



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI - ENERGI LISTRIK**

**IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL DAN  
PROTEKSI PEMBANGKIT PHOTOVOLTAIC  
SKALA KECIL**

**Muhammad Halim Prayogo  
NIM 1512002**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
September 2019**



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI - ENERGI LISTRIK**

**Implementasi Sistem Kontrol dan Proteksi  
Pembangkit *Photovoltaic* Skala Kecil**

**Muhammad Halim Prayogo  
NIM 1512001**

**Dosen Pembimbing  
Prof.Dr.Eng. Ir. Abraham Lomi,MSEE**

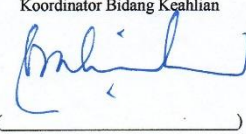
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
September 2019**



**BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
SEMESTER GENAP 2018/2019**

Peminatan : T.




Tanggal : 21 Feb 2019

1	NIM	15.12.002.
2	Nama	M. Halim
3	Judul yang diajukan	
<b>Disetujui/Ditolak *</b>		
4	Catatan:	Koncil ke Dosen Pembimbing paper akan dibuat!
5	Pembimbing yang diusulkan:	
Menyetujui Koordinator Bidang Keahlian 		

\* : Coret yang tidak perlu



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Semester Genap Tahun Akademik 2018/2019**

PEMINATAN		Teknik Energi Listrik	
1.	Nama Mahasiswa	Muhammad Halim Prayogo	NIM 1512002
2.	Keterangan Pelaksanaan	Tanggal	Waktu
		04-3-19	
3.	Judul Proposal yang Diseminarkan Mahasiswa	Implementasi Sistem Kontrol Dan Proteksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Sistem Kelistrikan Tambahan Gedung Elektro ITN Malang	
4.	Perubahan Judul yang Disarankan (bila ada)	..... ..... .....	
Masukan yang harus ditambahkan dalam skripsi:			
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sempurnakan flowchart</li> <li>- Gambar sistem kelistrikan tambahan gedung elektro</li> <li>- Kejelasan sistem kontrolnya</li> </ul>		
Persetujuan Judul Skripsi			
Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
 Yusuf Ismail Nakhadu		(.....)	
Disetujui, Dosen Pembimbing			
Pembimbing I		Pembimbing II	
Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE.			
		Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	
			
Dr. Irine Budi Sulistiawati, ST., MT. NIP. 19770615 200501 2 002			



BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Semester Genap Tahun Akademik 2018/2019

PEMINATAN		Teknik Energi Listrik		
1.	Nama Mahasiswa	Muhammad Halim Prayogo	NIM	1512002
	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
2.	Pelaksanaan	12 April 2019	1045	I.1.4
3.	Judul Skripsi yang Diseminarkan Mahasiswa	Implementasi Sistem Kontrol Dan Proteksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Sistem Kelistrikan Tambahan Gedung Elektro ITN Malang		
4.	Progress yang dilalui	Dapat pui, belum selesai - Data praktik sudah di peroleh Kang dan dpt melakukan kerja		
5.	Hambatan	Tempas & daya belum selesai dan yg ditunggu, blm pssy bel MPT & CB		
6.	Saran dari dosen:	Hasil desain direvisi & dilah perbaikan dan instalasi, MPT & CB		
Disetujui, Dosen Pembimbing				
Pembimbing I		Pembimbing II		
 Prof. Dr. Eng.-Ir. Abraham Lani, MSEE.				
Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1				
 Dr. Irine Budi Sulistiawati, ST., MT. NIP. 19770615 200501 2 002				



**BERITA ACARA SEMINAR HASIL SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Semester Genap Tahun Akademik 2018/2019**

