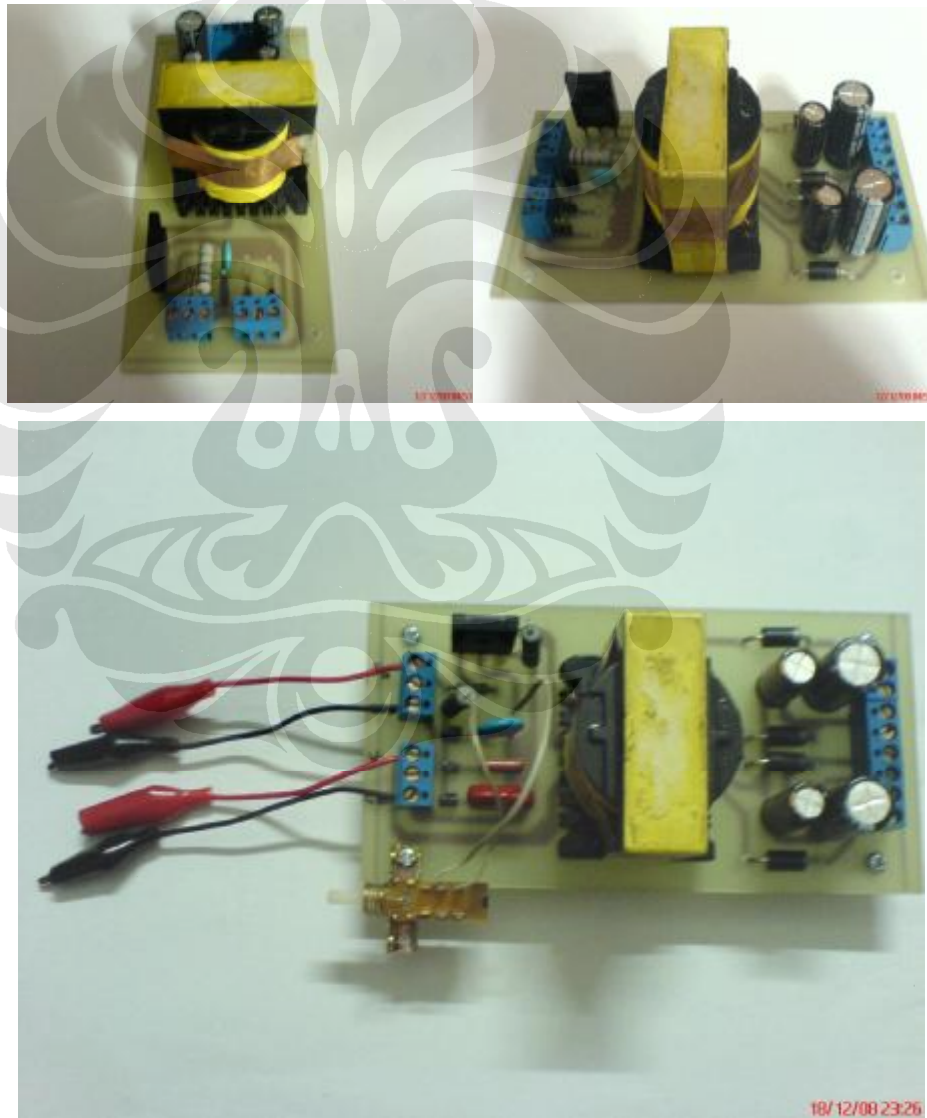
Kapasitansi	Mosfet (W)	<i>Snubber</i> (W)	Total (W)
2,2 nF	$2,73 \cdot 10^{-1}$	$2,475 \cdot 10^{-4}$	$2,73 \cdot 10^{-1}$
10 nF	$2,21 \cdot 10^{-1}$	$1,125 \cdot 10^{-3}$	$2,23 \cdot 10^{-1}$
100 nF	$1,28 \cdot 10^{-1}$	0,01125	$1,39 \cdot 10^{-1}$

Dari data-data simulasi multsim, didapat nilai rata-rata rugi daya pada rangkaian tanpa *snubber* adalah sebesar 2,39 W. Jadi dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *snubber* maka rugi-rugi pada mosfet berkurang secara signifikan dan total rugi daya juga berkurang.

## BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

### 4.1 Hasil Rancang Bangun

Berdasarkan rancang bangun pada Bab 3, maka dibuatlah sistem secara keseluruhan, dan hasilnya pada Gambar 4.1 memperlihatkan perangkat keras sistem.



Gambar 4.1. Perangkat keras sistem

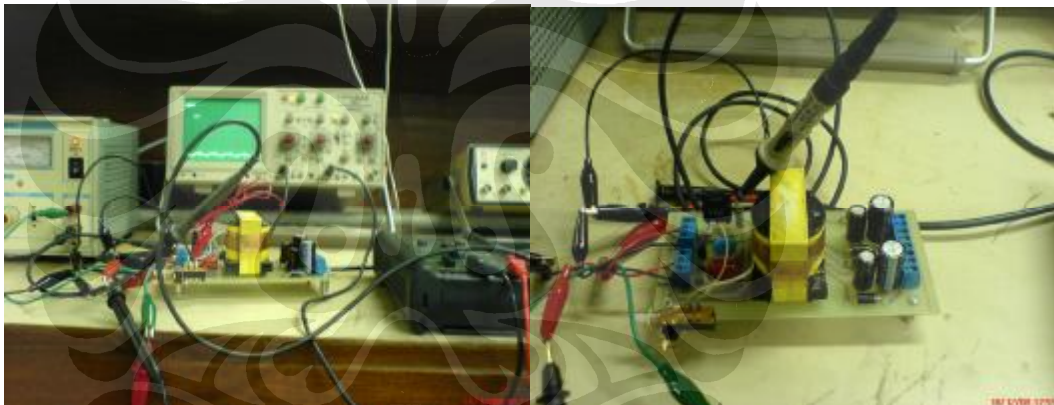
## 4.2 Pengujian Sistem

Pengujian pada rangkaian *snubber* dilakukan pada tiga nilai kapaitor yang berbeda yaitu 100 nF, 10 nF, dan 2,2 nF. Masing-masing kapasitor diuji pada tegangan sumber  $V_s = 15$  VDC. Besar frekwensi yaitu 1 kHz. Besar resistor *snubber* ( $R_s$ ) adalah  $3,3 \Omega$  dan resistot gate ( $R_G$ ) =  $4,7 \Omega$ .

Alat-alat yang digunakan pada pengujian rangkaian *snubber* antara lain:

- *Power supply* 0-30 Volt DC / 5A
- Osiloskop
- *Function Generator*

Pada gambar 4.2. dibawah, dapat dilihat gambar pengukuran rangkaian *snubber*.

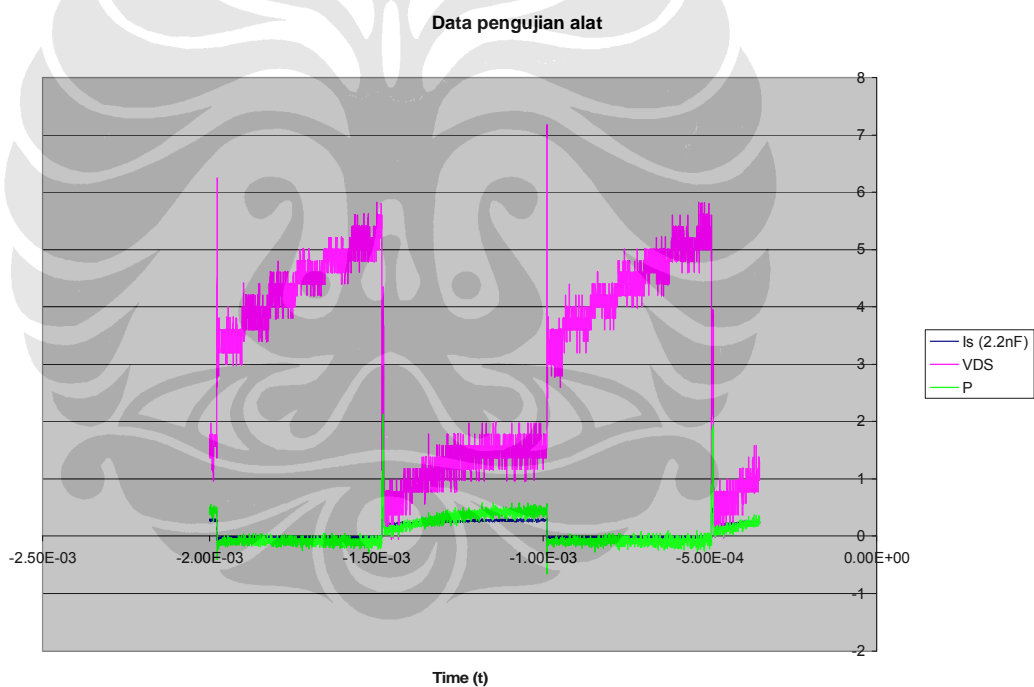


Gambar 4.2. Pengukuran rangkaian *snubber*

Dapat dilihat dari hasil simulasi bahwa pada rangkaian tanpa *snubber*, menghasilkan nilai tegangan dan arus yang tinggi pada mosfet. Tegangan dan arus pada mosfet seharusnya tidak boleh melebihi nilai maksimum yang ada pada mosfet. Apalagi, suhu pada mosfet harus dijaga dalam batas-batas yang diperbolehkan. Arus yang tinggi pada saat saat tegangan tinggi juga harus dihindarkan pada mosfet karena akan menyebabkan panas dan kerusakan. Oleh karena itu, pada pengujian alat ini tidak dilakukan pengujian rangkaian tanpa *snubber*.

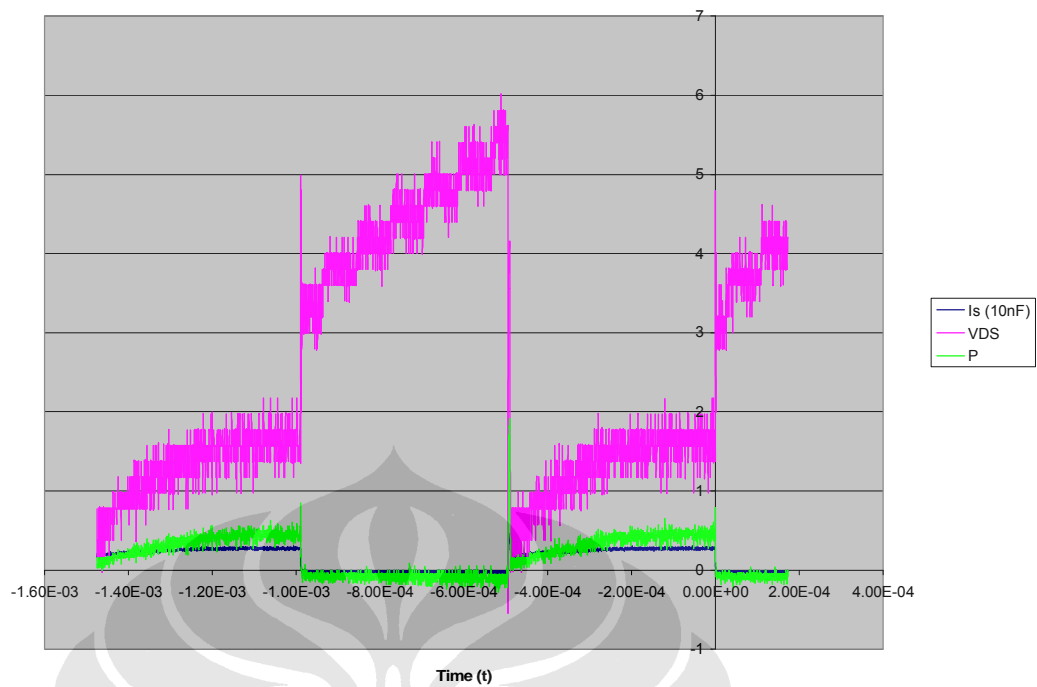
Dari pengujian ini, didapat data-data tegangan yang mengalir di rangkaian *snubber* dan di resistor  $0,1\Omega$ . Dari data-data tersebut, maka didapat nilai tegangan *drain-source* di mosfet ( $V_{DS}$ ) dan nilai arus *source* yang mengalir pada mosfet ( $I_S$ ).

Dengan nilai  $V_{DS}$  dan  $I_S$ , maka daya yang diserap oleh mosfet ( $P$ ) dapat dihitung dengan cara mengalikan nilai  $V_{DS}$  dan  $I_S$ . Dari data-data  $V_{DS}$ ,  $I_S$ , dan  $P$  maka didapat grafik dari masing-masing nilai kapasitansi. Gambar bentuk gelombang dari hasil pengujian alat, yang dihasilkan dengan besar nilai kapasitor  $2.2\text{nF}$ ,  $10\text{nF}$ , dan  $100\text{nF}$  dapat dilihat pada gambar 4.3 , 4.4 , dan 4.5.



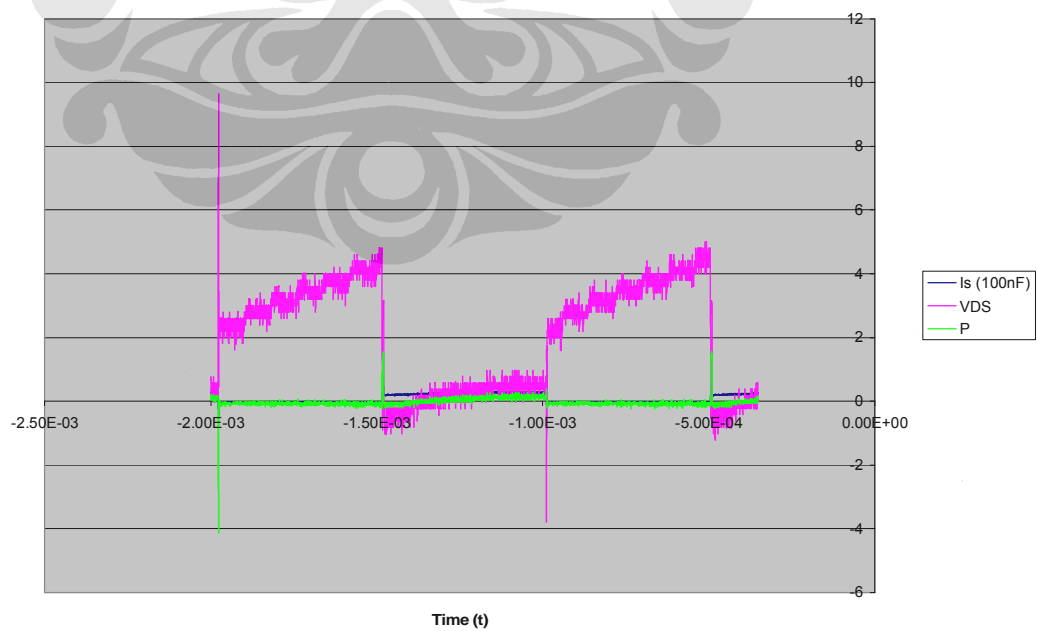
Gambar 4.3. Bentuk gelombang rangkaian *snubber* dengan nilai kapasitansi  $2,2 \text{ nF}$





Gambar 4.4. Bentuk gelombang rangkaian *snubber* dengan nilai kapasitansi 10 nF

Data pengujian alat



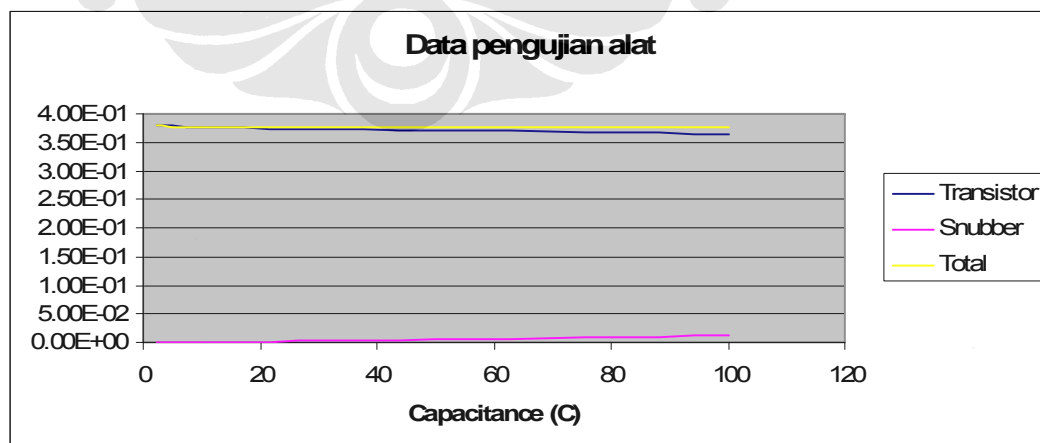
Gambar 4.5. Bentuk gelombang rangkaian *snubber* dengan nilai kapasitansi 100 nF

Dari data-data yang didapat dari pengujian alat, maka dapat diperoleh nilai rata-rata besar daya yang diserap oleh mosfet. Pada tabel 4.1, dapat dilihat nilai rata-rata daya yang diserap oleh mosfet, besar daya yang diserap oleh resistor *snubber*, dan total penjumlahan keduanya untuk masing-masing besar kapasitansi.

Tabel 4.1. Daya yang diserap oleh mosfet dan *snubber* untuk masing-masing besar kapasitansi

Kapasitansi	Mosfet (W)	<i>Snubber</i> (W)	Total (W)
2,2 nF	$3,79 \cdot 10^{-1}$	$2,475 \cdot 10^{-4}$	$3,79 \cdot 10^{-1}$
10 nF	$3,75 \cdot 10^{-1}$	$1,125 \cdot 10^{-3}$	$3,77 \cdot 10^{-1}$
100 nF	$3,64 \cdot 10^{-1}$	0,01125	$3,76 \cdot 10^{-1}$

Pada gambar 4.6, menunjukkan hubungan antara transistor, *snubber*, dan total kerugian.



Gambar 4.6. Mosfet, *snubber*, dan total rugi daya sebagai fungsi kapasitansi *snubber*

#### 4.3. ANALISA SISTEM

Dari hasil pengujian alat dan simulasi menggunakan multisim ini, dapat dilihat bahwa daya yang diserap oleh mosfet untuk kapasitansi 100 nF mempunyai nilai terendah, tetapi daya yang diserap oleh resistor *snubber* mempunyai nilai terbesar.

