

**IMPLEMENTASI KENDALI HYSTERESIS GANDA  
SAKLAR MAKSIMAL PADA INVERTER TIGA-FASA  
EMPAT-KAWAT**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**



Oleh :

**SANDY PRATAMA POETRA**

**NIM : 18.F1.0004**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA**

**SEMARANG**

**2022**

**PERNYATAAN**  
**KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)**

Memperhatikan Surat Keputusan Rektor Universitas Katolik Soegijapranata Nomor.:0047/SK.Rek/X/2013 tanggal 07 Oktober 2013, tentang Pernyataan Laporan Tugas Akhir, maka bersama ini Laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul *“IMPLEMENTASI KENDALI HYSTERESIS GANDA SAKLAR MAKSIMAL PADA INVERTER TIGA-FASA EMPAT-KAWAT”*, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Tugas Akhir ini sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi, maka saya rela untuk dibatalkan, dengan segala akibat hukumnya sesuai peraturan yang berlaku pada Universitas Katolik Soegijapranata dan / atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 13 Juli 2022

Yang menyatakan,


**SANDY PRATAMA POETRA**

**NIM. 18.F1.0004**

## HALAMAN PENGESAHAN



Judul Tugas Akhir: : IMPLEMENTASI KENDALI HYSTERESIS GANDA SAKLAR  
MAKSIMAL PADA INVERTER TIGA-FASA EMPAT-KAWAT

Diajukan oleh : Sandy Pratama Poetra

NIM : 18.F1.0004

Tanggal disetujui : 13 Juli 2022

Telah setuju oleh

Pembimbing : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Penguji 2 : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Penguji 3 : Dr. Ir. Florentinus Budi Setiawan M.T.

Ketua Program Studi : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Dekan : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Halaman ini merupakan halaman yang sah dan dapat diverifikasi melalui alamat di bawah ini.

[sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=18.F1.0004](http://sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=18.F1.0004)

**HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sandy Pratama Poetra  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Jurnal Ilmiah

Setuju untuk memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Noneklusif atas karya ilmiah yang berjudul **“A SIMPLE HYSTERESIS CONTROL STRATEGY IN VOLTAGE REGULATED THREE PHASE FOUR WIRE SYSTEM FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATION”** pada International Journal of Renewable Energy Research. Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata berhak menyimpan, mengalihkan media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir ini selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 13 Juli 2022

Yang menyatakan



Sandy Pratama Poetra

## KATA PENGANTAR

Terima kasih dan Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunianya saya dapat menyelesaikan dan melaksanakan Tugas Akhir dengan sebaik – baiknya sampai pada saat penyusunan laporan ini dimana berjalan dengan lancar dengan hasil yang memuaskan. Laporan ini melampirkan berbagai hasil dan juga sebagai sarana dokumentasi dari hasil penelitian yang telah dilakukan yang mana mencakup hasil dan juga penjelasan cara kerja dari alat Inverter Tiga-Fasa Empat Kawat dengan mengimplementasikan sebuah topologi yang baru beserta dikombinasikan dengan sebuah strategi kontrol terbaru dan perkembangan dari strategi kontrol hysteresis yang mana frekuensi pensaklaran dilimitasi oleh bantuan limiter.

Pembuatan alat Tugas akhir sampai dengan penyusunan laporan telah dilaksanakan sejak 10 Oktober 2021 sampai dengan 13 Maret 2022 yang mana berjalan dengan lancar tanpa adanya kendala yang berarti. Hal ini bisa terjadi dikarenakan adanya dukungan dan bantuan – bantuan dari berbagai pihak dimana terjadi sebuah kerja sama baik antara pembimbing dengan mahasiswa maupun antara mahasiswa dengan mahasiswa sekelompok begitu juga dengan pihak – pihak lainnya. Terima kasih saya ucapkan, kepada Dr. Leonardus H. Pratomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pada kegiatan Tugas Akhir ini, dan sebagai Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata. Atas bimbingannya penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini. Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi, MT selaku kepala

laboratorium Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata atas diizinkannya melakukan kegiatan Tugas akhir dimana penulis diberikan fasilitas alat serta kebutuhan lainnya untuk memperlancar pembuatan alat Tugas Akhir serta diberikan izin untuk membuat alat pada laboratorium.

Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada Teman kelompok Tugas Akhir yaitu Agustinus Fidelis Wibisono atas bantuan yang diberikan dalam pelaksanaan pembuatan alat serta dukungan moral yang diberikan sebagai sesama mahasiswa dalam satu kelompok dan juga penulis memberikan terima kasih kepada Lauw Albert Matthias tanpa bantuannya penulis tidak akan berada pada tahap ini dalam waktu yang secepat ini, dan juga ucapan terima kasih kepada Samuel Aditya dengan bantuannya untuk melakukan desain dan program saat selama Tugas Akhir berlangsung . Laporan ini masih memiliki banyak kekurangan mulai dari segi penulisan hingga pada bagian isi. Oleh karena itu, melalui kata pengantar ini penulis juga mengucapkan permintaan maaf jika ada kekurangan dan ketidaksempurnaan pada laporan yang dibuat oleh penulis. Oleh sebab itu, penulis secara terbuka menerima berbagai masukan dan saran dari para pembaca serta kritik untuk laporan Tugas akhir sehingga pada kedepannya penulis dapat menyempurnakan dan memperbaiki kesalahan dan kekurangan pada laporan ini.

Akhir kata, penulis melalui laporan ini mengharapkan bahwa pembaca mendapatkan pencerahan atau jawaban dan ilmu baru yang dijelaskan dan disampaikan pada laporan ini. Semoga pembaca dapat memahami isi maksud dari laporan ini beserta dengan konsep yang dijelaskan dan dijabarkan mencakup topologi baru yang diajukan serta strategi kontrol baru yang diajukan dan

kedepannya pembaca dapat mengimplementasikan atau mengembangkan menjadi sesuatu yang lebih baik.

Semarang, 13 Juli 2022



Sandy Pratama Poetra



## ABSTRAK

*Energi yang dihasilkan Photovoltaic diekspetasikan menjadi masa depan bagi sumber energi yang bersih secara berkelanjutan. Tetapi, energi Photovoltaic hanya bisa memproduksi keluaran berupa energi DC yang dimana harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi energi AC untuk implementasi pada sistem Tiga-Fasa Empat-Kawat (3F4K). Maka dari itu, dibutuhkan inverter DC-AC yang memiliki tingkat efisiensi yang tinggi untuk dapat memanfaatkan energi Photovoltaic secara maksimal. Pada artikel ini disajikan dan diimplementasikan sebuah strategi kontrol baru yang sederhana pada inverter 3F4K untuk mengontrol tegangan keluaran. Topologi ini mempunyai tiga buah inverter satu fasa tipe full-bridge yang dihubungkan secara paralel, dan inverter tipe ini membutuhkan sistem pensaklaran yang berfrekuensi tinggi untuk menghasilkan gelombang keluaran tegangan yang sesuai dengan standar. Oleh karena itu, strategi kontrol baru yang disajikan memungkinkan pensaklaran dengan frekuensi tinggi sampai mencapai performa maksimum pensaklaran yang dapat dicapai, bernama hysteresis pita ganda dengan pembatas frekuensi. Berdasarkan pada simulasi dan implementasi pada hardware melalui pengujian pada laboratorium, strategi ini dapat mengatur pensaklaran dengan frekuensi tinggi hingga titik maksimum kemampuan pada mikrokontroler, driver, dan saklar daya. Oleh karena itu, kualitas pada tegangan keluaran yang dihasilkan menjadi lebih efisien dan stabil. Nilai*



*THD yang dikalkulasikan melalui Real-Time Simulation menunjukkan hasil sebesar 2,68 %.*

***Kata kunci: Energi Photovoltaic, Sistem Tiga-Fasa Empat-Kawat, Inverter Tegangan Terkendali, Pembatas Frekuensi, Hysteresis Pita Ganda***



