

**PEMODELAN DAN SIMULASI INVERTER TIGA FASA DENGAN
TEKNIK PENGONTROLAN *SINUSOIDAL PULSE WIDTH*
MODULATION UNTUK APLIKASI PLTS**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Strata satu (S-1) Jurusan teknik elektro
Fakultas teknologi industri
Universitas bung hatta*

Oleh :

YOLA WARNITA
1810017111040



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN DAN SIMULASI INVERTER TIGA FASA DENGAN
TEKNIK PENGONTROLAN *SINUSOIDAL PULSE WIDTH*
MODULATION UNTUK PLTS

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

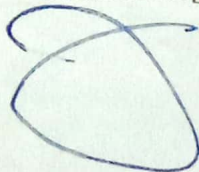
Oleh :

YOLA WARNITA

NPM : 1810017111040

Disetujui Oleh:

Pembimbing



Dr. Ir. Indra Nisja., M.Sc

NIK: 201 810 683

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,

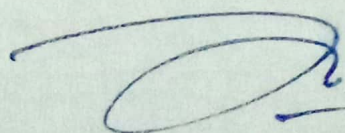


Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST, MT

NIK: 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



Ir. Arzul, MT

NIK: 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI

PEMODELAN DAN SIMULASI INVERTER TIGA FASA DENGAN
TEKNIK PENGONTROLAN *SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION*
UNTUK PLTS

SKRIPSI

YOLA WARNITA

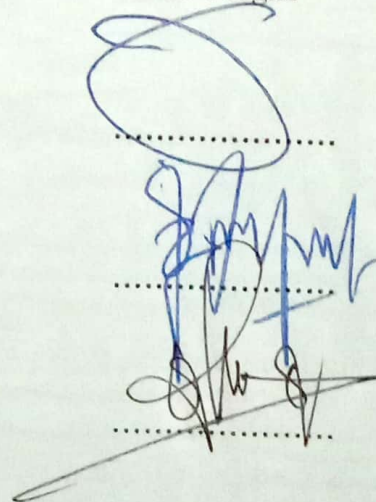
NPM : 1810017111040

Dipertahankan di depan penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari: Sabtu, 11 Februari 2023

No. Nama

1. Dr. Ir. Indra Nisja., M.Sc
(Ketua Sidang)
2. Dr. Ir. Ija Darmana., MT., IPM
(Penguji)
3. Ir. Yani Ridal., MT
(Penguji)

Tanda Tangan

The image shows three handwritten signatures in blue ink, each positioned above a horizontal dotted line. The signatures are written in a cursive style. The first signature is a large, looped scribble. The second signature is more complex and jagged. The third signature is a simpler, more linear scribble.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

-ALLAHUMMA YASSIR WALA TU'ASSIR-

Bismillahirrahmanirrahim, terimakasih Ya Allah atas pencapaian yang kau berikan kepadaku sampai saat ini, Ya Allah pada saat ini aku sedang butuh kunfayakunmu, ya allah sungguh besar harapan orang tuaku kepadaku bantulah aku dan berikan keajaibanmu dengan terwujudnya nanti, sungguh aku percaya tidak ada yang mustahil bagimu, ya allah kabulkan lah doa yang setiap hari aku ulang, izinkan aku membahagiakan orang tua ku dan orang orang yang menyayangiku. Aamiin.

Untuk Mama dan Papa Tersayang

Maaf ya ma, pa...sejauh ini yola masih berjuang buat masa depan yola, yola masih sering ngeluh, masih sering malas - malasan, masih sering bergantung sama kakak, nien, abang. Terimakasih ma, untuk perjuangan, kesabaran, kasih sayang dan semua hal terbaik didunia yang mama beri buat yola dari yola lahir sampai mama dijemput Yang kuasa.

Pa, terimakasih sudah kuat dan berjuang melanjutkan hidup setelah mama pergi. Terimakasih udah selalu sabar ngedapin yola yang kadang masih suka ngelawan, makasih udah berjuang buat kehidupan yang lebih baik. Terima kasih ya pa selalu ada buat yola. Saat ini dan sampai seterusnya, yola akan berjuang untuk bisa ngejaga papa dihari tua nanti. Semoga papa bisa ngelihat dan ngerasain hasil kesuksesan yola kelak ya pa...