Penggunaan *snubber* dapat mengurangi total kerugian *switching*, namun mungkin yang lebih penting adalah bahwa rangkaian *snubber* mengurangi kerugian pada mosfet dan mengurangi kebutuhan pendinginan suatu alat. Mosfet lebih rentan terhadap kegagalan dan lebih sulit untuk didinginkan dibandingkan resistor, sehingga membuat desain *snubber* lebih dapat diandalkan.

Penggunaan rangkaian *snubber* sebenarnya tidaklah berpengaruh besar pada kerugian daya secara keseluruhan (*total loss*) pada rangkaian sakelar elektronik. Ini disebabkan karena memang fungsi utama rangkaian *snubber* yang hanya mengalihkan (bukan menghilangkan) penyerapan daya dari sakelar elektronik ke rangkaian *snubber*.

## BAB 5 KESIMPULAN

1. Penggunaan *snubber* dapat mengurangi total kerugian *switching*, dan kerugian pada mosfet.
2. Rangkaian tanpa *snubber*, menghasilkan nilai tegangan dan arus yang tinggi pada mosfet.
3. Dari hasil perhitungan, nilai kapasitansi yang paling sesuai untuk digunakan pada frekuensi 1 kHz adalah sebesar 2,2 nF.
4. Daya yang diserap oleh mosfet untuk kapasitansi 2,2 nF mempunyai nilai tertinggi, dan untuk kapasitansi 100 nF mempunyai nilai terendah.
5. Daya yang diserap oleh resistor *snubber* untuk kapasitansi 2,2 nF mempunyai nilai terkecil, dan untuk kapasitansi 100 nF mempunyai nilai terbesar.
6. Semakin besar ukuran kapasitor *snubber*, semakin kecil kerugian daya pada transistor, namun akan semakin besar daya yang diserap oleh resistor R.
7. Daya pada resistor *snubber* tidak bergantung pada ukuran resistor *snubber* itu sendiri tetapi pada nilai kapasitansi, tegangan sumber, dan frekuensi.

## DAFTAR REFERENSI

Power Electronics: Converters, Applications, and Design, John Wiley & Sons, 1995.

Introduction to Power Electronics, Prentice Hall, 1991.

ELEKTRO INDONESIA Nomor 25, Tahun V, April 1999.  
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek25.html>

Wojslawowicz E, Jack (Harris Corp.). "Understanding Third-Generation IGBT Switch Characteristics", Asian Electronics Engineer, May 1995.

Travis, Bill., "MOSFETs and IGBTs Differ in Drive Methods and Protection Needs" EDN Asia, Sept. 1996.

Bindra Ashok., "Silicon Direct Bonding Infuses Speed in High-Voltage IGBTs", Electronic design, May, 13. 1998

Goodenough Frank., "High-Voltage Power Switch; They're Faster and More Efficient", Electronic design, July 7, 1997 q

## Lampiran 1: Power Supply 0-30 VDC/5A



## Lampiran 2: Function Generator



# Lampiran 3 : Data Simulasi Multisim

## DATA SIMULASI MULTISIM

CH A (2.2nF)	CH B (100nF)	CH A (10nF)	CH B (10nF)	CH A (100nF)	CH B (100nF)	CH A (Wout)	CH B (Wout)	VDS (10nF)	VDS (2.2nF)	Is (10nF)	Is (2.2nF)	Is (100nF)	Is (Wout)	P (10nF)	P (2.2nF)	P (100nF)	P (Wout)						
0.00E+00	7.26E-00	1.01E+01	5.00E-03	9.21E+00	5.00E-03	1.62E+01	5.00E-03	7.28E+00	1.01E+01	9.21E+00	1.61E+01	5.00E-02	1.61E+01	5.00E-02	5.00E-02	5.00E-02	5.00E-02	5.00E-02	4.60E-01	8.07E-01			
9.91E-06	4.99E+00	5.06E+00	7.92E-02	6.73E+00	1.55E-01	1.61E+01	1.55E-01	4.92E+00	1.55E+00	6.65E+00	1.59E+01	1.55E+00	1.59E+01	1.55E+00	1.55E+00	1.55E+00	1.55E+00	1.55E+00	1.55E+00	5.26E+00	2.48E+01		
1.98E-05	2.92E-01	2.12E-01	2.48E-01	1.04E+00	2.83E-01	1.60E+01	2.83E-01	1.52E+01	1.52E+01	7.91E-01	1.52E+01	2.12E+00	1.52E+01	2.12E+00	2.12E+00	2.12E+00	2.12E+00	2.12E+00	2.12E+00	3.87E-01	1.97E+00	5.60E+01	
2.97E-05	2.46E-01	3.40E-01	3.05E-01	3.40E-01	3.40E-01	1.57E+01	3.05E-01	3.50E-02	4.63E-02	4.83E-02	1.52E+01	2.94E+00	1.52E+01	2.94E+00	2.94E+00	2.94E+00	2.94E+00	2.94E+00	2.94E+00	1.30E-01	1.30E-01	8.00E+01	
3.96E-05	2.05E-01	3.23E-01	2.68E-01	2.98E-01	2.68E-01	5.63E-01	2.68E-01	2.54E-02	3.56E-02	3.51E-02	1.45E-01	2.00E+00	1.45E-01	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	9.21E-02	6.08E-01	6.00E+01	
4.95E-05	2.25E-01	3.05E-01	2.66E-01	2.75E-01	2.66E-01	2.75E-01	2.66E-01	2.03E-02	2.87E-02	2.87E-02	4.95E-02	1.85E+00	4.95E-02	1.85E+00	1.85E+00	1.85E+00	1.85E+00	1.85E+00	1.85E+00	7.63E-02	6.90E-02	2.12E-01	
5.94E-05	2.14E-01	3.05E-01	2.85E-01	2.78E-01	2.85E-01	4.84E-01	2.85E-01	2.79E-02	2.76E-02	2.57E-02	4.56E-02	1.94E+00	4.56E-02	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	7.69E-02	6.08E-02	2.00E-01	
6.94E-05	2.13E-01	3.05E-01	3.05E-01	2.77E-01	3.05E-01	4.80E-01	3.05E-01	1.83E-02	2.60E-02	2.60E-02	4.23E-02	1.94E+00	4.23E-02	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	3.57E-02	2.78E-02	6.08E-02	1.85E-01
7.93E-05	2.12E-01	3.04E-01	2.83E-01	2.75E-01	2.83E-01	4.78E-01	2.83E-01	1.75E-02	2.49E-02	2.49E-02	4.01E-02	1.94E+00	4.01E-02	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	6.94E-02	5.78E-02	1.78E-01	
8.92E-05	2.11E-01	3.03E-01	2.63E-01	2.75E-01	2.63E-01	4.76E-01	2.63E-01	1.69E-02	2.40E-02	2.40E-02	3.85E-02	1.94E+00	3.85E-02	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	6.70E-02	5.57E-02	1.69E-01	
9.91E-05	2.11E-01	3.02E-01	2.53E-01	2.74E-01	2.53E-01	4.75E-01	2.53E-01	1.64E-02	2.34E-02	2.34E-02	3.73E-02	1.94E+00	3.73E-02	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	1.94E+00	6.52E-02	5.40E-02	1.63E-01	
1.09E-04	2.11E-01	3.02E-01	2.43E-01	2.79E-01	2.43E-01	4.74E-01	2.43E-01	1.60E-02	2.29E-02	2.29E-02	3.64E-02	1.95E+00	3.64E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	6.38E-02	5.27E-02	1.59E-01	
1.19E-04	2.10E-01	3.01E-01	2.33E-01	2.79E-01	2.33E-01	4.74E-01	2.33E-01	1.57E-02	2.25E-02	2.25E-02	3.56E-02	1.95E+00	3.56E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	6.26E-02	5.17E-02	1.56E-01	
1.29E-04	2.10E-01	3.01E-01	2.23E-01	2.79E-01	2.23E-01	4.73E-01	2.23E-01	1.55E-02	2.21E-02	2.21E-02	3.50E-02	1.95E+00	3.50E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	6.16E-02	5.08E-02	1.53E-01	
1.39E-04	2.10E-01	3.01E-01	2.13E-01	2.79E-01	2.13E-01	4.73E-01	2.13E-01	1.53E-02	2.18E-02	1.99E-02	3.45E-02	1.95E+00	3.45E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	6.02E-02	5.01E-02	1.51E-01	
1.49E-04	2.10E-01	3.00E-01	2.03E-01	2.79E-01	2.03E-01	4.72E-01	2.03E-01	1.51E-02	2.16E-02	1.96E-02	3.41E-02	1.95E+00	3.41E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	6.02E-02	4.96E-02	1.49E-01	
1.59E-04	2.09E-01	3.00E-01	1.93E-01	2.79E-01	1.93E-01	4.72E-01	1.93E-01	1.49E-02	2.14E-02	1.94E-02	3.38E-02	1.95E+00	3.38E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	6.02E-02	4.91E-02	1.48E-01	
1.68E-04	2.09E-01	3.00E-01	1.83E-01	2.79E-01	1.83E-01	4.71E-01	1.83E-01	1.48E-02	2.12E-02	1.93E-02	3.35E-02	1.95E+00	3.35E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.91E-02	4.86E-02	1.47E-01	
1.78E-04	2.09E-01	3.00E-01	1.73E-01	2.79E-01	1.73E-01	4.71E-01	1.73E-01	1.47E-02	2.11E-02	1.91E-02	3.32E-02	1.95E+00	3.32E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.87E-02	4.82E-02	1.45E-01	
1.88E-04	2.09E-01	3.00E-01	1.63E-01	2.79E-01	1.63E-01	4.71E-01	1.63E-01	1.46E-02	2.10E-02	1.90E-02	3.30E-02	1.95E+00	3.30E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.84E-02	4.80E-02	1.45E-01	
1.98E-04	2.09E-01	3.00E-01	1.53E-01	2.79E-01	1.53E-01	4.71E-01	1.53E-01	1.45E-02	2.08E-02	1.89E-02	3.28E-02	1.95E+00	3.28E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.80E-02	4.77E-02	1.44E-01	
2.08E-04	2.09E-01	3.00E-01	1.43E-01	2.79E-01	1.43E-01	4.71E-01	1.43E-01	1.45E-02	2.07E-02	1.88E-02	3.26E-02	1.95E+00	3.26E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.80E-02	4.77E-02	1.44E-01	
2.18E-04	2.09E-01	2.99E-01	1.33E-01	2.79E-01	1.33E-01	4.70E-01	1.33E-01	1.44E-02	2.06E-02	1.87E-02	3.25E-02	1.95E+00	3.25E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.79E-02	4.76E-02	1.42E-01	
2.28E-04	2.09E-01	2.99E-01	1.23E-01	2.79E-01	1.23E-01	4.70E-01	1.23E-01	1.43E-02	2.06E-02	1.86E-02	3.24E-02	1.95E+00	3.24E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.79E-02	4.75E-02	1.42E-01	
2.38E-04	2.09E-01	2.99E-01	1.13E-01	2.79E-01	1.13E-01	4.70E-01	1.13E-01	1.43E-02	2.05E-02	1.86E-02	3.23E-02	1.95E+00	3.23E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.71E-02	4.69E-02	1.41E-01	
2.48E-04	2.09E-01	2.99E-01	1.03E-01	2.79E-01	1.03E-01	4.70E-01	1.03E-01	1.42E-02	2.04E-02	1.85E-02	3.22E-02	1.95E+00	3.22E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.70E-02	4.68E-02	1.41E-01	
2.58E-04	2.09E-01	2.99E-01	9.3E-02	2.79E-01	9.3E-02	4.70E-01	9.3E-02	1.42E-02	2.04E-02	1.85E-02	3.21E-02	1.95E+00	3.21E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.68E-02	4.66E-02	1.41E-01	
2.68E-04	2.09E-01	2.99E-01	8.3E-02	2.79E-01	8.3E-02	4.70E-01	8.3E-02	1.42E-02	2.03E-02	1.84E-02	3.20E-02	1.95E+00	3.20E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.67E-02	4.65E-02	1.40E-01	
2.77E-04	2.09E-01	2.99E-01	7.3E-02	2.79E-01	7.3E-02	4.70E-01	7.3E-02	1.42E-02	2.03E-02	1.84E-02	3.19E-02	1.95E+00	3.19E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.66E-02	4.65E-02	1.40E-01	
2.87E-04	2.09E-01	2.99E-01	6.3E-02	2.79E-01	6.3E-02	4.70E-01	6.3E-02	1.41E-02	2.03E-02	1.84E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.65E-02	4.64E-02	1.40E-01	
2.97E-04	2.09E-01	2.99E-01	5.3E-02	2.79E-01	5.3E-02	4.70E-01	5.3E-02	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.65E-02	4.63E-02	1.40E-01	
3.07E-04	2.09E-01	2.99E-01	4.3E-02	2.79E-01	4.3E-02	4.70E-01	4.3E-02	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.65E-02	4.63E-02	1.39E-01	
3.17E-04	2.09E-01	2.99E-01	3.3E-02	2.79E-01	3.3E-02	4.70E-01	3.3E-02	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.63E-02	4.62E-02	1.39E-01	
3.27E-04	2.09E-01	2.99E-01	2.3E-02	2.79E-01	2.3E-02	4.70E-01	2.3E-02	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.63E-02	4.62E-02	1.39E-01	
3.37E-04	2.09E-01	2.99E-01	1.3E-02	2.79E-01	1.3E-02	4.70E-01	1.3E-02	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.63E-02	4.62E-02	1.39E-01	
3.47E-04	2.09E-01	2.99E-01	3.0E-03	2.79E-01	3.0E-03	4.70E-01	3.0E-03	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.63E-02	4.62E-02	1.39E-01	
3.57E-04	2.09E-01	2.99E-01	2.0E-03	2.79E-01	2.0E-03	4.70E-01	2.0E-03	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.63E-02	4.62E-02	1.39E-01	
3.67E-04	2.09E-01	2.99E-01	1.0E-03	2.79E-01	1.0E-03	4.70E-01	1.0E-03	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.63E-02	4.62E-02	1.39E-01	
3.77E-04	2.09E-01	2.99E-01	0.0E-03	2.79E-01	0.0E-03	4.70E-01	0.0E-03	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00	5.63E-02	4.62E-02	1.39E-01	
3.86E-04	2.09E-01	2.99E-01	0.0E-03	2.79E-01	0.0E-03	4.70E-01	0.0E-03	1.41E-02	2.02E-02	1.83E-02	3.18E-02	1.95E+00	3.18E-02	1.95E+00	1.95E+00	1.95E+00							



