

**BOOST PWM RECTIFIER 3 FASA SEBAGAI  
METODE PERBAIKAN KUALITAS DAYA DAN  
MENINGKATKAN EFISIENSI DAYA**

**TUGAS AKHIR**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA  
SEMARANG  
2008**

## PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan Judul : **“BOOST PWM RECTIFIER 3 FASA SEBAGAI METODE PERBAIKAN KUALITAS DAYA DAN MENINGKATKAN EFISIENSI DAYA”** disetujui dan disahkan pada tanggal.....2008 diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini disetujui pada tanggal .....2008.

Semarang, ..... 2008

Menyetujui,  
Pembimbing I

(DR. Ir. Slamet Riyadi, MT)  
NPP : 058.1.1992.110

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Industri

( Leonardus Heru P, ST. MT )

NPP: 058.1.2000.234

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Tuhan YME, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“BOOST PWM RECTIFIER 3 FASA SEBAGAI METODE PERBAIKAN KUALITAS DAYA DAN MENINGKATKAN EFISIENSI DAYA”**. Tugas Akhir ini penulis susun sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh untuk meraih gelar Sarjana di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan yang berarti dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis juga sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada kedua orang tua, kedua kakakku, adikku, keponakanku atas segala dukungan moral dan material serta segala kasih sayang yang diberikan.
2. Bapak Leonardus Heru P, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. DR. Ir. Slamet Riyadi, MT selaku Pembimbing I yang telah memberikan masukan-masukan dan pengarahan yang sangat membantu kelancaran pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen Pengampu dan Staf Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang yang turut mendukung menyelesaikan studi.
5. Para Laboran, Mas Achmad dan Mas Agung yang telah banyak memberikan masukan dan pinjaman peralatan laboratorium.

6. Untuk Ayu yang telah begitu sabar memberikan dukungan dan doa setiap saat serta senantiasa menjadi semangat disaat aku sakit dan senang. Tanpamu aku bukanlah apa – apa.
7. Semua teman – temanku angkatan 2001 yang selalu memberi dukungan dan semangat agar penulis tidak pantang menyerah
8. Teman-teman Laboratorium : Tatang, Timbul, Deni, Mas Bambang, Yoyok, dan lainnya atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.
9. Untuk Pak Bambang atas dukungan dan sarannya yang membangun.

Penulis menyadari bahwa laporan yang penulis susun ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis harapan segala bentuk komentar, kritik dan saran dari pembaca.

Akhir kata penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangan yang berharga bagi para pembaca dan semua pihak yang berkepentingan. Amin.

Semarang,

Juni 2008

Penulis

(Dharnendra Yogi Prabandaru)

## ABSTRAK

*Dominasi peralatan listrik dengan rangkaian penyearah yang selama ini digunakan telah menciptakan beban tak linier yang menyebabkan harmonisa dan terbentuknya daya reaktif. Hal ini tentu saja menyebabkan turunnya kualitas daya listrik yang berdampak buruk terhadap peralatan elektronik itu sendiri. PWM Boost rectifier sedang dikembangkan sebagai salah satu metode perbaikan kualitas daya dan mampu meningkatkan efisiensi daya listrik. PWM Boost Rectifier diciptakan untuk memaksa arus masukan agar tetap memiliki bentuk yang sama sefasa dengan tegangan masukannya. Pada sistem ini menunjukkan kinerja PWM boost rectifier 3 fasa yang mampu menekan harmonisa dan mereduksi daya reaktif sehingga menghasilkan kualitas daya keluaran yang jauh lebih berkualitas dari sistem daya yang selama ini telah ada.*

*Kata kunci : PWM boost Rectifier, Harmonisa, Daya reaktif*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pembatasan Masalah.....	2
1.3 Manfaat dan Tujuan.....	2
1.4 Perumusan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pendahuluan .....	4
2.2 PWM Boost Rectifier .....	6
2.3 Single Phase Single Switch PWM Rectifie .....	8
2.4 PWM Rectifier 3 fasa .....	11
2.5 Sistem Kendali hysteresis.....	13
2.6 Penguat Operasional (Op-amp) .....	14
2.6.1 Op-amp Sebagai Komparator .....	16
2.6.2 Op-amp sebagai Penguat Operasional .....	17
2.7 Flip - Flop S-R.....	19
<b>BAB III PERANCANGAN 3 PHASE BOOST RECTIFIER</b>	
3.1 Pembentukan Sinyal Referensi 3 Fasa .....	23