Sekarang yola lulus ma, pa. Yola akan melanjutkan masa depan untuk diri yola dan keluarga. Do'a yola selalu untuk mama dan papa...

Untuk Saudara - saudara Tersayang

Kakak, makasi ya udah jadiin dedek adik tersayang. Maaf kalau dedek masih suka ngelawan omongan kakak. Terimakasih udah kuat berjuang dirantau sendirian buat ngelanjutin masa depan dan buat menuhin apa yang dedek mau. Terimakasih udah mencoba selalu kuat dan tegar atas semua cobaan yang ada ya kak, dedek tau kakak kuat...

Nien, makasi ya udah jadi sosok yang ngisi kekosongan sosok mama dirumah setelah mama pergi, dedek tau semua berat buat kita tapi nien berusaha buat kuat dan tegar demi dedek, abang, dan papa dirumah. Sekarang dedek udah bisa ngurus rumah sendiri walaupun masih sering malasnya, hahaha...

Abang, laki - laki yang juga terpuruk saat mama pergi, tapi abang masih tetap berusaha kuat didepan dedek, masih mastiin keadaan saudara perempuannya baik - baik aja, dedek tau abang cuma pura - pura kuat didepan kami agar kami bisa kuat juga. Terimakasih udah berjuang dirantau sendiri ya bang.

Kakak, nien, abang, terimakasih udah selalu ada buat dedek, semangat dedek saat dedek terpuruk, selalu dengerin keluhan dedek, selalu berusaha menuhin semua kemauan dan keinginan dedek. Maaf dedek masih sering belum bisa ngambil keputusan sendiri yang akhirnya selalu nanya sama kalian. Terimakasih udah jadiin dedek tetap seperti anak kecil walaupun dedek bukan anak kecil lagi...

Untuk Dosen Pembimbing

Terimakasih kepada pembimbing yola, pak indra, berkat bimbingan bapak yola dapat menyelesaikan skripsi ini pak. Sehat selalu pak, panjang umur ya pak, di murahkan rezkinya pak.

Untuk Dosen – Dosen Teknik Elektro Bung Hatta

Terimakasih untuk Bapak dan Ibuk yang sudah memberi banyak ilmu kepada yola selama perkuliahan maupun diluar perkuliahan, semoga bapak dan ibuk sehat terus, panjang umur, semoga dilain waktu kita bisa ketemu lagi ya pak/buk.

Untuk Kamu

Makasi ya udah selalu support dan nemenin aku dari jauh, makasi udah sabar waktu otak aku mumet, waktu bikin kesal kamu yaa, maaf aku sering ngajakin ribut. Semangat berjuang untuk masa depan yaa...

Untuk teman-teman 18

Untuk kawan - kawan 18 DC, makasi udah berjuang sama - sama dari awal sampai akhir kuliah (walaupun kita lulus ga semuanya secara bersamaan).

Untuk senior & junior

Untuk senior terimakasih sudah mendidik karakter yola dari yang biasa aja menjadi luar biasa wkwk, dan untuk junior sedikit banyak nya kakak mengucapkan terimakasih untuk kalian. Dan pesan kakak , waktu kalian masih panjang lagi jadi tolong isi kepala kalian dengan pengetahuan yang bermanfaat bagi semua orang.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul “**PEMODELAN DAN SIMULASI INVERTER TIGA FASA DENGAN TEKNIK PENGONTROLAN *SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION* UNTUK PLTS**” adalah benar – benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan – bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 11 Febuari 2023