555E-04	2.10E-01	1.95E-01	3.01E-01	2.79E-01	2.72E-01	2.53E-01	4.72E-01	4.38E-01	1.51E-02	2.18E-02	1.98E-02	3.44E-02	1.95E+00	2.78E+00	2.53E+00	4.38E+00	2.93E+02	6.08E+02	4.95E+02	1.51E+01
565E-04	2.10E-01	1.95E-01	3.01E-01	2.79E-01	2.72E-01	2.53E-01	4.72E-01	4.38E-01	1.52E-02	2.21E-02	1.98E-02	3.49E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	2.97E+02	6.15E+02	5.01E+02	1.55E-01
575E-04	2.10E-01	1.95E-01	3.01E-01	2.79E-01	2.72E-01	2.53E-01	4.72E-01	4.38E-01	1.54E-02	2.24E-02	2.01E-02	3.55E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.01E+02	6.25E+02	5.08E+02	1.56E-01
585E-04	2.10E-01	1.95E-01	3.02E-01	2.79E-01	2.73E-01	2.53E-01	4.74E-01	4.39E-01	1.57E-02	2.28E-02	2.04E-02	3.62E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.05E+02	6.36E+02	5.16E+02	1.58E-01
595E-04	2.11E-01	1.95E-01	3.02E-01	2.79E-01	2.73E-01	2.53E-01	4.75E-01	4.39E-01	1.60E-02	2.33E-02	2.08E-02	3.71E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.11E+02	6.50E+02	5.27E+02	1.62E-01
604E-04	2.11E-01	1.95E-01	3.03E-01	2.79E-01	2.74E-01	2.53E-01	4.76E-01	4.39E-01	1.64E-02	2.39E-02	2.13E-02	3.82E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.18E+02	6.68E+02	5.39E+02	1.67E-01
614E-04	2.11E-01	1.95E-01	3.04E-01	2.79E-01	2.75E-01	2.53E-01	4.78E-01	4.39E-01	1.68E-02	2.48E-02	2.20E-02	3.97E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.27E+02	6.91E+02	5.56E+02	1.74E-01
624E-04	2.12E-01	1.95E-01	3.05E-01	2.79E-01	2.75E-01	2.53E-01	4.80E-01	4.38E-01	1.74E-02	2.59E-02	2.28E-02	4.17E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.39E+02	7.21E+02	5.77E+02	1.83E-01
634E-04	2.13E-01	1.95E-01	3.06E-01	2.79E-01	2.77E-01	2.53E-01	4.83E-01	4.38E-01	1.83E-02	2.74E-02	2.40E-02	4.47E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.55E+02	7.69E+02	6.06E+02	1.96E-01
644E-04	2.14E-01	1.95E-01	3.09E-01	2.79E-01	2.78E-01	2.53E-01	4.89E-01	4.38E-01	1.94E-02	2.98E-02	2.57E-02	4.96E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	3.78E+02	8.31E+02	6.48E+02	2.17E-01
654E-04	2.16E-01	1.95E-01	3.13E-01	2.79E-01	2.81E-01	2.53E-01	4.97E-01	4.38E-01	2.13E-02	3.38E-02	2.98E-02	5.69E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	4.14E+02	9.42E+02	7.14E+02	2.56E-01
664E-04	2.19E-01	1.95E-01	3.21E-01	2.79E-01	2.86E-01	2.53E-01	5.26E-01	4.38E-01	2.44E-02	4.22E-02	3.30E-02	6.81E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	4.75E+02	1.18E+01	8.34E+02	3.86E-01
674E-04	2.26E-01	1.95E-01	3.60E-01	2.79E-01	2.98E-01	2.53E-01	5.82E-01	4.38E-01	3.14E-02	8.08E-02	4.52E-02	5.44E+00	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	6.12E+02	2.25E-01	1.14E-01	2.11E+01
684E-04	2.70E-01	1.95E-01	3.54E+00	2.79E-01	3.28E-01	2.53E-01	1.60E+01	4.38E-01	7.59E-02	3.35E+00	8.88E-01	1.58E+01	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	1.92E+00	3.99E+00	6.44E+00	3.44E+01
694E-04	3.66E-01	1.95E-01	3.48E+00	2.79E-01	4.28E-01	2.53E-01	1.61E+01	4.38E-01	3.56E+00	8.33E+00	5.69E+00	1.61E+01	1.04E+01	5.50E-01	1.05E+00	4.81E-01	3.69E+00	4.58E+00	5.99E+00	7.72E+01
704E-04	6.88E-01	1.55E-02	1.03E-01	-2.77E-05	9.36E+00	-3.51E-06	1.61E+01	-1.54E-05	6.87E+00	1.03E+01	9.36E+00	1.61E+01	1.55E-01	-2.77E-04	-3.51E-05	-1.75E-04	1.06E+00	-2.84E-03	-3.29E-04	-2.48E-03
713E-04	7.43E-01	-4.23E-05	1.03E+01	-2.83E-05	9.38E+00	-4.23E-05	1.62E+01	-1.73E-05	7.43E+00	1.03E+01	9.38E+00	1.62E+01	-4.23E-04	-2.83E-04	-4.23E-04	-1.73E-04	-3.14E-03	-2.91E-03	-3.97E-03	-2.80E-03
723E-04	7.43E-01	-1.90E-05	1.03E+01	-1.47E-05	9.39E+00	-1.51E-05	1.62E-01	-1.42E-05	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E-01	-1.90E-04	-1.47E-04	-1.51E-04	-1.42E-04	-3.14E-03	-1.51E-03	-1.42E-03	-2.30E-03
733E-04	7.43E-01	-1.45E-05	1.03E+01	-1.37E-05	9.39E+00	-1.43E-05	1.62E-01	-1.32E-05	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E-01	-1.45E-04	-1.37E-04	-1.45E-04	-1.32E-04	-1.08E-03	-1.41E-03	-1.34E-03	-2.13E-03
743E-04	7.43E-01	-1.34E-05	1.03E+01	-1.28E-05	9.39E+00	-1.32E-05	1.62E+01	-1.26E-05	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-1.34E-04	-1.28E-04	-1.32E-04	-1.26E-04	-1.21E-04	-9.99E-04	-1.30E-03	-1.19E-03
753E-04	7.43E-01	-1.23E-05	1.03E+01	-1.15E-05	9.39E+00	-1.21E-05	1.62E-01	-1.10E-05	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E-01	-1.23E-04	-1.15E-04	-1.21E-04	-1.10E-04	-9.17E-04	-1.18E-03	-1.14E-03	-1.17E-03
763E-04	7.43E-01	-1.12E-05	1.03E+01	-1.03E-05	9.39E+00	-1.09E-05	1.62E-01	-9.79E-06	7.43E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	-1.12E-04	-1.03E-04	-1.09E-04	-9.79E-05	-8.31E-04	-1.08E-03	-1.03E-03	-1.56E-03
773E-04	7.43E-01	-9.87E-06	1.03E+01	-9.10E-06	9.39E+00	-9.75E-06	1.62E-01	-8.57E-06	7.43E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	-9.87E-05	-9.10E-05	-9.75E-05	-8.57E-05	-7.41E-04	-9.35E-04	-9.15E-04	-1.36E-03
783E-04	7.43E-01	-8.73E-06	1.03E+01	-8.39E-06	9.39E+00	-8.50E-06	1.62E-01	-7.31E-06	7.43E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	-8.73E-05	-8.39E-05	-8.50E-05	-7.31E-05	-6.49E-04	-8.08E-04	-7.98E-04	-1.16E-03
793E-04	7.43E-01	-7.45E-06	1.03E+01	-6.55E-06	9.39E+00	-7.22E-06	1.62E-01	-6.01E-06	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-7.45E-05	-6.55E-05	-7.22E-05	-6.01E-05	-5.45E-04	-6.73E-04	-6.78E-04	-9.72E-04
803E-04	7.43E-01	-6.13E-06	1.03E+01	-5.91E-06	9.39E+00	-5.91E-06	1.62E-01	-4.69E-06	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-6.13E-05	-5.22E-05	-5.91E-05	-4.69E-05	-4.56E-04	-5.37E-04	-5.55E-04	-7.56E-04
813E-04	7.43E-01	-4.80E-06	1.03E+01	-3.87E-06	9.39E+00	-4.57E-06	1.62E-01	-3.34E-06	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-4.80E-05	-3.87E-05	-4.57E-05	-3.34E-05	-3.25E-04	-3.98E-04	-4.29E-04	-5.40E-04
822E-04	7.43E-01	-3.44E-06	1.03E+01	-2.51E-06	9.39E+00	-3.21E-06	1.62E-01	-1.98E-06	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-3.44E-05	-2.51E-05	-3.21E-05	-1.98E-05	-2.56E-04	-2.98E-04	-3.01E-04	-3.19E-04
832E-04	7.43E-01	-2.06E-06	1.03E+01	-1.13E-06	9.39E+00	-1.83E-06	1.62E-01	-5.95E-07	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-2.06E-05	-1.13E-05	-1.83E-05	-5.95E-06	-1.63E-04	-1.18E-04	-1.72E-04	-9.62E-05
842E-04	7.43E-01	-6.75E-07	1.03E+01	-1.37E-06	9.39E+00	-1.43E-07	1.62E-01	-7.99E-07	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-6.75E-06	-5.75E-06	-6.45E-06	-7.99E-06	-5.02E-05	-2.71E-05	-4.18E-05	1.25E-04
852E-04	7.43E-01	-7.17E-07	1.03E+01	-1.66E-06	9.39E+00	-9.47E-07	1.62E-01	-2.19E-06	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	-7.17E-06	-6.66E-06	-7.47E-06	-2.19E-05	-5.33E-05	-7.0E-05	-6.89E-05	3.53E-04
862E-04	7.43E-01	-3.05E-06	1.03E+01	-3.05E-06	9.39E+00	-3.05E-06	1.62E-01	-3.05E-06	7.43E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E-01	-3.05E-05	-3.05E-05	-3.05E-05	-3.05E-05	-3.05E-04	-3.15E-04	-3.05E-04	8.07E-04
872E-04	7.43E-01	3.50E-06	1.03E+01	3.50E-06	9.39E+00	3.73E-06	1.62E-01	4.98E-06	7.43E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	3.50E-05	4.43E-05	3.73E-05	4.98E-05	6.0E-04	4.59E-04	5.30E-04	5.81E-04
882E-04	7.43E-01	5.80E-06	1.03E+01	5.80E-06	9.39E+00	6.10E-06	1.62E-01	6.33E-06	7.43E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	4.87E-05	5.80E-05	5.10E-05	6.33E-05	6.62E-04	5.98E-04	4.79E-04	1.02E-03
892E-04	7.43E-01	6.23E-06	1.03E+01	6.23E-06	9.39E+00	7.43E+00	1.62E-01	7.68E-06	7.43E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	6.23E-05	7.15E-05	6.46E-05	7.68E-05	8.63E-04	7.34E-04	6.07E-04	1.24E-03
902E-04	7.44E-01	7.57E-06	1.03E+01	7.57E-06	9.39E+00	8.06E-06	1.62E-01	9.01E-06	7.44E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	7.57E-05	8.48E-05	7.80E-05	9.01E-05	9.63E-04	8.71E-04	7.32E-04	1.46E-03
912E-04	7.44E-01	8.88E-06	1.03E+01	8.88E-06	9.39E+00	9.11E-06	1.62E-01	1.03E-05	7.44E+00	1.03E+01	9.39E+00	1.62E+01	8.88E-05	9.77E-05	9.11E-05	1.03E-04	6.60E-04	1.00E-03	8.56E-04	1.67E-03
922E-04	7.44E-01	1.02E-05	1.03E+01	1.02E-05	9.39E+00	1.04E-05	1.62E-01	1.18E-05	7.44E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	1.02E-04	1.10E-04	1.04E-04	1.18E-04	7.56E-04	1.13E-03	9.76E-04	1.87E-03
931E-04	7.44E-01	1.23E-05	1.03E+01	1.23E-05	9.39E+00	1.16E-05	1.62E-01	1.28E-05	7.44E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	1.14E-04	1.23E-04	1.16E-04	1.28E-04	8.48E-04	1.28E-03	1.09E-03	2.07E-03
941E-04	7.44E-01	1.28E-05	1.03E+01	1.28E-05	9.39E+00	1.28E-05	1.62E-01	1.40E-05	7.44E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	1.28E-04	1.34E-04	1.28E-04	1.40E-04	9.38E-04	1.38E-03	1.21E-03	2.26E-03
951E-04	7.44E-01	1.38E-05	1.03E+01	1.34E-05	9.39E+00	1.40E-05	1.62E-01	1.51E-05	7.44E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	1.38E-04	1.46E-04	1.40E-04	1.51E-04	1.02E-03	1.50E-03	1.31E-03	2.44E-03
961E-04	7.44E-01	1.49E-05	1.03E+01	1.46E-05	9.39E+00	1.51E-05	1.62E-01	1.62E-05	7.44E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	1.49E-04	1.57E-04	1.51E-04	1.62E-04	1.11E-03	1.61E-03	1.42E-03	2.62E-03
971E-04	7.44E-01	1.59E-05	1.03E+01	1.67E-05	9.39E+00	1.62E-05	1.62E-01	1.72E-05	7.44E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	1.59E-04	1.67E-04	1.62E-04	1.72E-04	1.18E-03	1.71E-03	1.52E-03	2.78E-03
981E-04	7.44E-01	1.69E-05	1.03E+01	1.76E-05	9.39E+00	1.71E-05	1.62E-01	1.82E-05	7.44E+00	1.03E-01	9.39E+00	1.62E+01	1.69E-04	1.78E-04	1.71E-04	1.82E-04	1.26E-03	1.81E-03	1.61E-03	2.94E-03
991E-04	7.44E-01	1.78E-05	1.03E+01	1.85E-05	9.39E+00	1.81E-05	1.62E-01	1.92E-05	7.44											





2.43E-03	2.09E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.71E-01	2.53E-01	4.70E-01	1.42E-02	2.04E-02	1.84E-02	3.20E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.38E+00	2.77E-02	5.69E-02	4.66E-02	1.40E-01	
2.44E-03	2.09E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.72E-01	2.53E-01	4.70E-01	1.42E-02	2.04E-02	1.85E-02	3.21E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.77E-02	5.70E-02	4.67E-02	1.41E-01	
2.45E-03	2.09E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.73E-01	2.53E-01	4.71E-01	1.43E-02	2.05E-02	1.86E-02	3.22E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.78E-02	5.72E-02	4.68E-02	1.41E-01	
2.46E-03	2.09E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.74E-01	2.53E-01	4.71E-01	1.43E-02	2.05E-02	1.86E-02	3.23E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.79E-02	5.73E-02	4.70E-02	1.42E-01	
2.47E-03	2.09E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.75E-01	2.53E-01	4.71E-01	1.43E-02	2.06E-02	1.86E-02	3.24E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.80E-02	5.75E-02	4.71E-02	1.42E-01	
2.48E-03	2.09E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.76E-01	2.53E-01	4.71E-01	1.44E-02	2.07E-02	1.87E-02	3.25E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.81E-02	5.77E-02	4.73E-02	1.43E-01	
2.49E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.77E-01	2.53E-01	4.71E-01	1.44E-02	2.08E-02	1.88E-02	3.27E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.82E-02	5.80E-02	4.75E-02	1.43E-01	
2.50E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.78E-01	2.53E-01	4.71E-01	1.45E-02	2.09E-02	1.88E-02	3.28E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.83E-02	5.82E-02	4.77E-02	1.44E-01	
2.51E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.79E-01	2.53E-01	4.71E-01	1.45E-02	2.10E-02	1.89E-02	3.30E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.84E-02	5.85E-02	4.79E-02	1.45E-01	
2.52E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.80E-01	2.53E-01	4.72E-01	1.47E-02	2.11E-02	1.90E-02	3.32E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.86E-02	5.89E-02	4.82E-02	1.46E-01	
2.53E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.81E-01	2.53E-01	4.72E-01	1.48E-02	2.12E-02	1.91E-02	3.35E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.88E-02	5.94E-02	4.85E-02	1.47E-01	
2.54E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.82E-01	2.53E-01	4.73E-01	1.49E-02	2.14E-02	1.93E-02	3.38E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.90E-02	5.98E-02	4.89E-02	1.48E-01	
2.55E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.83E-01	2.53E-01	4.73E-01	1.50E-02	2.16E-02	1.95E-02	3.41E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.92E-02	6.04E-02	4.93E-02	1.50E-01	
2.56E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.84E-01	2.53E-01	4.73E-01	1.51E-02	2.19E-02	1.97E-02	3.45E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.95E-02	6.11E-02	4.98E-02	1.51E-01	
2.57E-03	2.10E-01	1.95E-01	3.00E-01	2.79E-01	2.85E-01	2.53E-01	4.73E-01	1.53E-02	2.21E-02	1.99E-02	3.50E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	2.99E-02	6.19E-02	5.04E-02	1.54E-01	
2.58E-03	2.11E-01	1.95E-01	3.02E-01	2.79E-01	2.86E-01	2.53E-01	4.74E-01	1.55E-02	2.25E-02	2.02E-02	3.56E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.03E-02	6.28E-02	5.11E-02	1.56E-01	
2.59E-03	2.11E-01	1.95E-01	3.02E-01	2.79E-01	2.87E-01	2.53E-01	4.75E-01	1.55E-02	2.29E-02	2.05E-02	3.63E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.08E-02	6.40E-02	5.20E-02	1.59E-01	
2.60E-03	2.11E-01	1.95E-01	3.03E-01	2.79E-01	2.88E-01	2.53E-01	4.76E-01	1.61E-02	2.34E-02	2.10E-02	3.73E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.14E-02	6.52E-02	5.31E-02	1.63E-01	
2.61E-03	2.12E-01	1.95E-01	3.03E-01	2.79E-01	2.89E-01	2.53E-01	4.77E-01	1.65E-02	2.41E-02	2.15E-02	3.84E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.21E-02	6.73E-02	5.44E-02	1.68E-01	
2.62E-03	2.12E-01	1.95E-01	3.04E-01	2.79E-01	2.90E-01	2.53E-01	4.78E-01	1.70E-02	2.49E-02	2.22E-02	4.00E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.31E-02	6.96E-02	5.61E-02	1.75E-01	
2.63E-03	2.13E-01	1.95E-01	3.05E-01	2.79E-01	2.91E-01	2.53E-01	4.81E-01	1.75E-02	2.61E-02	2.30E-02	4.22E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.43E-02	7.28E-02	5.83E-02	1.86E-01	
2.64E-03	2.14E-01	1.95E-01	3.07E-01	2.79E-01	2.92E-01	2.53E-01	4.84E-01	1.85E-02	2.77E-02	2.43E-02	4.54E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.61E-02	7.74E-02	6.14E-02	1.99E-01	
2.65E-03	2.15E-01	1.95E-01	3.10E-01	2.79E-01	2.93E-01	2.53E-01	4.89E-01	1.98E-02	3.02E-02	2.61E-02	5.08E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	3.85E-02	8.43E-02	6.60E-02	2.23E-01	
2.66E-03	2.16E-01	1.95E-01	3.14E-01	2.79E-01	2.94E-01	2.53E-01	5.00E-01	2.17E-02	3.44E-02	2.90E-02	6.13E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	4.24E-02	9.60E-02	7.33E-02	2.69E-01	
2.67E-03	2.20E-01	1.95E-01	3.22E-01	2.79E-01	2.87E-01	2.53E-01	5.36E-01	2.53E-02	4.31E-02	3.44E-02	9.78E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	4.39E+00	4.94E-02	1.20E-01	8.70E-02	4.29E-01	
2.68E-03	2.29E-01	1.95E-01	3.54E-01	2.79E-01	3.02E-01	2.53E-01	8.34E+00	3.42E-02	7.43E-02	4.87E-02	7.98E-02	1.95E+00	2.79E+00	2.53E+00	3.64E+00	6.67E-02	2.08E-01	1.23E-01	2.90E+01	
2.69E-03	1.12E+00	1.74E-01	1.66E+00	1.82E-01	1.60E+00	1.12E-01	1.60E+00	4.47E+00	1.83E+00	1.63E+00	1.58E+00	1.74E+00	1.68E+00	1.52E+00	1.82E+00	1.65E+00	1.40E+00	3.88E+00	2.88E+00	
2.70E-03	4.43E+00	8.81E-02	9.85E+00	1.21E-02	1.61E+00	2.12E-02	1.61E+00	9.84E+00	9.44E+00	9.44E+00	1.61E+00	1.81E+00	1.21E+00	1.75E+00	3.63E+00	3.82E+00	1.91E+00	5.08E+00	5.84E+00	
2.71E-03	7.43E+00	1.98E-05	1.03E+01	4.59E-05	1.61E+00	6.86E-03	1.61E+00	1.03E-01	1.03E-01	9.45E+00	1.61E+00	1.88E-04	4.59E-04	8.89E-02	1.62E-04	1.25E-03	4.71E-03	6.28E-01	2.63E-03	
2.72E-03	7.45E+00	4.24E-05	1.03E+01	1.78E-05	1.62E-01	3.02E-05	1.62E-01	1.03E-01	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	4.24E-04	1.78E-04	1.62E-04	1.62E-04	3.16E-03	1.83E-03	2.94E-03	2.68E-03	
2.73E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	1.46E-05	1.62E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.41E-05	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.51E-04	1.46E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.30E-03	1.30E-03	1.55E-03	2.27E-03	
2.73E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	1.46E-05	1.62E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.41E-05	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.51E-04	1.46E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.30E-03	1.30E-03	1.55E-03	2.27E-03	
2.74E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	1.35E-05	1.62E-01	1.41E-05	1.62E-01	1.35E-05	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.44E-04	1.35E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.41E-04	1.07E-03	1.39E-03	1.33E-03	2.10E-03
2.74E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	1.35E-05	1.62E-01	1.41E-05	1.62E-01	1.35E-05	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.44E-04	1.35E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.41E-04	1.07E-03	1.39E-03	1.33E-03	2.10E-03
2.75E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	1.25E-05	1.62E-01	1.19E-05	1.62E-01	1.19E-05	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.33E-04	1.25E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.19E-04	9.88E-04	1.23E-03	1.192E-03	
2.76E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	1.10E-05	1.62E-01	1.19E-05	1.62E-01	1.10E-05	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.21E-04	1.10E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.08E-04	9.04E-04	1.11E-03	1.174E-03	
2.77E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	9.80E-06	1.62E-01	1.07E-05	1.62E-01	9.80E-06	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.10E-04	9.80E-05	1.62E-04	1.62E-04	9.58E-05	8.18E-04	1.04E-03	1.145E-03	
2.78E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	8.90E-06	1.62E-01	9.54E-06	1.62E-01	8.90E-06	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	9.78E-05	8.90E-05	1.62E-04	1.62E-04	8.39E-05	7.27E-04	9.15E-04	1.135E-03	
2.79E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	8.32E-06	1.62E-01	8.29E-06	1.62E-01	8.32E-06	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	8.61E-05	8.32E-05	1.62E-04	1.62E-04	7.90E-05	6.34E-04	7.79E-04	1.135E-03	
2.80E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	7.00E-06	1.62E-01	7.00E-06	1.62E-01	7.00E-06	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	7.23E-05	7.00E-05	1.62E-04	1.62E-04	5.80E-05	4.39E-04	4.51E-04	1.068E-03	
2.80E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	5.00E-06	1.62E-01	5.00E-06	1.62E-01	5.00E-06	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	5.91E-05	5.00E-05	1.62E-04	1.62E-04	4.47E-05	3.14E-04	2.75E-04	9.32E-04	
2.81E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	3.65E-06	1.62E-01	3.65E-06	1.62E-01	3.65E-06	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	4.57E-05	3.65E-05	1.62E-04	1.62E-04	3.12E-05	2.34E-04	1.63E-04	7.22E-04	
2.82E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	2.28E-06	1.62E-01	2.28E-06	1.62E-01	2.28E-06	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	3.21E-05	2.28E-05	1.62E-04	1.62E-04	1.75E-05	1.39E-04	8.08E-04	5.03E-04	
2.83E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	8.93E-07	1.62E-01	8.93E-07	1.62E-01	8.93E-07	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	1.63E-05	8.93E-06	1.62E-04	1.62E-04	9.36E-06	6.34E-05	4.23E-04	2.88E-04	
2.84E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	4.42E-07	1.62E-01	2.11E-07	1.62E-01	4.42E-07	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	4.42E-06	4.42E-06	1.62E-04	1.62E-04	2.11E-06	1.03E-05	5.12E-05	1.99E-05	1.66E-04
2.85E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	8.97E-07	1.62E-01	1.86E-06	1.62E-01	8.97E-07	1.03E-01	9.40E+00	1.62E-01	9.51E-06	8.97E-06	1.62E-04	1.62E-04	2.42E-06	1.26E-05	8.12E-05	3.11E-04	3.91E-04
2.86E-03	7.45E+00	4.31E-05	1.03E+01	3.28E-06	1.62E-01	2.57E-06	1.62E													