## DAFTAR ISI

<b>LAPORAN TUGAS AKHIR</b> .....	i
<b>PERNYATAAN KE ASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMI</b> PENGESAHAN .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Tujuan Dan Manfaat</b> .....	3
<b>1.3 Perumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>1.5 Metodologi Penelitian</b> .....	5
<b>1.6 Sistematika Penulisan</b> .....	7
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	9
<b>2.1 Inverter Tiga Fasa Empat Kawat</b> .....	9
<b>2.2 Kondisi Pensaklaran</b> .....	10
<b>2.3 Strategi Kontrol Pensaklaran</b> .....	12
<b>2.3.1 Strategi Kontrol Hysteresis Konvensional</b> .....	14
<b>2.3.2 Strategi Kontrol Hysteresis Pita Ganda</b> .....	16
<b>2.3.3 Pembatas Frekuensi</b> .....	18

2.4	Mikrokontroler STM32407VET6 .....	19
2.5	Saklar Daya IGBT FGH40N60 .....	22
2.6	Buffer CB4050BE .....	22
<b>BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI .....</b>		<b>23</b>
3.1	Pendahuluan .....	23
3.2	Rangkaian Driver TLP250 .....	25
3.3	Rangkaian Sirkuit B1212S .....	25
3.4	Rangkaian Sirkuit A1212S .....	26
3.5	Rangkaian Sensor Tegangan LV25-P .....	27
3.6	Rangkaian Topologi Inverter Tiga-Fasa Empat-Kawat .....	28
3.7	Rancangan Strategi Kontrol .....	30
3.7.1	Flowchart Pemrograman .....	33
3.7.2	Implementasi Pemrograman .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>40</b>
4.1	Desain Implementasi Hardware .....	40
4.2	Perbandingan Hasil Simulasi dan Hardware .....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN - LAMPIRAN .....</b>		<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kondisi Satu.....	12
Gambar 2. 2 Kondisi Dua.....	12
Gambar 2. 3 Kondisi Tiga.....	12
Gambar 2. 4 Kondisi Empat.....	12
Gambar 2. 5 Strategi kontrol Hysteresis .....	15
Gambar 2. 6 Double band hysteresis control strategy.....	18
Gambar 2. 7 Pembatas Frekuensi.....	19
Gambar 2. 8 Diagram Sirkuit.....	21
Gambar 2. 9 STM32407VET6.....	22
Gambar 3. 1 Diagram Blok Inverter Tiga Fasa Empat Kawat.....	24
Gambar 3. 2 Rangkaian Driver TLP250 .....	25
Gambar 3. 3 Rangkaian Sirkuit B1212S.....	26
Gambar 3. 4 Rangkaian Sirkuit A1212S.....	27
Gambar 3. 5Rangkaian Sensor Tegangan LV25-P .....	28
Gambar 3. 6 Rangkaian Topologi Inverter Tiga Fasa Empat Kawat.....	29
Gambar 3. 7 Skema Strategi Kontrol yang Disajikan .....	30
Gambar 3. 8 Double band hysteresis voltage controller.....	33
Gambar 3. 9 Flowchart Pemrograman .....	35
Gambar 4. 1 Hardware Inverter Tiga Fasa Empat Kawat.....	40
Gambar 4. 2 PWM untuk MSFT1 dan MSFT4: (a) simulasi, (b) hardware.....	42
Gambar 4. 3 PWM untuk MSFT2 dan MSFT3: (a) simulasi, (b) hardware.....	42