YOLA WARNITA

NPM: 1810017111040

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambaran Pulsa PWM	II-7
Gambar 2.2	Sel, Modul, Panel, dan Array Surya	II-9
Gambar 2.3	Sistem PLTS On-Grid	II-9
Gambar 2.4	Blok Diagram Sistem PLTS Grid-Interactive dengan Baterai Cadangan	II-10
Gambar 2.5	VSI Satu Fasa Setengah Jembatan	II-13
Gambar 2.6	VSI Satu Fasa Jembatan Penuh	II-13
Gambar 2.7	Rangkaian Inverter 3 Fasa	II-14
Gambar 2.8	Bentuk Gelombang Penyalaan Sinyal Pad Penyalaan 180°	II-15
Gambar 2.9	Bentuk Gelombang Penyalaan Sinyal Pad Penyalaan 120°	II-17
Gambar 2.10	Simbol Transistor Daya	II-18
Gambar 2.11	Rangkaian Transistor Sebagai Saklar	II-19
Gambar 2.12	Simbol Mosfet	II-20
Gambar 2.13	Rangkaian Mosfet dan RC Snubber	II-22
Gambar 2.14	(a.) Bipolar Switching Scheme (b.) Unipolar Switching Scheme	II-24
Gambar 2.15	Pemodulasian Pada Single Pulse Width Modulation	II-25
Gambar 2.16	Pemodulasian Pada Multiple Width Modulation	II-27
Gambar 2.17	Skema Pembentukan Sinyal PWM	II-28
Gambar 2.18	Konsep Dasar SPWM	II-28
Gambar 2.19	Pemodulasian Pada Phase Disolacement Control	II-30
Gambar 3.1	Rangkaian Inverter Tiga Fasa dengan Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	III-35
Gambar 3.2	Flowchart Alur Penelitian	III-32
Gambar 4.1	Blok Sederhana Sistem PLTS dengan Baterai	IV-40
Gambar 4.2	Gelombang Keluaran Sinyal Sinusoidal dengan Parameter yang digunakan Pada <i>sine wave</i>	IV-42
Gambar 4.3	Gelombang Keluaran Sinyal <i>Carrier</i> dengan Parameter yang digunakan Pada <i>Sawtooth Generator</i>	IV-43
Gambar 4.4	Gelombang Keluaran Sinyal Modulasi dan <i>Carrier</i>	IV-43

Gambar 4.5	Blok Add	IV-45
Gambar 4.6	Gelombang Keluaran dari Gabungan Pembangkit yang Telah Melewati Blok Add	IV-45
Gambar 4.7	Blok Compare To Zero	IV-45
Gambar 4.8	Gelombang Keluaran dari Gabungan Pembangkit yang Telah Melewati Blok Add dan Blok Compare To Zero	IV-46
Gambar 4.9	Blok Logical Operator	IV-46
Gambar 4.10	Gelombang Keluaran yang Telah Melewati Blok Logical Operator NOT	IV-47
Gambar 4.11	Pembentukan Pulsa Pada Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	IV-47
Gambar 4.12	Gelombang Keluaran Saat Terjadinya <i>Overmodulasi</i>	IV-49
Gambar 4.13	Inverter Tiga Fasa	IV-50
Gambar 4.14	Mosfet yang digunakan Pada Simulasi di Matlab	IV-51
Gambar 4.15	Gelombang Keluaran Pada Keadaan Sakelar $S_1, S_4, S_3, S_6, S_5, S_2$	IV-52
Gambar 4.16	Gelombang Keluaran Tegangan Fasa-Netral Inverter Tiga Fasa	IV-53
Gambar 4.17	Gelombang Keluaran Tegangan Fasa-Fasa Inverter Tiga Fasa	IV-53
Gambar 4.18	Nilai THD V_{LN} Hasil Keluaran Inverter Tiga Fasa dengan Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i> (SPWM) Pada FFT Analyzer	IV-55
Gambar 4.19	Nilai THD I_{VL} Hasil Keluaran Inverter Tiga Fasa dengan Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i> (SPWM) Pada FFT Analyzer	IV-59

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
INTISARI	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Penelitian	II-5
2.2 Pemodelan	II-8
2.3 Simulasi	II-8
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	II-8
2.5 Inverter	II-12
2.3.1 Inverter Satu Fasa	II-13
2.3.2 Inverter Tiga Fasa	II-14
2.6 Transistor Daya	II-18
2.4.1 Switching Transistor	II-18
2.4.2 Jenis - Jenis Transistor	II-19
2.7 MOSFET	II-20
2.8 RC Snubber	II-22
2.9 Filter	II-22
2.10 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	II-24

2.8.1	<i>Single Pulse Width Modulation</i>	II-25
2.8.2	<i>Multiple Pulse Width Modulation</i>	II-26
2.8.3	<i>Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)</i>	II-27
2.8.4	<i>Modified Pulse Width Modulation</i>	II-29
2.8.5	<i>Phase - Displacement Control</i>	II-30
2.11	Harmonisa	II-31
2.12	Hipotesis	II-32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Alat dan Bahan Penelitian	III-34
3.1.1	Alat Penelitian	III-34
3.1.2	Bahan Penelitian	III-34
3.2	Alur Penelitian	III-36