Lampiran 4: Data Pengujian Alat

DATA PENGUJIAN ALAT															
	CH1 (2.2nF)	CH2 (2.2nF)	CH1 (10nF)	CH2 (10nF)	CH1 (100nF)	CH2 (100nF)	VDS (100nF)	VDS (10nF)	VDS (2.2nF)	Is (100nF)	Is (10nF)	Is (2.2nF)	P (100nF)	P (10nF)	P (2.2nF)
-2.00E-03	3.2	0.027	3.6	0.029	3.8	0.029	3.173	3.571	3.771	0.27	0.29	0.29	0.85671	1.03559	1.09359
-2.00E-03	3.4	0.029	3.6	0.028	3.6	0.029	3.371	3.572	3.571	0.29	0.28	0.29	0.97759	1.00016	1.03559
-2.00E-03	3.4	0.027	3.6	0.03	3.4	0.03	3.373	3.57	3.37	0.27	0.3	0.3	0.91071	1.071	1.011
-2.00E-03	3.6	0.027	3.4	0.028	3.6	0.026	3.573	3.372	3.574	0.27	0.28	0.26	0.96471	0.94416	0.92924
-2.00E-03	3.8	0.028	3.6	0.027	3.4	0.028	3.772	3.573	3.372	0.28	0.27	0.28	1.05616	0.96471	0.94416
-2.00E-03	3.6	0.028	3.2	0.026	3.6	0.03	3.572	3.174	3.57	0.28	0.26	0.3	1.00016	0.82524	1.071
-2.00E-03	3.6	0.027	3.8	0.029	3.8	0.027	3.573	3.771	3.773	0.27	0.29	0.27	0.96471	1.09359	1.01871
-2.00E-03	3.4	0.028	3.6	0.027	3.6	0.027	3.372	3.573	3.573	0.28	0.27	0.27	0.94416	0.96471	0.96471
-2.00E-03	3.2	0.027	4	0.028	4	0.028	3.173	3.972	3.972	0.27	0.28	0.28	0.85671	1.11216	1.11216
-2.00E-03	3.4	0.025	3.6	0.027	3.6	0.027	3.375	3.573	3.573	0.25	0.27	0.27	0.94375	0.96471	0.96471
-2.00E-03	3.2	0.027	3.8	0.028	3.6	0.028	3.173	3.772	3.572	0.27	0.28	0.28	0.85671	1.05616	1.00016
-2.00E-03	3.6	0.028	3.8	0.031	3.4	0.028	3.572	3.769	3.372	0.28	0.31	0.28	1.00016	1.16839	0.94416
-2.00E-03	3.6	0.027	3.6	0.03	3.6	0.026	3.573	3.57	3.574	0.27	0.3	0.26	0.96471	1.071	0.92924
-1.99E-03	3.6	0.028	3.4	0.028	3.6	0.03	3.572	3.372	3.57	0.28	0.28	0.3	1.00016	0.94416	1.071
-1.99E-03	3.6	0.029	4	0.027	3.4	0.027	3.571	3.973	3.373	0.29	0.27	0.27	1.03559	1.07271	0.91071
-1.99E-03	3.4	0.027	3.6	0.027	3.4	0.029	3.373	3.573	3.371	0.27	0.27	0.29	0.91071	0.96471	0.97759
-1.99E-03	3.6	0.027	3.6	0.03	3.4	0.027	3.573	3.57	3.373	0.27	0.3	0.27	0.96471	1.071	0.91071
-1.99E-03	3.4	0.026	3.4	0.027	3.6	0.028	3.374	3.373	3.572	0.26	0.27	0.28	0.87724	0.91071	1.00016
-1.99E-03	3.2	0.027	3.4	0.027	3.8	0.028	3.173	3.373	3.772	0.27	0.27	0.28	0.85671	0.91071	1.05616
-1.99E-03	3.8	0.025	3.6	0.027	3.2	0.029	3.775	3.573	3.171	0.25	0.27	0.29	0.94375	0.96471	0.91959
-1.99E-03	3.2	0.027	3.6	0.026	3.4	0.027	3.173	3.574	3.373	0.27	0.26	0.27	0.85671	0.92924	0.91071
-1.99E-03	3.6	0.027	3.6	0.028	3.4	0.028	3.573	3.572	3.372	0.27	0.28	0.28	0.96471	1.00016	0.94416
-1.99E-03	3.2	0.027	3.6	0.03	3.6	0.029	3.173	3.57	3.571	0.27	0.3	0.29	0.85671	1.071	1.03559
-1.99E-03	3	0.027	3.6	0.028	3.6	0.028	2.973	3.572	3.572	0.27	0.28	0.28	0.80271	1.00016	1.00016
-1.99E-03	3.6	0.027	3.6	0.027	3.6	0.031	3.573	3.573	3.569	0.27	0.27	0.31	0.96471	0.96471	1.10639
-1.99E-03	3.2	0.027	3.6	0.029	3.6	0.029	3.173	3.571	3.571	0.27	0.29	0.29	0.85671	1.03559	1.03559
-1.99E-03	3.6	0.025	3.8	0.027	3.4	0.031	3.575	3.773	3.369	0.25	0.27	0.31	0.89375	1.01871	1.04439
-1.99E-03	3.4	0.026	3.4	0.028	3	0.027	3.374	3.372	2.973	0.26	0.28	0.27	0.87724	0.94416	0.80271
-1.99E-03	3.4	0.026	3.2	0.026	3.6	0.028	3.374	3.174	3.572	0.26	0.26	0.28	0.87724	0.82524	1.00016
-1.99E-03	3.2	0.028	3.6	0.03	3.4	0.027	3.172	3.57	3.373	0.28	0.3	0.27	0.88816	1.071	0.91071
-1.99E-03	3.6	0.026	3.6	0.029	3.2	0.028	3.574	3.571	3.172	0.26	0.29	0.28	0.92924	1.03559	0.88816
-1.99E-03	3.2	0.028	3.6	0.03	3.6	0.027	3.172	3.57	3.573	0.28	0.3	0.27	0.88816	1.071	0.96471
-1.99E-03	3.4	0.027	3.6	0.027	3.6	0.028	3.373	3.573	3.572	0.27	0.27	0.28	0.91071	0.96471	1.00016
-1.99E-03	3.4	0.026	3.6	0.029	3.6	0.029	3.374	3.571	3.571	0.26	0.29	0.29	0.87724	1.03559	1.03559
-1.99E-03	3.4	0.026	3.4	0.027	3.8	0.03	3.374	3.373	3.77	0.26	0.27	0.3	0.87724	0.91071	1.131
-1.99E-03	3.4	0.028	3.6	0.03	3.6	0.026	3.372	3.57	3.574	0.28	0.3	0.26	0.94416	1.071	0.92924
-1.99E-03	3	0.028	3.8	0.027	3.6	0.026	2.972	3.773	3.574	0.28	0.27	0.26	0.83216	1.01871	0.92924
-1.99E-03	3.6	0.027	3.6	0.026	3.6	0.028	3.573	3.574	3.572	0.27	0.26	0.28	0.96471	0.92924	1.00016
-1.98E-03	3.2	0.026	3.8	0.028	3.6	0.028	3.174	3.772	3.572	0.26	0.28	0.28	0.82524	1.05616	1.00016
-1.98E-03	3.2	0.027	3.6	0.029	3.6	0.027	3.173	3.571	3.573	0.27	0.29	0.27	0.85671	1.03559	0.96471
-1.98E-03	3.6	0.027	3.6	0.027	3.6	0.028	3.573	3.573	3.572	0.27	0.27	0.28	0.96471	0.96471	1.00016
-1.98E-03	3.2	0.027	4	0.028	3.6	0.03	3.173	3.972	3.57	0.27	0.28	0.3	0.85671	1.11216	1.071
-1.98E-03	3.4	0.027	3.4	0.028	3.6	0.028	3.373	3.372	3.573	0.27	0.28	0.28	0.91071	0.94416	1.00016
-1.98E-03	3.4	0.028	3.6	0.029	3.6	0.03	3.372	3.572	3.57	0.28	0.29	0.3	0.84416	1.03559	1.071
-1.98E-03	3.6	0.028	3.6	0.028	3.6	0.027	3.572	3.572	3.573	0.28	0.28	0.27	1.00016	1.00016	0.96471
-1.98E-03	3.6	0.026	3.6	0.028	3.8	0.026	3.574	3.572	3.574	0.26	0.28	0.26	0.92924	1.00016	0.92924
-1.98E-03	3.4	0.026	3.6	0.029	3.8	0.026	3.374	3.571	3.774	0.26	0.29	0.26	0.87724	1.03559	0.98124
-1.98E-03	3.6	0.027	3.8	0.028	3.6	0.028	3.573	3.772	3.572	0.27	0.28	0.28	0.96471	1.05616	1.00016
-1.98E-03	3.6	0.028	3.6	0.026	3.6	0.027	3.572	3.574	3.573	0.28	0.26	0.27	1.00016	0.92924	0.96471
-1.98E-03	3.6	0.028	3.6	0.027	3.8	0.029	3.572	3.573	3.771	0.28	0.27	0.29	1.00016	0.96471	1.09359
-1.98E-03	3.2	0.028	3.4	0.028	3.6	0.027	3.172	3.372	3.573	0.28	0.28	0.27	0.88816	0.94416	0.96471
-1.98E-03	3.6	0.027	3.4	0.026	3.4	0.026	3.573	3.374	3.374	0.27	0.26	0.26	0.96471	0.87724	0.87724
-1.98E-03	3.6	0.028	3.8	0.029	3.8	0.028	3.572	3.771	3.772	0.28	0.29	0.28	1.00016	1.09359	1.05616
-1.98E-03	3.6	0.028	3.8	0.029	3.8	0.027	3.572	3.771	3.773	0.28	0.29	0.27	1.00016	1.09359	1.01871
-1.98E-03	3.4	0.027	4.8	0.025	3.4	0.028	3.373	4.775	3.372	0.27	0.25	0.28	0.91071	1.19375	0.94416
-1.98E-03	3.2	0.026	9.2	0.009	3.4	0.029	3.174	9.191	3.371	0.26	0.09	0.29	0.82524	0.82719	0.97759
-1.98E-03	3.6	0.004	4.8	0.004	8.2	-0.001	3.596	4.796	8.201	0.04	0.04	-0.01	0.14384	0.19184	-0.08201
-1.98E-03	12.6	-0.043	4.8	0.002	7.8	-0.007	12.643	4.798	7.807	-0.43	0.02	-0.07	-5.43649	0.09596	-0.54649
-1.98E-03	3.6	-0.033	6	0	6	-0.004	3.633	6	5.004	-0.33	0	-0.04	-1.19899	0	-0.20016
-1.98E-03	6.4	-0.022	4.8	-0.002	4.6	-0.004	6.422	4.802	4.804	-0.22	-0.02	-0.04	-1.41284	-0.09604	-0.12416
-1.98E-03	6	-0.007	5.6	-0.002	5.2	-0.003	6.007	5.802	5.203	-0.07	-0.02	-0.03	-0.42049	-0.11604	-0.15609
-1.98E-03	5.6	0.001	5.4	-0.001	5	-0.003	5.599	5.401	5.003	0.01	-0.01	-0.03	0.05599	-0.05401	-0.15009
-1.98E-03	5.6	0.002	5.2	-0.002	5.4	-0.003	5.598	5.202	5.403	0.02	-0.02	-0.03	0.11196	-0.10404	-0.16209
-1.97E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.004	5.8	-0.004	5.603	5.604	5.804	-0.03	-0.04	-0.04	-0.16809	-0.22416	-0.23216
-1.97E-03	5	-0.004	5	-0.002	5.6	-0.003	5.004	5.002	5.603	-0.04	-0.02	-0.03	-0.20016	-0.10004	-0.16809
-1.97E-03	5.2	-0.005	5.8	-0.001	5.6	-0.004	5.205	5.801	5.804	-0.05	-0.01	-0.04	-0.26025	-0.05801	-0.22416
-1.97E-03	5.6	-0.007	5.6	-0.001	5.6	-0.006	5.607	5.601	5.606	-0.07	-0.01	-0.06	-0.39249	-0.05601	-0.33636
-1.97E-03	5.2	-0.005	5.6	-0.001	5.2	-0.003	5.205	5.601	5.203	-0.05	-0.01	-0.03	-0.26025	-0.05601	-0.15609
-1.97E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.003	4.8	-0.005	5.204	5.603	4.805	-0.04	-0.03	-0.05	-0.20816	-0.16809	-0.24025
-1.97E-03	5	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.004	5.002	5.603	5.604	-0.02	-0.03	-0.04	-0.10004	-0.16809	-0.22416
-1.97E-03	5.2	-0.005	5.2	-0.003	5.4	-0.003	5.205	5.203	5.403	-0.05	-0.03	-0.03	-0.26025	-0.15609	-0.16209
-1.97E-03	5.6	-0.005	5.6	-0.001	5.8	-0.002	5.605	5.601	5.802	-0.05	-0.01	-0.02	-0.28025	-0.05601	-0.11604
-1.97E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.001	5.6	-0.004	5.604	5.601	5.604	-0.04	-0.01	-0.04	-0.22416	-0.05601	-0.22416
-1.97E-03	5.2	-0.001	5.8	-0.001	5.8	-0.004	5.201	5.801	5.804	-0.01	-0.01	-0.04			