**PEMINATAN**                      **Teknik Energi Listrik**

1.	Nama Mahasiswa	Muhammad Halim Prayogo	NIM	1512002																		
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat																		
	Pelaksanaan																					
3.	Judul Skripsi yang Diseminarkan Mahasiswa	Implementasi Sistem Kontrol Dan Proteksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Sistem Kelistrikan Tambahan Gedung Elektro ITN Malang																				
4.	Nilai :	<table border="1"><thead><tr><th>No</th><th>Keterangan</th><th>Nilai (dalam angka)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1)</td><td>Penampilan</td><td>85</td></tr><tr><td>2)</td><td>Presentasi</td><td>85</td></tr><tr><td>3)</td><td>Penguasaan Materi Skripsi</td><td>85</td></tr><tr><td>4)</td><td>Penguasaan Materi Penunjang</td><td>85</td></tr><tr><td colspan="2">Rata-Rata</td><td>85</td></tr></tbody></table>			No	Keterangan	Nilai (dalam angka)	1)	Penampilan	85	2)	Presentasi	85	3)	Penguasaan Materi Skripsi	85	4)	Penguasaan Materi Penunjang	85	Rata-Rata		85
No	Keterangan	Nilai (dalam angka)																				
1)	Penampilan	85																				
2)	Presentasi	85																				
3)	Penguasaan Materi Skripsi	85																				
4)	Penguasaan Materi Penunjang	85																				
Rata-Rata		85																				
5.	Berdasarkan Seminar Hasil hari ini maka skripsi ini:  <b>Layak/<del>Tidak Layak*</del></b>  untuk mengikuti Ujian Komprehensif																					
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1  Dr. Irine Budi Sulistawati, ST., MT. NIP. 19770615 200501 2 002		Disetujui, Dosen Pengamat  (.....)																			

\*) Coret salah satu

Form S-3c





PT. DAN PERSEORJAN MALANG  
BANGUN MASA MUNDIR

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417638 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Muhammad Halim Prayogo  
NIM : 15.12.002  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Peminatan : Teknik Energi Listrik  
Masa Bimbingan : Semester Genap 2018-2019  
Judul Skripsi : IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL DAN  
PROTEKSI PEMBANGKIT PHOTOVOLTAIC  
SKALA KECIL

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu  
(S-1) pada:

Hari : Sabtu  
Tanggal : 8 Agustus 2019  
Nilai : 84,70

Panitia Ujian Skripsi

Majelis Ketua Penguji

Dr. Irrine Budi Sulstiwati, ST., MT.  
NIP. 1977061520005012002

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.  
NIP.P. 1030100361

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Dr. Irrine Budi Sulstiwati, ST., MT.  
NIP. 1977061520005012002

Dosen Penguji II

Ir. Widodo Pudji Mulianto, MT  
NIP. Y. 1028700171



## LEMBAR PENGESAHAN

# IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL DAN PROTEKSI PEMBANGKIT PHOTOVOLTAIC SKALA KECIL

## SKRIPSI

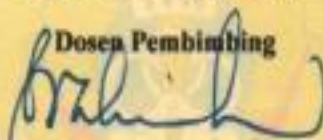
Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Elektro S-1  
Peminatan Energi Listrik  
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun oleh:

**Muhammad Halim Prayogo**  
NIM 1512002

Diperiksa dan Disetujui :

Dosen Pembimbing



**Prof. Dr. Eng. Jr. Abraham Lomi, MSEE**  
NIP. Y. 1018500108

Mengetahui :

**Ketua Program Studi Teknik Elektro S1**



**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT,**  
NIP.P. 1030100361

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
PEMINATAN TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
SEPTEMBER 2019



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur atas Berkah dan Rahmat Allah SWT karena atas ridho-Nya lah penyusunan Skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Tujuan dari penyusunan Skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro di Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun 2018-2019.

Proses pelaksanaan dan pembuatan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, serta banyak saran dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kekuatan, kesabaran serta kemudahan sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan dukungan moral, doa serta semangat dalam menyelesaikan Skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Rektor ITN Malang.
4. Bapak Dr. Ellysa Nursanti, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
6. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Dosen pembimbing.
7. Seluruh teman –teman di kampus ITN Teknik Elektro angkatan 2015.

Penulis menyadari tanpa dukungan dan bantuan mereka semua penyelesaian skripsi ini tidak bisa tercapai dengan baik. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perkembangan skripsi ini menjadi lebih baik. Akhir kata penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi maupun pihak lain serta rekan-rekan dan adik-adik mahasiswa Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang pada umumnya.

Malang, September 2019

Penulis

## SURAT PERNYATAAN ORIGINALITAS

**Yang bertanda tangan dibawah ini :**

Nama : Muhammad Halim Prayogo  
NIM : 1512002  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : Implementasi Sistem Kontrol Dan Proteksi Pembangkit Photovoltaic Skala Kecil

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah karya sendiri tidak merupakan plagiasi dan karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali di cantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan perundang - undangan yang berlaku.