3.2 Kontrol Hysteresis .....	25
3.3 One Leg Switches Controll .....	26
3.4 Rangkaian Driver.....	28
3.5 Rangkaian Pendeteksi Arus .....	29
3.6 Perancangan Rangkaian Daya .....	30

#### **BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA**

4.1 Analisa Sistem Daya Boost Rectifier 3 Fasa.....	32
4.1.1 Interval 1 ( $-30^\circ \leq \omega t \leq 30^\circ$ ) .....	32
4.1.2 Interval 2 ( $30^\circ \leq \omega t \leq 90^\circ$ ).....	37
4.1.3 Interval 3 ( $90^\circ \leq \omega t \leq 150^\circ$ ).....	39
4.1.4 Interval 4 ( $150^\circ \leq \omega t \leq 210^\circ$ ).....	41
4.1.5 Interval 5 ( $210^\circ \leq \omega t \leq 270^\circ$ ).....	43
4.1.6 Interval 6 ( $270^\circ \leq \omega t \leq 330^\circ$ ).....	45
4.2 Sasaran Perbaikan Kualitas .....	46
4.3 Sistem Penyearah 3 Fasa Dengan Komponen Dioda .....	47
4.4 Sistem Penyearah 3 Fasa Dengan Komponen Penyearah Thyristor.....	49
4.5 Pengujian Sistem Penyearah 3 Fasa Dengan Saklar Semikonduktor .....	50

#### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	58

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	59
-----------------------------	----