-1.96E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.603	5.603	5.601	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.16809	-0.05601
-1.96E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.003	5.2	-0.001	5.604	5.603	5.201	-0.04	-0.03	-0.01	-0.22416	-0.16809	-0.05201
-1.96E-03	5.2	-0.002	5.6	-0.004	5.6	-0.004	5.202	5.604	5.604	-0.02	-0.04	-0.04	-0.10404	-0.22416	-0.22416
-1.96E-03	5.2	-0.001	5.6	-0.003	5.6	-0.004	5.201	5.603	5.604	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05201	-0.16809	-0.22416
-1.96E-03	5	-0.002	5.2	-0.001	5.6	-0.003	5.002	5.201	5.603	-0.02	-0.01	-0.03	-0.10004	-0.05201	-0.16809
-1.96E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.602	5.603	5.603	-0.02	-0.03	-0.03	-0.11204	-0.16809	-0.16809
-1.96E-03	5.6	-0.002	6	-0.003	5.2	-0.004	5.602	6.003	5.204	-0.02	-0.03	-0.04	-0.11204	-0.18009	-0.20816
-1.96E-03	5.2	-0.002	5.6	-0.001	5.2	-0.003	5.202	5.601	5.203	-0.02	-0.01	-0.03	-0.10404	-0.05601	-0.15609
-1.96E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.204	5.603	5.603	-0.04	-0.03	-0.03	-0.20816	-0.16809	-0.16809
-1.96E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.004	5.2	-0.003	5.604	5.604	5.203	-0.04	-0.04	-0.03	-0.22416	-0.22416	-0.15609
-1.96E-03	5.2	-0.007	5.6	-0.001	5.6	-0.002	5.207	5.601	5.602	-0.07	-0.01	-0.02	-0.36449	-0.05601	-0.11204
-1.96E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.001	5.6	-0.003	5.603	5.401	5.603	-0.03	-0.01	-0.03	-0.16809	-0.05401	-0.16809
-1.96E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.6	-0.003	5.603	5.601	5.603	-0.03	-0.01	-0.03	-0.16809	-0.05601	-0.16809
-1.96E-03	5.6	-0.005	5.4	-0.003	5.6	-0.003	5.605	5.403	5.603	-0.05	-0.03	-0.03	-0.28025	-0.16209	-0.16809
-1.96E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.001	5.6	0	5.204	5.601	5.6	-0.04	-0.01	0	-0.20816	-0.05601	0
-1.95E-03	5.6	-0.003	5	-0.003	5.6	-0.004	5.603	5.003	5.604	-0.03	-0.03	-0.04	-0.16809	-0.15009	-0.22416
-1.95E-03	5.6	-0.001	5.6	-0.003	5.2	-0.004	5.601	5.603	5.204	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05601	-0.16809	-0.20816
-1.95E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.004	5.6	-0.004	5.604	5.604	5.604	-0.04	-0.04	-0.04	-0.22416	-0.22416	-0.22416
-1.95E-03	5.6	-0.002	5.4	-0.001	5.2	-0.001	5.602	5.401	5.201	-0.02	-0.01	-0.01	-0.11204	-0.05401	-0.05201
-1.95E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.005	5.6	-0.003	5.603	5.405	5.603	-0.03	-0.05	-0.03	-0.16809	-0.27025	-0.16809
-1.95E-03	5.4	-0.003	5.2	-0.003	5.6	-0.005	5.403	5.203	5.605	-0.03	-0.03	-0.05	-0.16209	-0.15609	-0.28025
-1.95E-03	5.2	-0.003	5.6	-0.002	5.6	-0.004	5.203	5.602	5.604	-0.03	-0.02	-0.04	-0.15609	-0.11204	-0.22416
-1.95E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.003	5.6	-0.003	5.603	5.403	5.603	-0.03	-0.03	-0.03	-0.16809	-0.16209	-0.16809
-1.95E-03	5	-0.004	5.4	-0.001	5	-0.001	5.004	5.401	5.01	-0.04	-0.01	-0.01	-0.20016	-0.05401	-0.05001
-1.95E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.603	5.602	5.603	-0.03	-0.02	-0.03	-0.16809	-0.11204	-0.16809
-1.95E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.003	5.4	-0.002	5.604	5.603	5.402	-0.04	-0.03	-0.02	-0.22416	-0.16809	-0.10804
-1.95E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.002	5.6	-0.004	5.603	5.802	5.604	-0.03	-0.02	-0.04	-0.16809	-0.11604	-0.22416
-1.95E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.002	5.2	-0.003	5.204	5.602	5.203	-0.04	-0.02	-0.03	-0.20816	-0.11204	-0.15609
-1.95E-03	5	-0.003	5.6	-0.004	5.2	-0.003	5.003	5.604	5.203	-0.03	-0.04	-0.03	-0.15009	-0.22416	-0.15609
-1.95E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.003	5.6	-0.002	5.604	5.603	5.602	-0.04	-0.03	-0.02	-0.22416	-0.16809	-0.11204
-1.95E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.002	5.4	-0.003	5.603	5.602	5.403	-0.03	-0.02	-0.03	-0.16809	-0.11204	-0.16209
-1.95E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5	-0.003	5.602	5.603	5.003	-0.02	-0.03	-0.03	-0.11204	-0.16809	-0.15009
-1.95E-03	5.4	-0.004	5.6	-0.003	5.8	-0.004	5.404	5.603	5.804	-0.04	-0.03	-0.04	-0.21616	-0.16809	-0.23216
-1.95E-03	5.2	-0.002	5.2	-0.001	5.6	-0.002	5.202	5.201	5.602	-0.02	-0.01	-0.02	-0.10404	-0.05201	-0.11204
-1.95E-03	5.4	-0.003	5.6	-0.003	5.4	-0.004	5.403	5.603	5.404	-0.03	-0.03	-0.04	-0.16209	-0.16809	-0.21616
-1.95E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.001	5.6	0	5.603	5.401	5.6	-0.03	-0.01	0	-0.16809	-0.05401	0
-1.95E-03	5	-0.003	5.6	-0.004	5.8	-0.003	5.003	5.604	5.803	-0.03	-0.04	-0.03	-0.15009	-0.22416	-0.17409
-1.95E-03	4.8	-0.004	5.8	-0.001	5.6	-0.003	4.804	5.801	5.603	-0.04	-0.01	-0.03	-0.19216	-0.05801	-0.16809
-1.95E-03	5	-0.004	5.6	-0.001	5.6	-0.005	5.004	5.601	5.605	-0.04	-0.01	-0.05	-0.20016	-0.05601	-0.28025
-1.95E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.603	5.603	5.601	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.16809	-0.05601
-1.94E-03	5	-0.005	5.6	-0.004	5.2	-0.002	5.005	5.604	5.202	-0.05	-0.04	-0.02	-0.25025	-0.22416	-0.10404
-1.94E-03	5.2	-0.002	5.2	-0.001	5.6	0	5.202	5.201	5.6	-0.02	-0.01	0	-0.10404	-0.05201	0
-1.94E-03	5.6	-0.006	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.606	5.602	5.602	-0.06	-0.02	-0.02	-0.33636	-0.11204	-0.11204
-1.94E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.004	6	-0.001	5.603	5.804	6.001	-0.03	-0.04	-0.01	-0.16809	-0.23216	-0.06001
-1.94E-03	5.6	-0.004	5.2	-0.002	5.6	-0.002	5.604	5.202	5.602	-0.04	-0.02	-0.02	-0.22416	-0.11604	-0.11204
-1.94E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.602	5.603	5.603	-0.02	-0.03	-0.03	-0.11604	-0.16809	-0.15609
-1.94E-03	5.6	-0.004	5.8	-0.002	5.6	-0.004	5.604	5.802	5.604	-0.04	-0.02	-0.04	-0.22416	-0.11604	-0.22416
-1.94E-03	5	-0.004	5.6	-0.002	5.6	-0.004	5.004	5.602	5.604	-0.04	-0.02	-0.04	-0.20016	-0.11204	-0.22416
-1.94E-03	5	-0.004	5.6	-0.003	5.2	-0.001	5.004	5.603	5.201	-0.04	-0.03	-0.01	-0.20016	-0.16809	-0.05201
-1.94E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.6	-0.003	5.603	5.601	5.603	-0.03	-0.01	-0.03	-0.16809	-0.05601	-0.16809
-1.94E-03	5.2	-0.003	5	-0.003	5.6	-0.003	5.203	5.003	5.603	-0.03	-0.03	-0.03	-0.15609	-0.15009	-0.16809
-1.94E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.001	5.6	-0.002	5.604	5.601	5.602	-0.04	-0.01	-0.02	-0.22416	-0.05601	-0.11204
-1.94E-03	5.6	-0.005	5.8	-0.003	5.2	-0.002	5.605	5.803	5.202	-0.05	-0.03	-0.02	-0.28025	-0.17409	-0.10404
-1.94E-03	5	-0.004	5.6	-0.001	5.6	-0.004	5.004	5.601	5.603	-0.04	-0.01	-0.03	-0.20016	-0.05601	-0.16809
-1.94E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.602	5.603	5.601	-0.02	-0.03	-0.01	-0.11204	-0.16809	-0.05601
-1.94E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.002	5.8	-0.003	5.603	5.402	5.803	-0.03	-0.02	-0.03	-0.16809	-0.10804	-0.17409
-1.94E-03	5.6	-0.004	5.2	-0.004	5.2	-0.003	5.604	5.204	5.203	-0.04	-0.04	-0.03	-0.22416	-0.20816	-0.15609
-1.94E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.204	5.602	5.602	-0.04	-0.02	-0.02	-0.20816	-0.11204	-0.11204
-1.94E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.002	5.4	-0.003	5.204	5.602	5.403	-0.04	-0.02	-0.03	-0.20816	-0.11204	-0.16209
-1.94E-03	5.4	-0.003	5.6	-0.004	5.6	-0.004	5.403	5.604	5.604	-0.03	-0.04	-0.04	-0.16209	-0.22416	-0.22416
-1.94E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.2	-0.001	5.603	5.603	5.201	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.16809	-0.05201
-1.94E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.003	5.2	-0.001	5.603	5.603	5.201	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.16809	-0.05201
-1.94E-03	5.6	-0.005	5.8	-0.003	5.2	-0.002	5.605	5.803	5.202	-0.05	-0.03	-0.02	-0.28025	-0.17409	-0.10404
-1.94E-03	5	-0.004	5.6	-0.001	5.6	-0.004	5.004	5.601	5.603	-0.04	-0.01	-0.03	-0.20016	-0.05601	-0.16809
-1.94E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.602	5.603	5.601	-0.02	-0.03	-0.01	-0.11204	-0.16809	-0.05601
-1.94E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.002	5.8	-0.003	5.603	5.402	5.803	-0.03	-0.02	-0.03	-0.16809	-0.10804	-0.17409
-1.94E-03	5.6	-0.004	5.2	-0.004	5.2	-0.003	5.604	5.204	5.203	-0.04	-0.04	-0.03	-0.22416	-0.20816	-0.15609
-1.94E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.204	5.602	5.602	-0.04	-0.02	-0.02	-0.20816	-0.11204	-0.11204
-1.94E-03	5.2	-0.004	5.6	-0.002	5.4	-0.003	5.204	5.602	5.403	-0.04	-0.02	-0.03	-0.20816	-0.11204	-0.16209
-1.94E-03	5.4	-0.003	5.6	-0.004	5.6	-0.004	5.403	5.604	5.604	-0.03	-0.04	-0.04	-0.16209	-0.22416	-0.22416
-1.94E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.2	-0.001	5.603	5.603	5.201	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.16809	-0.05201
-1.94E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.003	5.2	-0.001	5.603	5.603	5.201	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.16809	-0.05201
-1.94E-03	5.6	-0.005	5.8	-0.003	5.2	-0.002	5.605	5.803	5.202	-0.05	-0.03	-0.02	-0.28025	-0.17409	-0.10404
-1.94E-03	5	-0.004	5.6	-0.001	5.6	-0.004	5.004	5.601	5.603	-0.04	-0.01	-0.03	-0.20016	-0.05601	-0.16809
-1.94E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.602	5.603	5.601	-0.02	-0.03	-0.01	-0.11204	-0.16809	-0.05601
-1.94E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.002</											

-1.92E-03	5.8	-0.002	5.4	-0.004	5.6	-0.002	5.802	5.404	5.602	-0.02	-0.04	-0.02	-0.11604	-0.21616	-0.11204
-1.92E-03	5.2	-0.003	5.6	-0.001	5.8	-0.002	5.203	5.601	5.802	-0.03	-0.01	-0.02	-0.15609	-0.05601	-0.11604
-1.92E-03	5.6	-0.001	5.4	-0.001	5.6	-0.002	5.601	5.401	5.602	-0.01	-0.01	-0.02	-0.05601	-0.05401	-0.11204
-1.92E-03	5.2	-0.003	5.6	-0.001	5.6	-0.002	5.203	5.601	5.602	-0.03	-0.01	-0.02	-0.15609	-0.05601	-0.11204
-1.92E-03	5.2	-0.002	5.8	0	5.6	-0.004	5.202	5.8	5.604	-0.02	0	-0.04	-0.10404	0	-0.22416
-1.92E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.004	5.6	-0.001	5.602	5.604	5.601	-0.02	-0.04	-0.01	-0.11204	-0.22416	-0.05601
-1.92E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.002	5.6	-0.002	5.603	5.802	5.602	-0.03	-0.02	-0.02	-0.16809	-0.11604	-0.11204
-1.92E-03	5.2	-0.004	5.4	-0.003	5.4	-0.003	5.204	5.403	5.403	-0.04	-0.03	-0.03	-0.20816	-0.16209	-0.16209
-1.92E-03	5.2	-0.002	5.2	-0.003	5.4	-0.004	5.202	5.203	5.404	-0.02	-0.03	-0.04	-0.10404	-0.15609	-0.21616
-1.92E-03	5.2	-0.002	5.6	-0.002	5.2	-0.003	5.202	5.602	5.203	-0.02	-0.02	-0.03	-0.10404	-0.11204	-0.15609
-1.91E-03	5.6	-0.003	5.6	0	5.6	-0.001	5.603	5.6	5.601	-0.03	0	-0.01	-0.16809	0	-0.05601
-1.91E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.604	5.602	5.603	-0.04	-0.02	-0.03	-0.20816	-0.11204	-0.16809
-1.91E-03	5.6	-0.003	5.4	-0.003	5.2	-0.003	5.603	5.403	5.203	-0.03	-0.03	-0.03	-0.15009	-0.16209	-0.15609
-1.91E-03	5.2	-0.005	5.4	-0.002	5.2	-0.003	5.205	5.402	5.203	-0.05	-0.02	-0.03	-0.26025	-0.10804	-0.15609
-1.91E-03	5.2	-0.001	5.6	-0.001	5.4	0	5.201	5.601	5.4	-0.01	-0.01	0	-0.05201	-0.05601	0
-1.91E-03	5.2	-0.005	5.4	-0.003	5.6	-0.004	5.205	5.403	5.604	-0.05	-0.03	-0.04	-0.26025	-0.16209	-0.22416
-1.91E-03	5.6	-0.002	5.8	-0.001	5.6	-0.003	5.002	5.801	5.603	-0.02	-0.01	-0.03	-0.10004	-0.05801	-0.16809
-1.91E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.4	-0.003	5.003	5.601	5.403	-0.03	-0.01	-0.03	-0.15009	-0.05601	-0.16209
-1.91E-03	5.6	-0.001	5.6	-0.003	5.2	-0.003	5.001	5.603	5.203	-0.01	-0.03	-0.03	-0.05001	-0.16809	-0.15609
-1.91E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.002	5.6	0	5.603	5.602	5.6	-0.03	-0.02	0	-0.16809	-0.11204	0
-1.91E-03	5.4	-0.002	5.6	-0.001	5.4	-0.003	5.402	5.601	5.403	-0.02	-0.01	-0.03	-0.10804	-0.05601	-0.16209
-1.91E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.002	5.2	-0.003	5.603	5.602	5.203	-0.03	-0.02	-0.03	-0.16809	-0.11204	-0.15609
-1.91E-03	5.6	-0.001	5.6	-0.002	5.2	-0.002	5.601	5.602	5.202	-0.01	-0.02	-0.02	-0.05601	-0.11204	-0.10404
-1.91E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.002	5.203	5.601	-0.02	-0.03	-0.01	-0.10004	-0.15609	-0.05601
-1.91E-03	5.2	-0.003	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.203	5.602	5.602	-0.03	-0.02	-0.02	-0.15609	-0.11204	-0.11204
-1.91E-03	5.6	-0.004	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.604	5.602	5.002	-0.04	-0.02	-0.02	-0.22416	-0.11204	-0.10004
-1.91E-03	5.2	-0.003	5.8	-0.002	5.6	-0.002	5.203	5.802	5.602	-0.03	-0.02	-0.02	-0.15609	-0.11604	-0.11204
-1.91E-03	5.2	-0.001	5.6	-0.003	5.4	-0.003	5.201	5.603	5.403	-0.01	-0.03	-0.03	-0.05201	-0.16809	-0.16209
-1.91E-03	5.2	-0.001	5.6	-0.001	5.6	-0.001	5.201	5.601	5.601	-0.01	-0.01	-0.01	-0.05201	-0.05601	-0.05601
-1.91E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.2	-0.002	5.602	5.602	5.202	-0.02	-0.02	-0.02	-0.11204	-0.11204	-0.10404
-1.91E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.003	5.6	-0.002	5.003	5.603	5.602	-0.03	-0.03	-0.02	-0.15009	-0.16809	-0.11204
-1.91E-03	5.4	-0.003	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.403	5.602	5.002	-0.03	-0.02	-0.02	-0.16209	-0.11204	-0.10004
-1.91E-03	5.6	-0.004	5.2	-0.001	5.6	-0.003	5.604	5.201	5.603	-0.04	-0.01	-0.03	-0.22416	-0.05201	-0.16809
-1.91E-03	5.4	-0.002	5.8	-0.002	5.2	-0.002	5.402	5.802	5.202	-0.02	-0.02	-0.02	-0.10804	-0.11604	-0.10404
-1.91E-03	5.4	-0.005	5.6	-0.001	5.6	-0.001	5.405	5.601	5.001	-0.05	-0.01	-0.01	-0.27025	-0.05601	-0.05001
-1.90E-03	5.6	-0.002	5.6	0	5.6	0	5.602	5.6	5.6	-0.02	0	0	-0.11204	0	0
-1.90E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.001	5.6	-0.003	5.602	5.601	5.603	-0.02	-0.01	-0.03	-0.11204	-0.05601	-0.16809
-1.90E-03	4.8	-0.003	5.4	-0.001	5.6	-0.003	4.803	5.401	5.003	-0.03	-0.01	-0.03	-0.14409	-0.05401	-0.15009
-1.90E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.002	5.2	-0.004	5.603	5.802	5.204	-0.03	-0.02	-0.04	-0.16809	-0.11604	-0.20816
-1.90E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.001	5.6	-0.001	5.603	5.801	5.601	-0.03	-0.01	-0.01	-0.16809	-0.05801	-0.05601
-1.90E-03	5.6	-0.002	5.8	-0.001	6	-0.004	5.602	5.801	6.004	-0.02	-0.01	-0.04	-0.11204	-0.05801	-0.24016
-1.90E-03	4.8	-0.003	5.6	-0.002	5.6	-0.001	4.803	5.602	5.601	-0.03	-0.02	-0.01	-0.14409	-0.11204	-0.05601
-1.90E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.602	5.603	5.601	-0.02	-0.03	-0.01	-0.11204	-0.16809	-0.05601
-1.90E-03	5.4	-0.003	5.8	-0.002	5.8	-0.002	5.403	5.802	5.802	-0.03	-0.02	-0.02	-0.16209	-0.11604	-0.11604
-1.90E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.001	5.8	-0.002	5.603	5.801	5.802	-0.03	-0.01	-0.02	-0.16809	-0.05801	-0.11604
-1.90E-03	5.6	-0.004	5.8	-0.001	5.8	-0.001	5.604	5.801	5.801	-0.04	-0.01	-0.01	-0.22416	-0.05801	-0.05801
-1.90E-03	5.2	-0.002	5.8	-0.002	5.8	-0.002	5.202	5.802	5.802	-0.02	-0.02	-0.02	-0.10404	-0.11604	-0.11604
-1.90E-03	5.6	-0.004	5.8	-0.003	5.6	-0.001	5.604	5.803	5.601	-0.04	-0.03	-0.01	-0.22416	-0.17409	-0.05601
-1.90E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.004	6	-0.003	5.603	5.604	6.003	-0.03	-0.04	-0.03	-0.16809	-0.22416	-0.18009
-1.90E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.002	5.4	-0.001	5.603	5.802	5.401	-0.03	-0.02	-0.01	-0.16809	-0.11604	-0.05401
-1.90E-03	5.8	-0.001	5.8	-0.002	6	0.001	5.801	5.802	5.999	-0.01	-0.02	-0.01	-0.05801	-0.11604	0.05999
-1.90E-03	5.8	-0.004	6	-0.004	5.8	-0.002	5.804	6.004	5.802	-0.04	-0.04	-0.02	-0.23216	-0.24016	-0.11604
-1.90E-03	5.8	-0.003	6	-0.002	6.4	-0.003	5.803	6.002	6.403	-0.03	-0.02	-0.03	-0.17409	-0.12004	-0.19209
-1.90E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.002	6.2	-0.001	5.603	5.802	6.201	-0.03	-0.02	-0.01	-0.16809	-0.11604	-0.06201
-1.90E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.001	5.6	-0.001	5.603	5.601	5.601	-0.03	-0.01	-0.01	-0.16809	-0.05601	-0.05601
-1.90E-03	5.4	-0.002	5.8	-0.001	5.6	-0.001	5.402	5.801	5.601	-0.02	-0.01	-0.01	-0.10804	-0.05801	-0.05601
-1.90E-03	5.6	-0.003	6	-0.004	6	-0.004	5.603	6.004	6.004	-0.03	-0.04	-0.04	-0.16809	-0.24016	-0.24016
-1.90E-03	5.8	-0.004	6	-0.004	5.8	-0.001	5.804	6.004	5.801	-0.04	-0.04	-0.01	-0.23216	-0.24016	-0.05801
-1.90E-03	5.6	-0.003	6.2	-0.002	5.4	-0.005	5.603	6.202	5.405	-0.03	-0.02	-0.05	-0.16809	-0.12404	-0.27025
-1.90E-03	5.4	-0.001	6.4	-0.002	5.6	-0.002	5.401	6.402	5.602	-0.01	-0.02	-0.02	-0.05401	-0.12804	-0.11204
-1.89E-03	5.8	-0.003	6	-0.002	5.8	-0.004	5.803	6.002	5.804	-0.03	-0.02	-0.04	-0.17409	-0.12004	-0.23216
-1.89E-03	5.8	-0.003	6	-0.002	5.6	-0.002	5.803	6.002	5.802	-0.03	-0.02	-0.02	-0.17409	-0.12004	-0.11204
-1.89E-03	5.2	-0.003	6	0.001	6	0.001	5.603	5.999	5.603	-0.03	0.01	0	-0.16809	-0.05999	0
-1.89E-03	6	-0.003	5.6	-0.003	5.6	-0.001	6.003	5.603	5.601	-0.03	-0.03	-0.01	-0.18009	-0.16809	-0.05601
-1.89E-03	5.6	-0.005	5.8	0	6	-0.001	5.605	5.8	6.001	-0.05	0	-0.01	-0.28025	0	-0.06001
-1.89E-03	5.6	-0.002	6	-0.002	5.6	-0.001	5.602	6.002	5.601	-0.02	-0.02	-0.01	-0.11204	-0.12004	-0.05601
-1.89E-03	5.6	-0.005	6	-0.004	6	0	5.605	6.004	6	-0.05	-0.04	0	-0.28025	-0.24016	0
-1.89E-03	5.6	-0.001	6.2	0	5.6	-0.002	5.601	6.2	5.602	-0.01	0	-0.02	-0.05601	0	-0.11204
-1.89E-03	5.8	-0.003	6	-0.001	6.2	-0.002	5.803	6.001	6.202	-0.03	-0.01	-0.02	-0.17409	-0.06001	-0.12404
-1.89E-03	5.8	-0.001	6	-0.002	6	-0.003	5.801	6.002	6.003	-0.01	-0.02	-0.03	-0.05801	-0.12004	-0.18009
-1.89E-03	6	-0.004	6	-0.002	6	-0.001	6.004	6.002	6.001	-0.04	-0.02	-0.01	-0.24016	-0.12004	-0.06001
-1.89E-03	6	-0.003	6.2	-0.001	6	-0.002	6.003	6.201	6.002	-0.03	-0.01	-0.02	-0.18009	-0.06201	-0.12004
-1.89E-03	6	-0.005	6	-0.002	6.2	-0.003	6.005	6.002	6.203	-0.05	-0.02	-0.03	-0.30025	-0.12004	-0.18609
-1.89E-03	5.6	-0.004	5.8	-0.001	5.8	-0.001	5.604	5.801	5.801	-0.04	-0.01	-0.01	-0.22416	-0.05801	-0.05801
-1.89E-03	6	-0.002	6	-0.001	5.8	-0.003	6.002	6.001	5.803	-0.02	-0.01	-0.03	-0.12004	-0.06001	-0.17409
-1.89E-03	5.8	-0.003	5.8	-0.001	5.6	-0.003	5.803	5.801	5.603	-0.03	-0.01	-0.03	-0.17409	-0.05801	-0.16809
-1.89															