Malang, September 2019

Yang membuat pernyataan



Muhammad Halim Prayogo  
NIM 1512002

# *Implementasi Sistem Kontrol dan Proteksi Pembangkit Photovoltaic Skala Kecil*

Muhammad Halim Prayogo  
Abraham Lomi  
muhammadprayogohalim@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Perkembangan penerapan pembangkit listrik energi terbarukan saat ini berkembang pesat, terutama untuk pembangkit listrik tenaga surya (Photovoltaic) yang memanfaatkan sumber energi matahari untuk membangkitkan listrik. Selain biaya pemakaian yang murah, perawatan yang mudah juga salah satu alasan mengapa Photovoltaic banyak diminati oleh kalangan masyarakat.*

*Dengan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya yang mengandalkan energi matahari yang tidak menentu maka dibutuhkan suatu sistem kontrol pada Photovoltaic menggunakan MPPT (Maximum Power Point Tracking) untuk melacak titik daya maksimum pada Photovoltaic dan juga dibutuhkan sistem proteksi pada Photovoltaic menggunakan Circuit Breaker untuk melindungi sistem Photovoltaic dari gangguan arus lebih.*

*Sebelum dilakukan Implementasi sistem Kontrol dan Proteksi Photovoltaic 800 Watt terlebih dahulu dilakukan simulasi sistem menggunakan software PSCAD. Dengan menjalankan simulasi sistem menggunakan software PSCAD diketahui bahwa sistem kontrol menggunakan MPPT Photovoltaic dapat mengeluarkan daya maksimum dan Tegangan output yang konstan menuju Inverter dan beban yaitu motor induksi 1 fasa, simulasi sistem proteksi juga dapat melindungi sistem Photovoltaic dari gangguan arus lebih yang berasal dari beban.*

**Kata Kunci :** *Photovoltaic, Maximum Power Point Tracking, Circuit Breaker.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sel Surya ( <i>Photovoltaic</i> ).....	5
2.2 Teori Kerja <i>Photovoltaic</i> .....	6
2.3 <i>Microgrid</i> .....	8
2.4 <i>Solar Charge Controller</i> .....	8
2.4.1 Diagram Sirkuit <i>Solar Charge Controller</i> .....	9
2.5 MPPT ( <i>Maximum Power Point Tracking</i> ).....	10
2.6 Metode <i>Perturb and Observe</i> .....	12
2.7 <i>Buck-Boost Converter</i> .....	12
2.8 Baterai.....	13
2.8 Inverter DC ke AC.....	14
2.9 Transformator.....	16
2.10 Circuit Breaker.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Flow Chart.....	20
3.3 Algoritma Simulasi pada <i>Software PSCAD</i> .....	21
3.4 Gambar Desain Sistem <i>Photovoltaic Off Grid</i> .....	22
3.5 Blok Diagram Sistem Kontrol Inverter MPPT.....	23
3.6 Data-data Sistem <i>Photovoltaic Off Grid</i> .....	24
BAB IV SIMULASI DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pemodelan <i>Single Line Diagram Photovoltaic Off Grid</i> Dengan Menggunakan <i>Software PSCAD EMTDC</i> .....	27
4.2 Simulasi Output Pembangkit <i>Photovoltaic</i> .....	27
4.3 Simulasi DC-DC Konverter.....	29
4.4 Simulasi Sistem Kontrol Maximum Power Point Tracking.....	30
4.5 Simulasi Inverter DC-AC.....	32