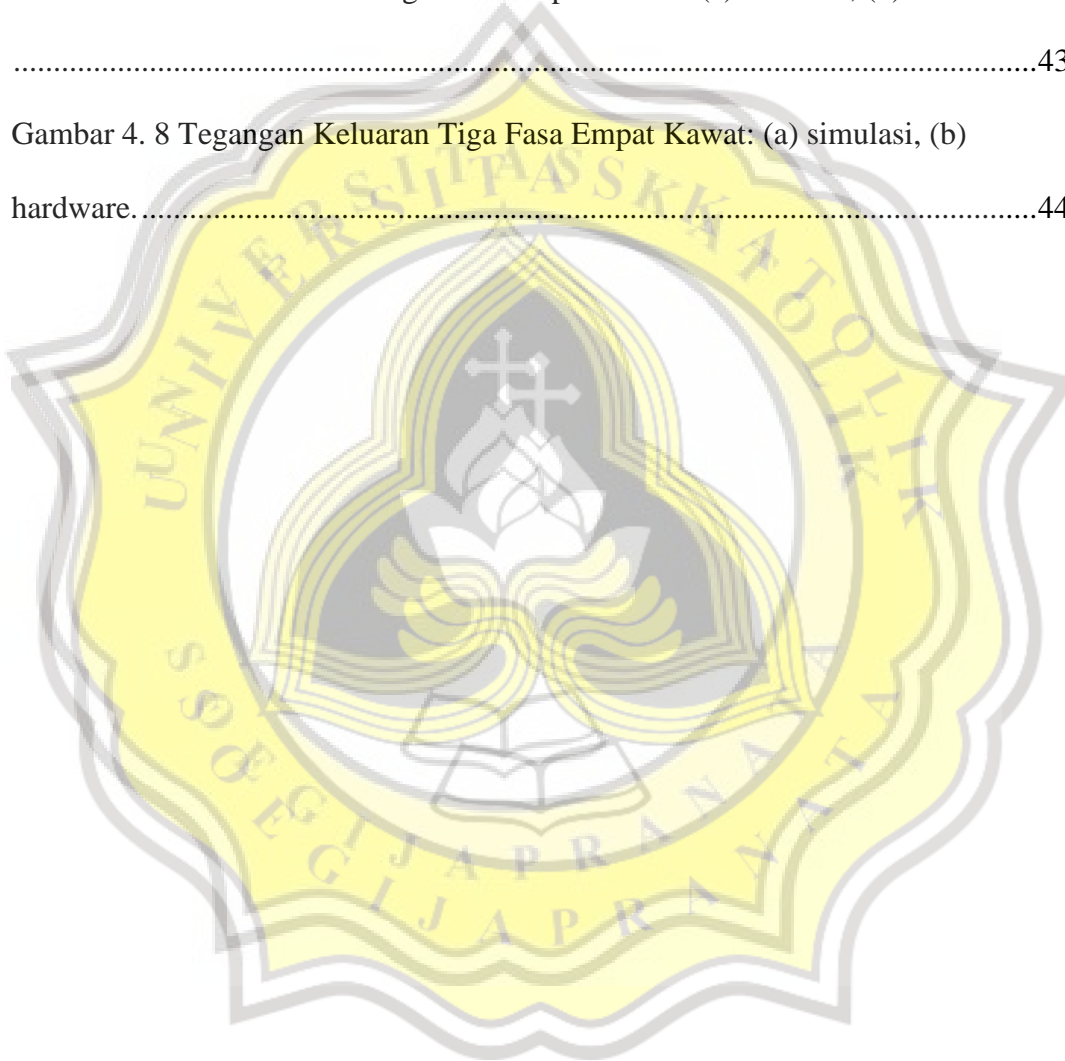
Gambar 4. 4 Tegangan Keluaran sebelum dan sesudah Filter: (a) simulasi, (b) hardware.....43

Gambar 4. 5 Tegangan dan Arus Keluaran: (a) simulasi, (b) hardware. ....43

Gambar 4. 6 Respon pada perubahan nilai beban: (a) simulasi, (b) hardware.....43

Gambar 4. 7 Arus Keluaran Tiga Fasa Empat Kawat: (a) simulasi, (b) hardware. ....43

Gambar 4. 8 Tegangan Keluaran Tiga Fasa Empat Kawat: (a) simulasi, (b) hardware.....44



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Logika PWM.....	16
Tabel 3. 1 Parameter Simulasi dan Hardware.....	24