-1.88E-03	5.8	-0.005	6.2	-0.001	6.2	0	5.805	6.201	6.2	-0.05	-0.01	0	-0.29025	-0.06201	0
-1.88E-03	6	-0.001	6	0.001	6	-0.003	6.001	5.999	6.003	-0.01	0.01	-0.03	-0.06001	0.05999	-0.18009
-1.88E-03	6	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.003	6.002	5.903	5.603	-0.02	-0.03	-0.03	-0.12004	-0.16809	-0.16809
-1.88E-03	6	-0.003	5.8	-0.003	5.8	-0.002	6.003	5.803	5.802	-0.03	-0.03	-0.02	-0.18009	-0.17409	-0.11604
-1.88E-03	5.8	-0.003	6	-0.004	6	-0.001	5.803	6.004	6.001	-0.03	-0.04	-0.01	-0.17409	-0.24016	-0.06001
-1.87E-03	5.8	-0.001	6.2	-0.002	6	-0.003	5.801	6.202	6.003	-0.01	-0.02	-0.03	-0.05801	-0.12404	-0.18009
-1.87E-03	6	-0.002	5.8	-0.003	5.6	-0.002	6.002	5.803	5.602	-0.02	-0.03	-0.02	-0.12004	-0.17409	-0.11204
-1.87E-03	5.8	-0.002	5.8	-0.002	6	-0.004	5.802	5.802	6.004	-0.02	-0.02	-0.04	-0.11604	-0.11604	-0.24016
-1.87E-03	5.8	-0.004	6.2	-0.001	6.2	-0.003	5.804	6.201	6.203	-0.04	-0.01	-0.03	-0.23216	-0.06201	-0.18609
-1.87E-03	5.6	-0.004	6	-0.002	6	-0.002	5.604	6.002	6.202	-0.04	-0.02	-0.02	-0.22416	-0.12004	-0.12004
-1.87E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.003	6.2	-0.001	5.603	5.803	6.201	-0.03	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.17409
-1.87E-03	5.6	-0.002	6.2	-0.002	6.2	-0.004	5.602	6.202	6.204	-0.02	-0.02	-0.04	-0.11204	-0.12404	-0.24816
-1.87E-03	6	-0.002	5.8	-0.002	6	-0.002	6.002	5.802	6.002	-0.02	-0.02	-0.02	-0.12004	-0.11604	-0.12004
-1.87E-03	6	-0.001	6	-0.001	5.6	-0.002	6.001	6.001	5.602	-0.01	-0.01	-0.02	-0.06001	-0.06001	-0.11204
-1.87E-03	5.8	-0.003	5.8	-0.002	6	-0.001	5.803	5.802	6.001	-0.03	-0.02	-0.01	-0.17409	-0.11604	-0.06001
-1.87E-03	5.8	-0.002	5.8	0	6	-0.001	5.802	5.8	6.001	-0.02	0	-0.01	-0.11604	0	-0.06001
-1.87E-03	5.6	0.001	6	-0.002	5.6	-0.003	5.599	6.002	5.603	0.01	-0.02	-0.03	0.05599	-0.12004	-0.16809
-1.87E-03	5.6	-0.001	6	-0.005	6.2	-0.001	5.601	6.005	6.201	-0.01	-0.05	-0.01	-0.05601	-0.30025	-0.06201
-1.87E-03	6	-0.003	6	-0.003	6	0.001	6.003	6.003	5.999	-0.03	-0.03	0.01	-0.18009	-0.18009	0.05999
-1.87E-03	5.6	-0.003	6.2	-0.003	5.6	-0.001	5.603	6.203	5.601	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.18609	-0.05601
-1.87E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.002	5.8	-0.004	5.603	5.602	5.804	-0.03	-0.02	-0.04	-0.16809	-0.11204	-0.23216
-1.87E-03	5.6	-0.004	6	-0.004	5.8	-0.003	5.604	6.004	5.803	-0.04	-0.04	-0.03	-0.22416	-0.24016	-0.17409
-1.87E-03	5.8	-0.001	6	-0.001	5.8	-0.002	5.801	6.001	5.802	-0.01	-0.01	-0.02	-0.05801	-0.06001	-0.11604
-1.87E-03	5.8	-0.004	6.2	-0.003	5.8	-0.003	5.804	6.203	5.803	-0.04	-0.03	-0.03	-0.23216	-0.18609	-0.17409
-1.87E-03	5.8	-0.002	5.6	-0.001	5.6	-0.003	5.802	5.601	5.603	-0.02	-0.01	-0.03	-0.11604	-0.05601	-0.18609
-1.87E-03	5.8	-0.002	6.2	0	6	-0.001	5.802	6.2	6.001	-0.02	0	-0.01	-0.11604	0	-0.06001
-1.87E-03	5.8	-0.001	6.2	-0.003	6	-0.002	5.801	6.203	6.002	-0.01	-0.03	-0.02	-0.05801	-0.18609	-0.12004
-1.87E-03	5.6	-0.002	5.8	-0.002	5.6	-0.002	5.602	5.802	5.802	-0.02	-0.02	-0.02	-0.11204	-0.12004	-0.11604
-1.87E-03	5.6	-0.002	6	-0.002	5.8	-0.002	5.602	6.002	5.802	-0.02	-0.02	-0.02	-0.11204	-0.12004	-0.11604
-1.87E-03	6	-0.002	5.8	-0.003	5.8	-0.002	6.002	5.803	5.802	-0.02	-0.03	-0.02	-0.12004	-0.17409	-0.11604
-1.86E-03	5.8	-0.004	6	-0.003	5.8	-0.001	5.804	6.003	5.801	-0.04	-0.03	-0.01	-0.23216	-0.18009	-0.05801
-1.86E-03	5.8	-0.003	6	-0.002	6.2	-0.002	5.803	6.002	6.202	-0.03	-0.02	-0.02	-0.17409	-0.12004	-0.12404
-1.86E-03	6.2	-0.003	6	-0.002	6	-0.004	6.203	6.002	6.004	-0.03	-0.02	-0.04	-0.18609	-0.12004	-0.24016
-1.86E-03	5.8	-0.004	6	-0.002	5.8	-0.002	5.804	6.002	5.802	-0.04	-0.02	-0.02	-0.23216	-0.12004	-0.11604
-1.86E-03	6	-0.001	6	-0.001	5.8	-0.002	6.001	6.001	5.802	-0.01	-0.01	-0.02	-0.06001	-0.06001	-0.11604
-1.86E-03	5.6	-0.005	5.8	-0.001	5.8	-0.003	5.605	5.801	5.803	-0.05	-0.01	-0.03	-0.28025	-0.05801	-0.17409
-1.86E-03	5.6	-0.002	5.8	-0.002	5.6	-0.004	5.602	5.802	5.604	-0.02	-0.02	-0.04	-0.11204	-0.11604	-0.22416
-1.86E-03	5.8	-0.003	6	-0.001	5.8	-0.002	5.803	6.001	5.802	-0.03	-0.01	-0.02	-0.17409	-0.06001	-0.11604
-1.86E-03	6.2	-0.002	5.8	-0.002	6	-0.001	6.202	5.802	6.001	-0.02	-0.02	-0.01	-0.12404	-0.11604	-0.06001
-1.86E-03	6	-0.003	6.2	-0.001	5.8	0.001	6.003	6.201	5.799	-0.03	-0.01	0.01	-0.18009	-0.06201	0.05799
-1.86E-03	5.8	-0.003	5.8	0	6	-0.003	5.803	5.8	6.003	-0.03	0	-0.03	-0.17409	0	-0.18009
-1.86E-03	5.8	-0.002	5.8	-0.001	6	-0.003	5.802	5.801	6.003	-0.02	-0.01	-0.03	-0.11604	-0.05801	-0.18009
-1.86E-03	5.6	-0.002	6	-0.001	5.8	-0.004	5.602	6.001	5.804	-0.02	-0.01	-0.04	-0.11204	-0.06001	-0.23216
-1.86E-03	5.6	-0.003	5.6	-0.002	6	-0.003	5.603	5.602	6.003	-0.03	-0.02	-0.03	-0.16809	-0.11204	-0.18009
-1.86E-03	6	-0.004	5.8	-0.001	5.8	-0.003	6.004	5.801	5.803	-0.04	-0.01	-0.03	-0.24016	-0.05801	-0.17409
-1.86E-03	6	-0.001	6.2	-0.001	5.8	-0.003	6.001	6.201	5.801	-0.01	-0.01	-0.03	-0.06001	-0.12404	-0.05801
-1.86E-03	5.8	-0.003	5.8	-0.003	5.6	-0.001	5.803	5.803	5.601	-0.03	-0.03	-0.01	-0.17409	-0.17409	-0.05601
-1.86E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.003	6	-0.003	5.603	5.803	6.003	-0.03	-0.03	-0.03	-0.16809	-0.17409	-0.18009
-1.86E-03	5.8	-0.003	6	-0.001	6	-0.004	5.803	6.001	6.004	-0.03	-0.01	-0.04	-0.17409	-0.06001	-0.24016
-1.86E-03	5.6	-0.002	6.2	-0.003	5.8	0	5.602	6.203	5.8	-0.02	-0.03	0	-0.11204	-0.18609	0
-1.86E-03	5.6	-0.001	5.8	-0.002	6.2	-0.003	5.601	5.802	6.203	-0.01	-0.02	-0.03	-0.05601	-0.11604	-0.18609
-1.86E-03	5.6	0.001	5.8	-0.001	6	-0.001	5.599	5.801	6.001	0.01	-0.01	-0.01	0.05599	-0.05801	-0.06001
-1.86E-03	5.8	-0.002	6	-0.003	5.8	-0.003	5.802	6.003	5.803	-0.02	-0.03	-0.03	-0.11604	-0.18009	-0.17409
-1.86E-03	6	-0.005	5.8	-0.003	6	-0.002	6.005	5.803	6.002	-0.05	-0.03	-0.02	-0.30025	-0.17409	-0.12004
-1.86E-03	6	-0.004	6	-0.002	6.2	-0.002	6.004	6.002	6.202	-0.04	-0.02	-0.02	-0.24016	-0.12004	-0.12404
-1.85E-03	6	-0.002	5.6	-0.001	5.6	0	6.002	5.601	5.6	-0.02	-0.01	0	-0.12004	-0.05601	0
-1.85E-03	5.6	-0.005	5.8	0	6	0	5.605	5.8	6	-0.05	0	0	-0.28025	0	0
-1.85E-03	5.6	-0.005	6	-0.003	6.2	-0.004	5.605	6.003	6.204	-0.05	-0.03	-0.04	-0.28025	-0.18009	-0.24816
-1.85E-03	5.4	-0.004	5.8	0	5.6	-0.001	5.404	5.8	5.601	-0.04	0	-0.01	-0.21616	0	-0.05601
-1.85E-03	5.8	-0.001	6	-0.001	6.4	-0.001	5.801	6.001	6.401	-0.01	-0.01	-0.01	-0.05801	-0.06001	-0.06401
-1.85E-03	5.8	-0.003	6.2	-0.001	5.6	-0.001	5.803	6.201	5.801	-0.03	-0.01	-0.01	-0.17409	-0.06201	-0.05601
-1.85E-03	5.4	-0.002	6.2	-0.001	6	-0.001	5.402	6.201	6.001	-0.02	-0.01	-0.01	-0.10804	-0.06201	-0.06001
-1.85E-03	5.6	-0.001	6.2	-0.001	5.8	-0.002	5.601	6.201	5.801	-0.01	-0.02	-0.01	-0.05601	-0.06201	-0.10804
-1.85E-03	6.4	-0.002	5.8	-0.002	5.8	-0.002	6.402	5.802	5.802	-0.02	-0.02	-0.02	-0.12804	-0.11604	-0.11604
-1.85E-03	5.6	-0.002	5.6	-0.002	5.8	-0.001	5.602	5.602	5.801	-0.02	-0.02	-0.01	-0.11204	-0.11204	-0.05801
-1.85E-03	5.8	-0.004	5.8	-0.002	6.4	-0.003	5.804	5.802	6.403	-0.04	-0.02	-0.03	-0.23216	-0.11604	-0.19209
-1.85E-03	5.6	-0.002	6.2	-0.002	5.8	-0.002	5.602	6.202	5.802	-0.02	-0.02	-0.02	-0.11204	-0.12404	-0.11604
-1.85E-03	6	-0.002	6	-0.001	5.8	-0.003	6.002	6.001	5.803	-0.02	-0.01	-0.03	-0.12004	-0.06001	-0.17409
-1.85E-03	5.8	-0.003	5.8	-0.003	5.8	-0.001	5.803	5.803	5.801	-0.03	-0.03	-0.01	-0.17409	-0.17409	-0.05801
-1.85E-03	5.6	-0.003	6	-0.002	5.8	0.001	5.603	6.002	5.799	-0.03	-0.02	0.01	-0.16809	-0.12004	0.05799
-1.85E-03	5.8	-0.001	6	-0.003	6	-0.002	5.801	6.003	6.002	-0.01	-0.03	-0.02	-0.05801	-0.18009	-0.12004
-1.85E-03	5.8	-0.002	5.6	-0.003	5.6	-0.005	5.802	5.603	5.605	-0.02	-0.03	-0.05	-0.11604	-0.16809	-0.28025
-1.85E-03	6.2	-0.002	5.8	-0.004	6	0	6.202	5.804	6	-0.02	-0.04	0	-0.12404	-0.23216	0
-1.85E-03	5.8	-0.002	5.8	-0.002	5.8	-0.002	5.802	5.802	5.802	-0.02	-0.02	-0.02	-0.11604	-0.11604	-0.11604
-1.85E-03	5.8	0	6	-0.003	5.8	-0.001	5.8	6.003	5.801	0	-0.03	-0.01	-0.18009	-0.05801	0
-1.85E-03	5.6	-0.003	6.2	-0.002	5.8	-0.002	5.603	6.202	5.802	-0.03	-0.02	-0.02	-0.16809	-0.12404	-0.11604
-1.85E-03	5.6	-0.002	5.8	-0.004	5.8	-0.001	5.602	5.804	5.801	-0.02	-0.04	-0.01	-0.11204	-0.23216	-0.05801
-1.85E-03	5.8	-0.0													