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

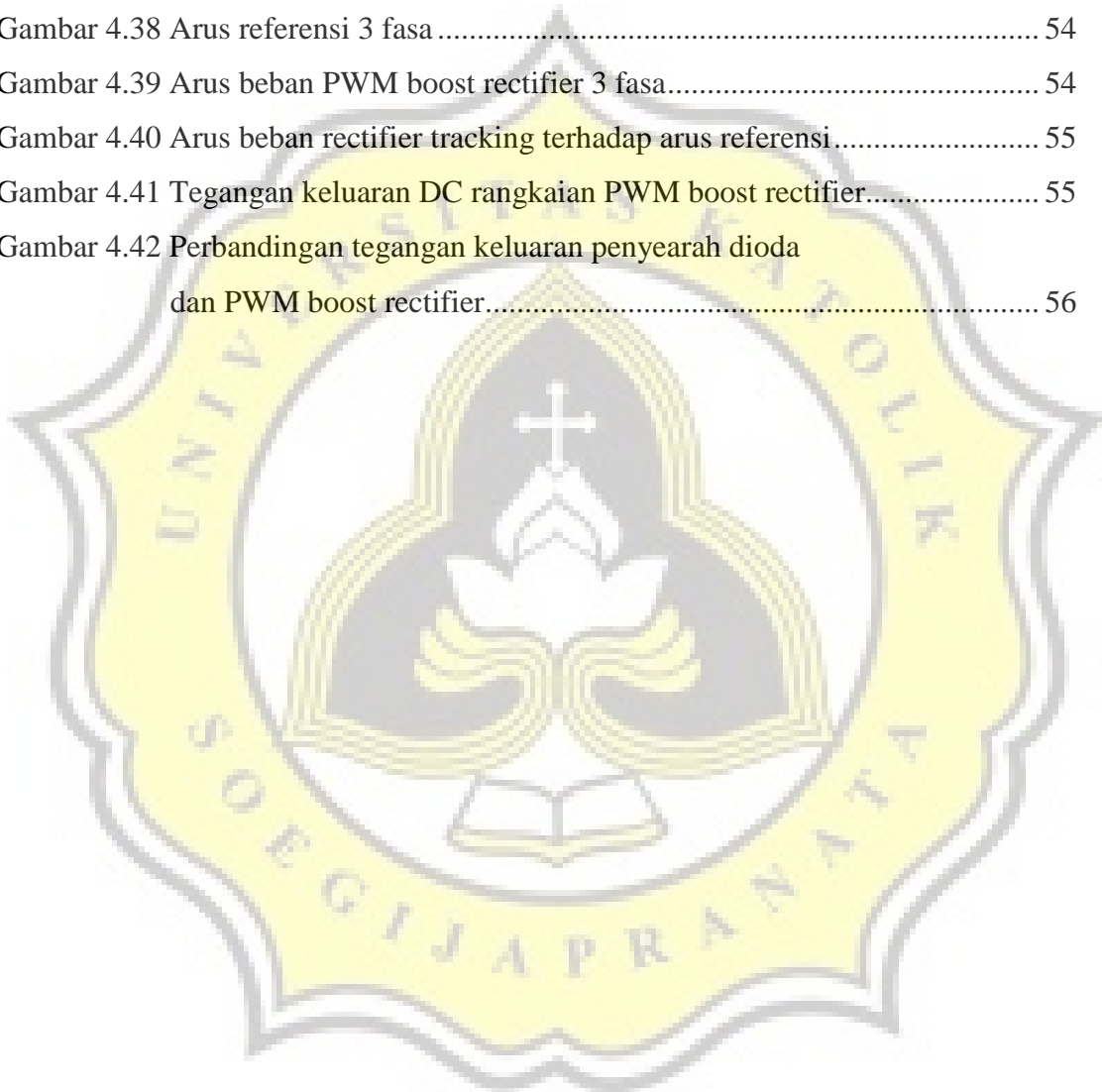
Gambar 2.1. PWM boost rectifier (a) skema rangkaian (b) rangkaian ekuivalen .....	7
Gambar 2.2 PWM boost rectifier dengan satu saklar .....	9
Gambar 2.3 PWM boost rectifier jenis setengah gelombang .....	10
Gambar 2.4. PWM boost rectifier jenis gelombang penuh .....	11
Gambar 2.5 PWM rectifier 3 fasa yang diusulkan .....	12
Gambar 2.6 Enam interval waktu untuk mode operasi .....	12
Gambar 2.7 Hysterisis single band .....	14
Gambar 2.8 Gambar Terminal Op-Amp .....	15
Gambar 2.9 Gambar Rangkaian Dasar Komparator .....	17
Gambar 2.10 Penguat pembalik tegangan positif .....	18
Gambar 2.11 Penguat non inverting .....	19
Gambar 2.12 Simbol Logika Flip-Flop S-R .....	20
Gambar 3.1 Diagram blok rangkaian kendali dan daya boost Rectifier 3 fasa .....	22
Gambar 3.2 Rangkaian PLL yang menghasilkan sinyal masukan mikrokontroler .....	24
Gambar 3.3 Rangkaian DAC mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog .....	25
Gambar 3.3 Rangkaian kontroller hysteresis .....	26
Gambar 3.4 Rangkaian untuk mengidentifikasi interval .....	27
Gambar 3.5 Rangkaian driver dengan deadtime .....	29
Gambar 3.6 Rangkaian pendeteksi arus dengan sensor arus LEM LA50-P .....	29
Gambar 3.7 PWM rectifier 3 fasa yang diusulkan .....	30
Gambar 3.8 Enam interval waktu untuk mode operasi .....	31
Gambar 4.1 Aliran arus fasa T pada saat saklar T1 menutup ( $-30^{\circ} \leq \omega t \leq 30^{\circ}$ ) .....	33



Gambar 4.2 Rangkaian ekuivalen saat saklar T1	
menutup ( $-30^0 \leq \omega t \leq 30^0$ ) .....	33
Gambar 4.3 Aliran arus fasa T pada saat saklar T1	
membuka ( $-30^0 \leq \omega t \leq 30^0$ ).....	34
Gambar 4.4 Rangkaian ekuivalen saat saklar T1	
membuka ( $-30^0 \leq \omega t \leq 30^0$ ).....	34
Gambar 4.5 Aliran arus fasa S pada saat saklar T2	
menutup ( $-30^0 \leq \omega t \leq 30^0$ ) .....	35
Gambar 4.6 Rangkaian ekuivalen saat saklar T2	
menutup ( $-30^0 \leq \omega t \leq 30^0$ ) .....	36
Gambar 4.7 Aliran arus fasa S pada saat saklar T2	
membuka ( $-30^0 \leq \omega t \leq 30^0$ ).....	36
Gambar 4.8 Rangkaian ekuivalen saat saklar T2	
membuka ( $-30^0 \leq \omega t \leq 30^0$ ).....	37
Gambar 4.9 Aliran arus fasa R pada saat saklar T5	
menutup ( $30^0 \leq \omega t \leq 90^0$ ).....	38
Gambar 4.10 Aliran arus fasa R pada saat saklar T5	
membuka ( $30^0 \leq \omega t \leq 90^0$ ).....	38
Gambar 4.11 Aliran arus fasa S pada saat saklar T6	
menutup ( $30^0 \leq \omega t \leq 90^0$ ).....	39
Gambar 4.12 Aliran arus fasa S pada saat saklar T6	
membuka ( $30^0 \leq \omega t \leq 90^0$ ).....	39
Gambar 4.13 Aliran arus fasa R pada saat saklar T3	
menutup ( $90^0 \leq \omega t \leq 150^0$ ).....	40
Gambar 4.14 Aliran arus fasa R pada saat saklar T3	
membuka ( $90^0 \leq \omega t \leq 150^0$ ).....	40
Gambar 4.15 Aliran arus fasa T pada saat saklar T4	
menutup ( $90^0 \leq \omega t \leq 150^0$ ).....	40
Gambar 4.16 Aliran arus fasa T pada saat saklar T4	
membuka ( $90^0 \leq \omega t \leq 150^0$ ).....	41