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Deskripsi	IV-40
4.2	Metode pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)</i>	IV-40
4.2.1	Performansi Sinyal Modulasi	IV-40
4.2.2	Performansi Sinyal <i>Carrier</i>	IV-42
4.2.3	Performansi Sinyal Modulasi dan <i>Carrier</i>	IV-43
4.2.4	Penggunaan Blok Pada Rangkaian Pengontrol	IV-44
4.2.5	Pembentukan Pulsa Pada Rangkaian Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)</i>	IV-47
4.2.6	<i>Overmodulasi</i> Pada Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)</i>	IV-48
4.3	Simulasi Inverter Tiga Fasa dengan Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	IV-50
4.3.1	Performansi Komponen Pada Inverter Tiga Fasa	IV-50
4.3.2	Performansi Gelombang Input Pada Tiap Sakelar Inverter	IV-52
4.3.3	Gelombang Keluaran Tegangan Inverter Tiga Fasa dengan Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	IV-53
4.3.4	Analisa Nilai <i>Total Harmonic Distortion (THD)</i> Pada Keluaran Tegangan Inverter Tiga Fasa dengan	

	Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	IV-54
4.3.5	Inverter Tiga Fasa Tanpa Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i> (SPWM)	IV-55
4.3.6	Performansi Nilai Frekuensi <i>Carrier</i> Terhadap Nilai THD _v dan Tegangan Keluaran Inverter	IV-56
4.3.7	Performansi Nilai Indeks Modulasi (m_a) Terhadap Nilai Parameter	IV-58
4.3.8	Nilai <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD) Pada Keluaran Arus Inverter Tiga Fasa dengan Pengontrolan <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	IV-59
4.3.9	Perhitungan Daya Keluaran Pada Inverter Tiga Fasa	IV-60
4.4	Analisa Penggunaan Modul Solar Cell Pada PLTS	IV-60

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	V-62
5.2	Saran	V-62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN 1. MODEL RANGKAIAN INVERTER TIGA FASA DENGAN METODE *SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION*

LAMPIRAN 2. BLOK PARAMETER PADA SIMULASI

DAFTAR NOTASI

SIMBOL	KETERANGAN
V	Volt
A	Ampere
V_{in}	Tegangan Masukan/Tegangan Sumber
V_{LN}	Tegangan Line - Netral
ma	Indeks Modulasi
mf	Modulasi Rasio
fc	Frekuensi Pembawa/ <i>Carrier</i>
fm	Frekuensi Modulasi
V_c	Amplitudo Pembawa/ <i>Carrier</i>
V_m	Amplitude Modulation
V_{pp}	Tegangan Peak to Peak
W_p	Watt-Peak
p	Jumlah Pulsa
δ	Lebar Pulsa

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Keadaan Saklar Inverter Tiga Fasa	II-14
Tabel 2.2	Nilai Mosfet Daya	II-21
Tabel 2.3	Voltage Distortion Limits	II-33
Tabel 3.1	Spesifikasi Komponen Pada Rangkaian	III-35
Tabel 4.1	Nilai Parameter <i>sine wave 1</i>	IV-41
Tabel 4.2	Nilai Parameter <i>sine wave 2</i>	IV-41
Tabel 4.3	Nilai Parameter <i>sine wave 3</i>	IV-41
Tabel 4.4	Nilai Parameter <i>Sawtooth Generator</i>	IV-42
Tabel 4.5	Nilai Parameter <i>sine wave 1 Overmodulasi</i>	IV-48
Tabel 4.6	Nilai Parameter <i>sine wave 2 Overmodulasi</i>	IV-49
Tabel 4.7	Nilai Parameter <i>sine wave 3 Overmodulasi</i>	IV-49
Tabel 4.8	Parameter Dc Voltage Source	IV-51
Tabel 4.9	Parameter Mosfet	IV-51
Tabel 4.10	Keadaan Sakelar Inverter Tiga Fasa	IV-52
Tabel 4.11	Tampilan Nilai pada FFT Analyzer	IV-54
Tabel 4.13	Nilai Parameter Lainnya Terhadap Perubahan Nilai Frekuensi Sinyal <i>Carrier</i>	IV-56
Tabel 4.13	Nilai Parameter Lainnya Terhadap Perubahan Nilai Indeks Modulasi	IV-58