-1.83E-03	6	-0.002	6.2	0	5.8	-0.001	6.002	6.2	5.801	-0.02	0	-0.01	-0.12004	0	-0.05801
-1.83E-03	6	-0.002	5.6	-0.002	5.6	-0.002	6.002	5.602	5.602	-0.02	-0.02	-0.02	-0.12004	-0.11204	-0.11204
-1.83E-03	5.6	-0.001	6	-0.002	5.6	0	5.601	6.002	5.6	-0.01	-0.02	0	-0.05601	-0.12004	0
-1.83E-03	5.6	-0.004	6.2	-0.003	5.8	-0.003	5.604	6.203	5.803	-0.04	-0.03	-0.03	-0.22416	-0.18609	-0.17409
-1.83E-03	5.8	-0.003	6	-0.001	5.8	-0.003	5.803	6.001	5.803	-0.03	-0.01	-0.03	-0.17409	-0.06001	-0.17409
-1.83E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.001	5.6	-0.001	5.603	5.801	5.601	-0.03	-0.01	-0.01	-0.16809	-0.05801	-0.05601
-1.83E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.003	6	-0.001	5.603	5.803	6.001	-0.03	-0.03	-0.01	-0.16809	-0.17409	-0.06001
-1.83E-03	5.8	-0.001	5.8	-0.002	6	-0.002	5.801	5.802	6.002	-0.01	-0.02	-0.02	-0.05801	-0.11604	-0.12004
-1.83E-03	5.6	-0.003	5.8	-0.003	6	-0.004	5.603	5.803	6.004	-0.03	-0.03	-0.04	-0.16809	-0.17409	-0.24016
-1.83E-03	5.2	-0.002	6.2	-0.002	5.6	-0.003	5.202	6.202	5.603	-0.02	-0.02	-0.03	-0.10404	-0.12404	-0.16809
-1.83E-03	6	-0.003	6	-0.002	5.8	-0.003	6.003	6.002	5.803	-0.03	-0.02	-0.03	-0.18009	-0.12004	-0.17409
-1.83E-03	5.6	0	5.4	-0.004	6	-0.003	5.6	5.404	6.003	0	-0.04	-0.03	0	-0.21616	-0.18009
-1.83E-03	5.8	-0.003	5.6	-0.001	5.6	-0.002	5.803	5.601	5.602	-0.03	-0.01	-0.02	-0.17409	-0.05601	-0.11204
-1.83E-03	5.8	-0.001	6	-0.004	5.4	-0.002	5.801	6.004	5.402	-0.01	-0.04	-0.02	-0.05801	-0.24016	-0.10804
-1.83E-03	5.8	-0.004	6	-0.001	6	-0.002	5.804	6.001	6.002	-0.04	-0.01	-0.02	-0.23216	-0.06001	-0.12004
-1.83E-03	5.6	-0.004	6	-0.003	5.8	-0.002	5.604	6.003	5.802	-0.04	-0.03	-0.02	-0.22416	-0.18009	-0.11604
-1.83E-03	5.8	-0.003	5.8	-0.003	6	-0.003	5.803	5.803	6.003	-0.03	-0.03	-0.03	-0.17409	-0.17409	-0.18009
-1.83E-03	5.6	-0.002	6	-0.001	5.8	-0.002	5.602	6.001	5.802	-0.02	-0.01	-0.02	-0.11204	-0.06001	-0.11604
-1.83E-03	5.4	0	5.8	0	6.2	-0.001	5.4	5.8	6.201	0	0	-0.01	0	0	-0.06201
-1.83E-03	5.6	-0.003	6	-0.003	5.8	0.001	5.603	6.003	5.799	-0.03	-0.03	0.01	-0.16809	-0.18009	0.05799
-1.83E-03	6	-0.001	5.8	-0.003	5.6	-0.002	6.001	5.803	5.602	-0.01	-0.03	-0.02	-0.06001	-0.17409	-0.11204
-1.83E-03	6	-0.002	6.2	-0.002	5.8	-0.003	6.002	6.202	5.803	-0.02	-0.02	-0.03	-0.12004	-0.12404	-0.17409
-1.83E-03	5.8	0	6	-0.001	6	-0.003	5.8	6.001	6.003	0	-0.01	-0.03	0	-0.06001	-0.18009
-1.83E-03	6	-0.003	5.8	-0.001	5.4	-0.002	6.003	5.801	5.402	-0.03	-0.01	-0.02	-0.18009	-0.05801	-0.10804
-1.83E-03	5.6	-0.002	5.8	-0.001	6	-0.002	5.602	5.801	6.002	-0.02	-0.01	-0.02	-0.11204	-0.05801	-0.12004
-1.83E-03	5.6	-0.005	5.4	0	5.8	-0.001	5.605	5.4	5.801	-0.05	0	-0.01	-0.28025	0	-0.05801
-1.83E-03	5.6	-0.002	6	-0.001	6.2	-0.003	5.602	6.001	6.203	-0.02	-0.01	-0.03	-0.11204	-0.06001	-0.18609
-1.83E-03	5.6	-0.002	6.2	-0.003	6	-0.002	5.602	6.203	6.002	-0.02	-0.03	-0.02	-0.11204	-0.18609	-0.12004
-1.83E-03	5.6	-0.002	6.4	-0.001	5.6	-0.001	5.602	6.401	5.601	-0.02	-0.01	-0.01	-0.11204	-0.06401	-0.05601
-1.83E-03	5.4	-0.003	5.8	0	5.8	-0.003	5.403	5.8	5.803	-0.03	0	-0.03	-0.16209	0	-0.17409
-1.83E-03	6	-0.002	6.4	-0.001	5.8	-0.002	6.002	6.401	5.802	-0.02	-0.01	-0.02	-0.12004	-0.06401	-0.11604
-1.83E-03	5.6	-0.003	6.2	-0.002	6.2	-0.002	5.603	6.202	6.202	-0.03	-0.02	-0.02	-0.16809	-0.12404	-0.12404
-1.83E-03	6	-0.001	6.2	-0.001	6.4	-0.001	6.001	6.201	6.401	-0.01	-0.01	-0.01	-0.06001	-0.06201	-0.06401
-1.83E-03	5.8	-0.002	6.4	0	6.4	-0.003	5.802	6.4	6.403	-0.02	0	-0.03	-0.11604	0	-0.19209
-1.83E-03	5.6	-0.002	6	-0.005	6.2	-0.003	5.602	6.005	6.203	-0.02	-0.05	-0.03	-0.11204	-0.30025	-0.18609
-1.83E-03	6	-0.003	6.4	-0.003	6.2	-0.003	6.003	6.403	6.203	-0.03	-0.03	-0.03	-0.18009	-0.19209	-0.18609
-1.83E-03	6	-0.001	6.2	-0.001	6.2	-0.001	6.001	6.201	6.201	-0.01	-0.01	-0.01	-0.06001	-0.06201	-0.06201
-1.83E-03	5.8	-0.003	6.4	-0.001	5.8	-0.003	5.803	6.401	5.803	-0.03	-0.01	-0.03	-0.17409	-0.06401	-0.17409
-1.83E-03	5.6	-0.001	6.4	0	6.4	-0.001	5.601	6.4	6.401	-0.01	0	-0.01	-0.05601	0	-0.06401
-1.83E-03	6	-0.003	6.2	-0.001	6.4	-0.002	6.003	6.201	6.402	-0.03	-0.01	-0.02	-0.18009	-0.06201	-0.12804
-1.83E-03	6.2	-0.006	6.6	-0.003	6.6	-0.001	6.206	6.603	6.601	-0.06	-0.03	-0.01	-0.37236	-0.19809	-0.06601
-1.83E-03	6	-0.003	5.8	-0.003	5.8	-0.002	6.003	5.803	5.802	-0.03	-0.03	-0.02	-0.18009	-0.17409	-0.11604
-1.83E-03	6.2	-0.003	6	-0.001	6.2	-0.003	6.203	6.001	6.203	-0.03	-0.01	-0.03	-0.18609	-0.06001	-0.18609
-1.83E-03	5.6	-0.001	5.8	-0.003	6.2	-0.003	5.601	5.803	6.203	-0.01	-0.03	-0.03	-0.05601	-0.17409	-0.18609
-1.83E-03	5.8	-0.003	6.4	-0.002	6	-0.003	5.803	6.402	6.003	-0.03	-0.02	-0.03	-0.17409	-0.12804	-0.18009
-1.83E-03	6	-0.002	6	-0.003	6	-0.001	6.002	6.003	6.399	-0.02	0.01	-0.01	-0.12004	-0.18009	0.06399
-1.83E-03	6.4	-0.003	6.4	-0.002	6.2	-0.003	6.403	6.402	6.203	-0.03	-0.02	-0.03	-0.19209	-0.12804	-0.18609
-1.83E-03	6	-0.001	6.4	-0.003	6.6	-0.003	6.001	6.403	6.603	-0.01	-0.03	-0.03	-0.06001	-0.19209	-0.19809
-1.83E-03	6.2	-0.004	6.4	-0.003	6.4	-0.003	6.204	6.403	6.403	-0.04	-0.03	-0.03	-0.24816	-0.19209	-0.19209
-1.83E-03	6	-0.002	6.4	0.001	6	-0.001	6.002	6.399	6.001	-0.02	0.01	-0.01	-0.12004	-0.06399	-0.06001
-1.81E-03	6.2	-0.004	6.2	-0.001	6.4	-0.002	6.204	6.201	6.402	-0.04	-0.01	-0.02	-0.24816	-0.06201	-0.12804
-1.81E-03	6.4	-0.004	6.2	-0.005	6.6	-0.002	6.404	6.205	6.602	-0.04	-0.05	-0.02	-0.25616	-0.31025	-0.13204
-1.81E-03	6.2	-0.005	6.4	-0.003	6.2	-0.002	6.205	6.403	6.202	-0.05	-0.03	-0.02	-0.31025	-0.19209	-0.12404
-1.81E-03	6.2	0	6.4	-0.002	6.2	-0.002	6.2	6.402	6.202	0	-0.02	-0.02	0	-0.12804	-0.12404
-1.81E-03	6.2	-0.002	6	0	6.4	0	6.202	6	6.4	-0.02	0	0	-0.12404	0	0
-1.81E-03	6.4	-0.003	6.6	-0.002	6	-0.003	6.403	6.602	6.003	-0.03	-0.02	-0.03	-0.19209	-0.13204	-0.18009
-1.81E-03	6	-0.001	6.4	-0.002	6.4	-0.004	6.001	6.402	6.404	-0.01	-0.02	-0.04	-0.06001	-0.12804	-0.25616
-1.81E-03	6.4	-0.002	6.2	-0.002	6	-0.004	6.402	6.202	6.004	-0.02	-0.02	-0.04	-0.12804	-0.12404	-0.24016
-1.81E-03	6.4	-0.001	6.4	-0.002	6.6	-0.001	6.401	6.402	6.601	-0.01	-0.02	-0.01	-0.06401	-0.12804	-0.06601
-1.81E-03	6.2	-0.001	6.4	-0.002	6	-0.002	6.201	6.402	6.002	-0.01	-0.02	-0.02	-0.06201	-0.12804	-0.12004
-1.81E-03	6	-0.003	6.4	-0.003	6.2	-0.001	6.003	6.403	6.201	-0.03	-0.03	-0.01	-0.18009	-0.19209	-0.06201
-1.81E-03	6.2	-0.002	6.4	-0.003	6.4	-0.002	6.202	6.403	6.402	-0.02	-0.03	-0.02	-0.12404	-0.19209	-0.12804
-1.81E-03	6.4	-0.002	6.4	-0.001	6.4	-0.004	6.402	6.401	6.404	-0.02	-0.01	-0.04	-0.12804	-0.06401	-0.25616
-1.81E-03	6.4	-0.003	6.4	-0.002	6.2	-0.002	6.003	6.402	6.202	-0.03	-0.02	-0.02	-0.18009	-0.12804	-0.12404
-1.81E-03	6.4	-0.001	6.4	-0.004	6.4	-0.004	6.401	6.404	6.404	-0.01	-0.04	-0.04	-0.06401	-0.25616	-0.25616
-1.81E-03	6.4	-0.005	6.8	-0.002	6.4	-0.003	6.405	6.802	6.403	-0.05	-0.02	-0.03	-0.32025	-0.13604	-0.19209
-1.81E-03	6.4	-0.001	6.4	-0.001	6.4	-0.001	6.401	6.401	6.401	-0.01	-0.01	-0.01	-0.06401	-0.06401	-0.06401
-1.81E-03	5.8	-0.002	6.2	-0.001	6.2	-0.002	5.802	6.201	6.202	-0.02	-0.01	-0.02	-0.11604	-0.06201	-0.12404
-1.81E-03	6.2	-0.001	6.2	-0.003	6.6	-0.003	6.201	6.203	6.603	-0.01	-0.03	-0.03	-0.06201	-0.18609	-0.19809
-1.81E-03	6.6	-0.004	6.2	-0.002	6.4	-0.002	6.604	6.202	6.402	-0.04	-0.02	-0.02	-0.26416	-0.12404	-0.12804
-1.81E-03	6.2	-0.003	6.4	-0.002	6.2	-0.001	6.203	6.402	6.201	-0.03	-0.02	-0.01	-0.18609	-0.12804	-0.06201
-1.81E-03	6.2	-0.004	6.4	-0.002	6.4	-0.001	6.204	6.402	6.401	-0.04	-0.02	-0.01	-0.24816	-0.12804	-0.06401
-1.81E-03	6	0	6.8	-0.003	6	-0.003	6	6.803	6.003	0	-0.03	-0.03	0	-0.20409	-0.18009
-1.81E-03	6	-0.003	6.4	-0.002	6.2	-0.003	6.003	6.402	6.203	-0.03	-0.02	-0.03	-0.18009	-0.12804	-0.18609
-1.81E-03	6.4	-0.001	6.4	-0.003	6	-0.001	6.401	6.403	6.001	-0.01	-0.03	-0.01	-0.06401	-0.19209	-0.06001
-1.80E-03	6.2	-0.002	6.2	-0.002	6.4	-0.003	6.202	6.202	6.403	-0.02	-0.02	-0.03	-0.12404	-0.12404	-0.19209
-1.80E-03	6	-0.004	6.4	-0.003	6.4	-0.002	6.004	6.403	6.402	-0.04	-0.03	-0			

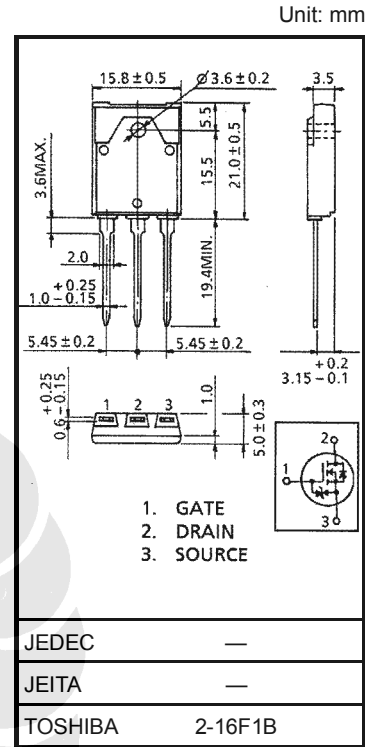
# 2SK2847

## DC-DC Converter and Motor Drive Applications

- Low drain-source ON resistance :  $R_{DS(ON)} = 1.1 \Omega$  (typ.)
- High forward transfer admittance :  $|Y_{fs}| = 7.0 S$  (typ.)
- Low leakage current :  $I_{DSS} = 100 \mu A$  (max) ( $V_{DS} = 720 V$ )
- Enhancement mode :  $V_{th} = 2.0 \sim 4.0 V$  ( $V_{DS} = 10 V, I_D = 1 mA$ )

### Absolute Maximum Ratings ( $T_a = 25^\circ C$ )

Characteristics	Symbol	Rating	Unit
Drain-source voltage	$V_{DSS}$	900	V
Drain-gate voltage ( $R_{GS} = 20 k\Omega$ )	$V_{DGR}$	900	V
Gate-source voltage	$V_{GSS}$	$\pm 30$	V
Drain current	DC (Note 1)	$I_D$	8 A
	Pulse (Note 1)	$I_{DP}$	24 A
Drain power dissipation ( $T_c = 25^\circ C$ )	$P_D$	85	W
Single pulse avalanche energy (Note 2)	$E_{AS}$	799	mJ
Avalanche current	$I_{AR}$	8	A
Repetitive avalanche energy (Note 3)	$E_{AR}$	8.5	mJ
Channel temperature	$T_{ch}$	150	$^\circ C$
Storage temperature range	$T_{stg}$	-55~150	$^\circ C$



Weight: 5.8 g (typ.)