4.6	Rangkaian Transformator <i>Step Up</i> .....	34
4.7	Simulasi Sistem Proteksi Menggunakan <i>Circuit Breaker</i> Pada PSCAD .....	36
4.8	Pengujian Kontrol <i>Maximum Power Point Tracking</i> .....	40
4.5	Pengujian Sistem Proteksi Menggunakan <i>Circuit Breaker</i> .....	46
4.9	Pengukuran Gelombang Tegangan AC menggunakan Power Meter .....	48
4.10	Pengukuran Gelombang Arus AC menggunakan Power Meter .....	48
BAB V PENUTUP .....		51
5.1	Kesimpulan .....	51
5.2	Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA .....		53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Single Line Diagram Sistem Photovoltaic [Hasan, Hasnawiya, 2012].....	6
Gambar 2. Model Photovoltaic [Jingpeng, Wang, 2018].....	6
Gambar 3. Arus dan Daya Diubah Oleh Tegangan [Jingpeng, Wang, 2018].....	7
Gambar 4. Sistem Kelistrikan Microgrid [Hong, Chen, 2017] .....	8
Gambar 5. Diagram Skematik Rangkaian Charge Controller .....	9
Gambar 6. Karakteristik I-V pada Modul Photovoltaic .....	11
Gambar 7. Karakteristik P-V pada Modul Photovoltaic.....	11
Gambar 8. Teknik Perturb and Observe [Salazar Duque, 2016].....	12
Gambar 9. Topologi Switching Konverter Buck-Boost .....	13
Gambar 10. Bagian Komponen Baterai Lead-Acid.....	14
Gambar 11. Rangkaian Sirkuit Inverter DC ke AC.....	15
Gambar 12. Konstruksi Transformator.....	16
Gambar 13. Skema Transformator Step-Up.....	17
Gambar 14. Skema Transformator Step-Down .....	17
Gambar 15. Skema Alat Penelitian.....	22
Gambar 16. Blok Diagram Sistem Kontrol Inverter MPPT .....	23
Gambar 17. Single Line Diagram Sistem Kelistrikan Photovoltaic Off Grid.....	27
Gambar 18. Single Line Modul Photovoltaic Pada PSCAD .....	27
Gambar 19. Data Modul Photovoltaic Pada PSCAD .....	28
Gambar 20. tampilan Tegangan Output Photovoltaic .....	28
Gambar 21. Rangkaian Sistem Kontrol DC-DC .....	29
Gambar 22. Komponen DC-DC Konverter .....	29
Gambar 23. Tampilan Tegangan Output DC-DC Konverter .....	30
Gambar 24. Rangkaian Sistem Kontrol MPPT .....	30
Gambar 25. Data Komponen MPPT.....	31
Gambar 26. Grafik Daya Modul Photovoltaic.....	31
Gambar 27. Komponen Inverter DC-AC .....	32
Gambar 28. Rangkaian Sistem Pensaklaran Inverter DC-AC .....	33
Gambar 29. Gelombang Keluaran Komponen Inverter.....	33
Gambar 30. Komponen Transformator Step Up .....	34
Gambar 31. Data Transformator Step Up.....	34

Gambar 32. Tampilan Output Tegangan RMS Transformator Menuju Beban .....	35
Gambar 33. Tampilan Tegangan Sinus Output Transformator.....	35
Gambar 34. Tampilan Panel Meter Tegangan pada Beban .....	36
Gambar 35. Rangkaian Sistem Proteksi.....	37
Gambar 36. Data Circuit Breaker .....	37
Gambar 37. Data Pengaturan Arus Gangguan.....	38
Gambar 38. Data Pengoperasian Circuit Breaker .....	38
Gambar 39. Tampilan Arus Ketika Terjadi Gangguan.....	39
Gambar 40. Tampilan Modul Photovoltaic.....	40
Gambar 41. Tampilan Tegangan dan Arus Photovoltaic Pukul 12.00... 40	40
Gambar 42. Tampilan Tegangan Baterai .....	41
Gambar 43. Tampilan Tegangan dan Arus Beban Pukul 12.00.....	41
Gambar 44. Tampilan Tegangan dan Arus Photovoltaic Pukul 14.30... 42	42
Gambar 45. Tampilan Tegangan Baterai Pada Pukul 14.30 .....	42
Gambar 46. Tampilan Tegangan dan Arus Beban Pukul 14.30.....	43
Gambar 47. Tampilan Tegangan dan Arus Photovoltaic Pukul 17.00... 44	44
Gambar 48. Tampilan Tegangan Baterai Pukul 17.00.....	44
Gambar 49. Tampilan Tegangan dan Arus Beban Pukul 17.00.....	45
Gambar 50. Tampilan Arus Gangguan yang Melebihi Kapasitas Circuit Breaker .....	47
Gambar 51. Tampilan Trip Circuit Breaker Ketika Mendeteksi Arus Gangguan .....	47
Gambar 52. Gelombang Tegangan AC Menggunakan Power Meter ....	48
Gambar 53. Gelombang Arus AC Menggunakan Power Meter .....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Kelistrikan Modul PV (Tingkat Cahaya Standar 1000 W/m <sup>2</sup> .....	10
Tabel 3.2 Data Modul Sel Surya .....	24
Tabel 3.3 Data Sistem Kontrol Photovoltaic.....	24
Tabel 3.4 Data Sistem Proteksi Photovoltaic .....	24
Tabel 3.5 Data Beban Photovoltaic .....	25
Tabel 3.6 Data Alat Ukur Clamp Meter.....	25
Tabel 4.7Data Hasil Pengujian Photovoltaic Off Grid.....	45