Gambar 4.17 Aliran arus fasa S pada saat saklar T1 menutup ( $150^0 \leq \omega t \leq 210^0$ ).....	42
Gambar 4.18 Aliran arus fasa S pada saat saklar T1 membuka ( $150^0 \leq \omega t \leq 210^0$ ).....	42
Gambar 4.19 Aliran arus fasa T pada saat saklar T2 menutup ( $150^0 \leq \omega t \leq 210^0$ ).....	42
Gambar 4.20 Aliran arus fasa T pada saat saklar T2 membuka ( $150^0 \leq \omega t \leq 210^0$ ).....	43
Gambar 4.21 Aliran arus fasa S pada saat saklar T5 menutup ( $210^0 \leq \omega t \leq 270^0$ ).....	43
Gambar 4.22 Aliran arus fasa S pada saat saklar T5 membuka ( $210^0 \leq \omega t \leq 270^0$ ).....	44
Gambar 4.23 Aliran arus fasa R pada saat saklar T6 menutup ( $210^0 \leq \omega t \leq 270^0$ ).....	44
Gambar 4.24 Aliran arus fasa R pada saat saklar T6 membuka ( $210^0 \leq \omega t \leq 270^0$ ).....	44
Gambar 4.25 Aliran arus fasa T pada saat saklar T3 menutup ( $270^0 \leq \omega t \leq 330^0$ ).....	45
Gambar 4.26 Aliran arus fasa T pada saat saklar T3 membuka ( $270^0 \leq \omega t \leq 330^0$ ).....	45
Gambar 4.27 Aliran arus fasa R pada saat saklar T4 menutup ( $270^0 \leq \omega t \leq 330^0$ ).....	46
Gambar 4.28 Aliran arus fasa R pada saat saklar T4 membuka ( $270^0 \leq \omega t \leq 330^0$ ).....	46
Gambar 4.29 Penyearah tiga fasa dengan beban tak linier jenis dioda .....	47
Gambar 4.30 Vektor tegangan dan arus pada beban tak linier tanpa daya reaktif.....	48
Gambar 4.31 Penyearah tiga fasa dengan beban tak linier jenis Thyristor .....	49
Gambar 4.32 Vektor tegangan dan arus pada beban tak linier dengan daya reaktif.....	50

Gambar 4.33 Rangkaian PWM boost Rectifier tiga fasa.....	51
Gambar 4.34 Arus referensi PWM rectifier 3 fasa.....	52
Gambar 4.35 Arus beban pada sistem PWM rectifier 3 fasa.....	52
Gambar 4.36 Arus beban yang telah sefasa dengan arus referensi .....	53
Gambar 4.37 Arus beban dan arus referensi padapenyearah dioda.....	53
Gambar 4.38 Arus referensi 3 fasa .....	54
Gambar 4.39 Arus beban PWM boost rectifier 3 fasa.....	54
Gambar 4.40 Arus beban rectifier tracking terhadap arus referensi.....	55
Gambar 4.41 Tegangan keluaran DC rangkaian PWM boost rectifier.....	55
Gambar 4.42 Perbandingan tegangan keluaran penyearah dioda dan PWM boost rectifier.....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Kebenaran Flip-Flop S-R .....	20
Tabel 4.1 : Kondisi saklar aktif .....	32