Note: Using continuously under heavy loads (e.g. the application of high temperature/current/voltage and the significant change in temperature, etc.) may cause this product to decrease in the reliability significantly even if the operating conditions (i.e. operating temperature/current/voltage, etc.) are within the absolute maximum ratings. Please design the appropriate reliability upon reviewing the Toshiba Semiconductor Reliability Handbook ("Handling Precautions"/Derating Concept and Methods) and individual reliability data (i.e. reliability test report and estimated failure rate, etc).

### Thermal Characteristics

Characteristics	Symbol	Max	Unit
Thermal resistance, channel to case	$R_{th(ch-c)}$	1.47	$^\circ C / W$
Thermal resistance, channel to ambient	$R_{th(ch-a)}$	41.6	$^\circ C / W$

Note 1: Ensure that the channel temperature does not exceed  $150^\circ C$ .

Note 2:  $V_{DD} = 90 V, T_{ch} = 25^\circ C$  (initial),  $L = 22.9 mH, R_G = 25 \Omega, I_{AR} = 8 A$

Note 3: Repetitive rating: pulse width limited by maximum channel temperature

This transistor is an electrostatic-sensitive device.  
Please handle with caution.

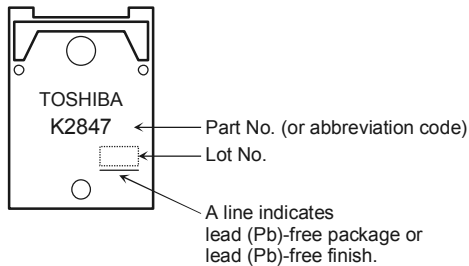
**Electrical Characteristics (Ta = 25°C)**

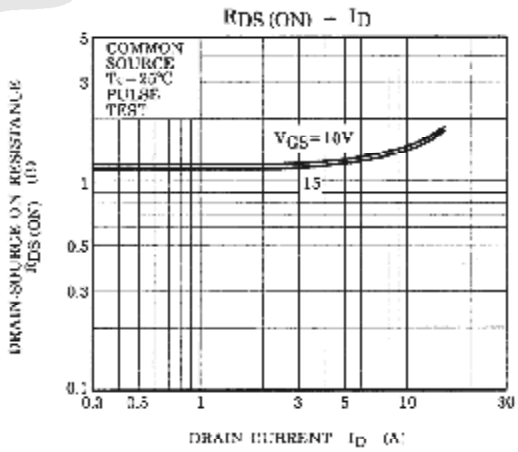
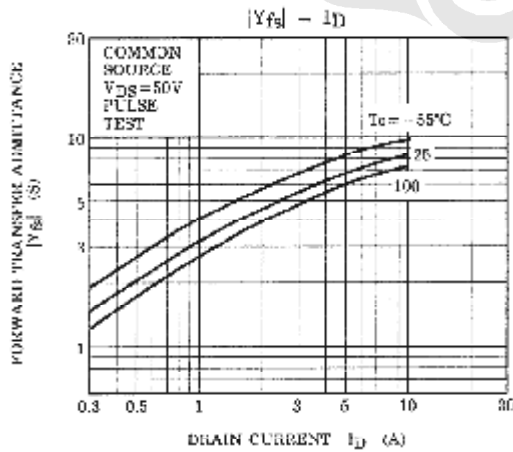
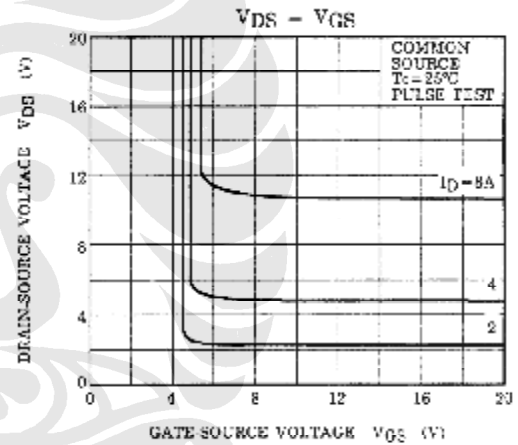
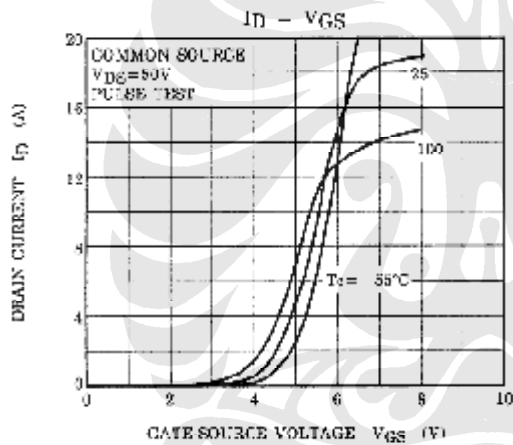
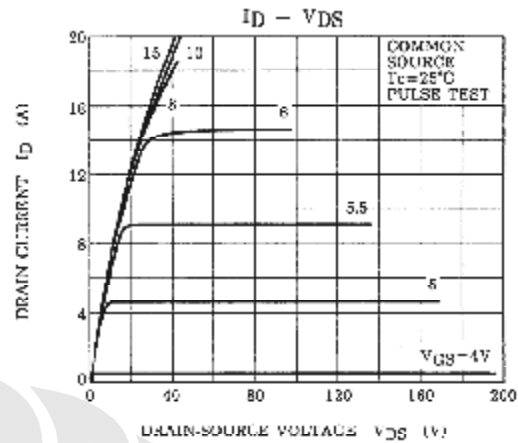
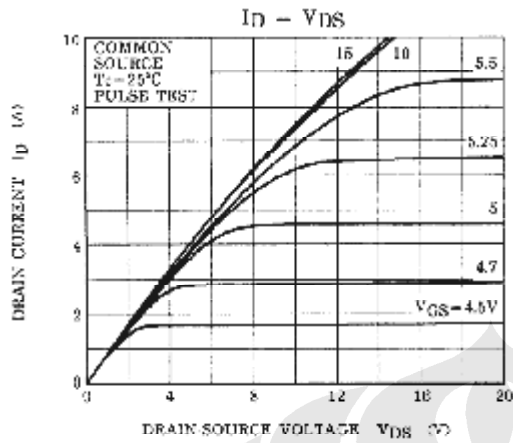
Characteristics		Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Gate leakage current		$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 30\text{ V}, V_{DS} = 0\text{ V}$	—	—	$\pm 10$	$\mu\text{A}$
Gate-source breakdown voltage		$V_{(BR)GSS}$	$I_G = \pm 10\ \mu\text{A}, V_{DS} = 0\text{ V}$	$\pm 30$	—	—	V
Drain cut-off current		$I_{DSS}$	$V_{DS} = 720\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$	—	—	100	$\mu\text{A}$
Drain-source breakdown voltage		$V_{(BR)DSS}$	$I_D = 10\text{ mA}, V_{GS} = 0\text{ V}$	900	—	—	V
Gate threshold voltage		$V_{th}$	$V_{DS} = 10\text{ V}, I_D = 1\text{ mA}$	2.0	—	4.0	V
Drain-source ON resistance		$R_{DS(ON)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 4\text{ A}$	—	1.1	1.4	$\Omega$
Forward transfer admittance		$ Y_{fs} $	$V_{DS} = 15\text{ V}, I_D = 4\text{ A}$	3.0	7.0	—	S
Input capacitance		$C_{iss}$	$V_{DS} = 25\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$	—	2040	—	pF
Reverse transfer capacitance		$C_{rss}$		—	45	—	
Output capacitance		$C_{oss}$		—	190	—	
Switching time	Rise time	$t_r$	<p><math>I_D = 4\text{ A}</math>  <math>V_{GS} = 10\text{ V}</math>  <math>0\text{ V}</math>  <math>4.7\ \Omega</math>  <math>V_{OUT}</math>  <math>R_L = 100\ \Omega</math>  <math>V_{DD} \approx 400\text{ V}</math>                      Duty <math>\cong 1\%</math>, <math>t_W = 10\ \mu\text{s}</math></p>	—	25	—	ns
	Turn-on time	$t_{on}$		—	60	—	
	Fall time	$t_f$		—	20	—	
	Turn-off time	$t_{off}$		—	95	—	
Total gate charge (gate-source plus gate-drain)		$Q_g$	$V_{DD} \approx 400\text{ V}, V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 8\text{ A}$	—	58	—	nC
Gate-source charge		$Q_{gs}$		—	32	—	
Gate-drain ("miller") Charge		$Q_{gd}$		—	26	—	

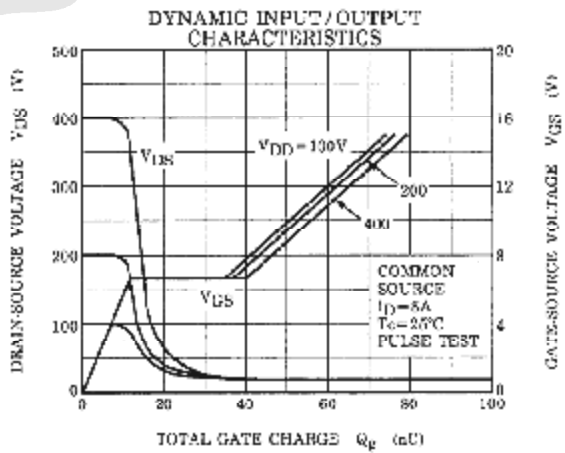
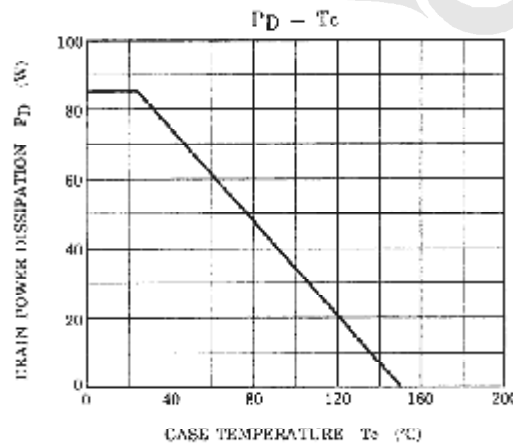
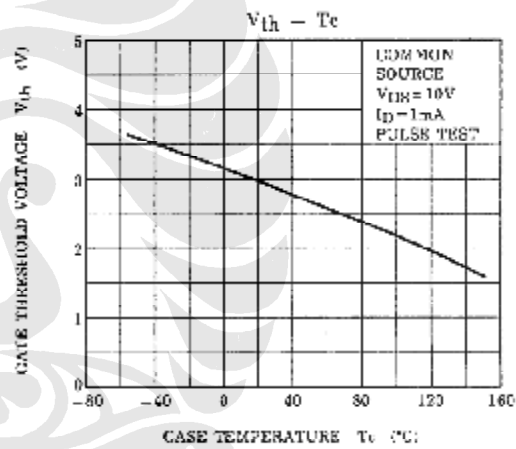
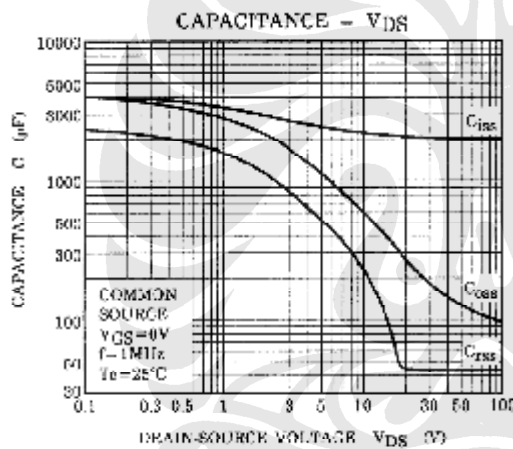
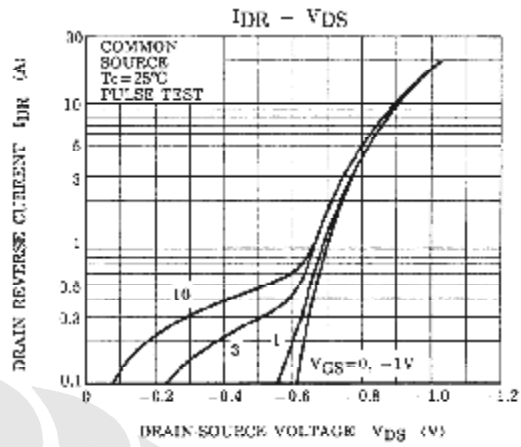
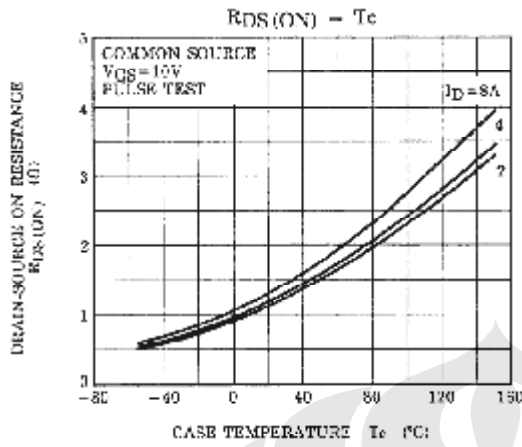
**Source-Drain Ratings and Characteristics (Ta = 25°C)**

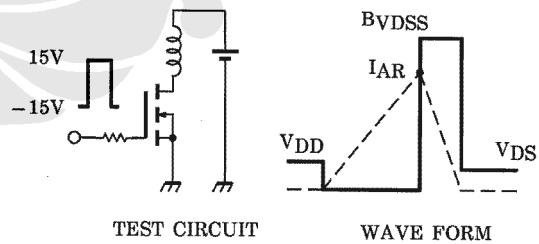
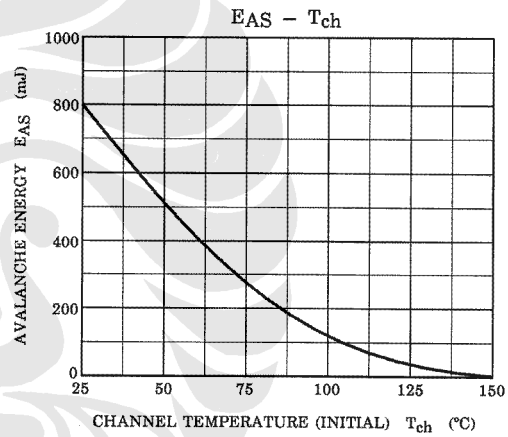
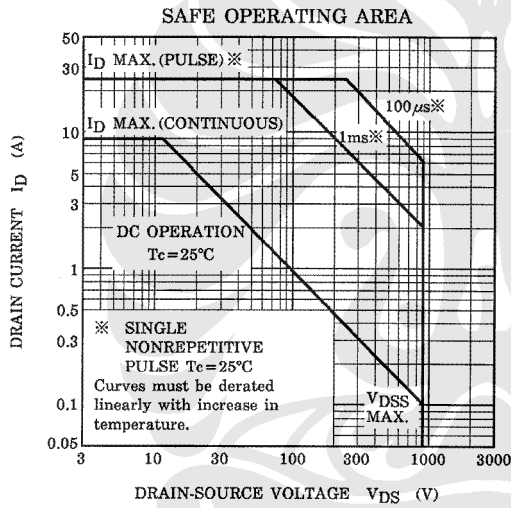
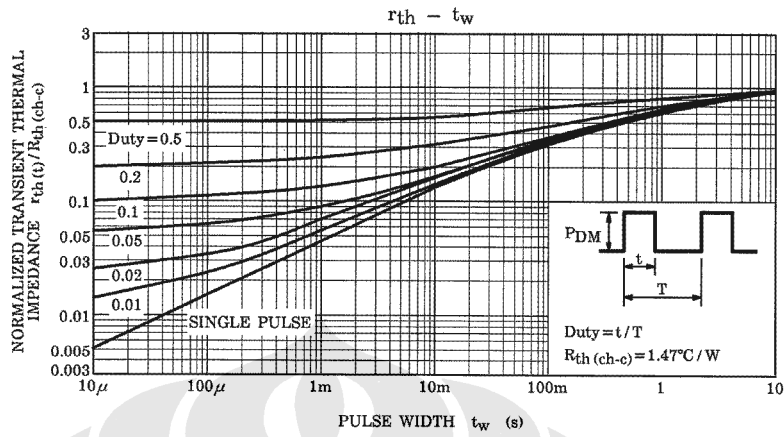
Characteristics		Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Continuous drain reverse current (Note 1)		$I_{DR}$	—	—	—	8	A
Pulse drain reverse current (Note 1)		$I_{DRP}$	—	—	—	24	A
Forward voltage (diode)		$V_{DSF}$	$I_{DR} = 8\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}$	—	—	-1.9	V
Reverse recovery time		$t_{rr}$	$I_{DR} = 8\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}$	—	1650	—	ns
Reverse recovery charge		$Q_{rr}$	$dI_{DR} / dt = 100\text{ A} / \mu\text{s}$	—	21	—	$\mu\text{C}$

**Marking**









$R_G = 25 \Omega$   
 $V_{DD} = 90 V, L = 22.9 mH$

$$EAS = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \cdot \left( \frac{BVDSS}{BVDSS - V_{DD}} \right)$$

**RESTRICTIONS ON PRODUCT USE**

20070701-EN

- The information contained herein is subject to change without notice.
- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property.  
In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc.
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.). These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in his document shall be made at the customer's own risk.
- The products described in this document shall not be used or embedded to any downstream products of which manufacture, use and/or sale are prohibited under any applicable laws and regulations.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringements of patents or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patents or other rights of TOSHIBA or the third parties.
- Please contact your sales representative for product-by-product details in this document regarding RoHS compatibility. Please use these products in this document in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances. Toshiba assumes no liability for damage or losses occurring as a result of noncompliance with applicable laws and regulations.