



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PROTEKSI ARUS HARMONIK  
KE JALA- JALA PADA INSTALASI  
PLTS *ON GRID* SATU FASA  
DENGAN BEBAN NON LINEAR**

**TESIS**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**BAMBANG YAN ARDIANTO  
1909511003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO  
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
DEPOK  
AGUSTUS 2021**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PROTEKSI ARUS HARMONIK  
KE JALA- JALA PADA INSTALASI  
PLTS *ON GRID* SATU FASA  
DENGAN BEBAN NON LINEAR**

**TESIS**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Mencapai Derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Tenaga Listrik

**BAMBANG YAN ARDIANTO  
1909511003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO  
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
DEPOK  
AGUSTUS 2021**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta


## HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 12 Agustus 2021

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



Bambang Yan Ardianto

NIM : 1909511003



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Bambang Yan Ardianto

NIM : 1909511003

Tanda Tangan :

Tanggal : 12 Agustus 2021



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PENGESAHAN


Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Bambang Yan Ardianto

Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro

Judul : Proteksi Arus Harmonik ke Jala-jala pada Instalasi  
PLTS *On Grid* Satu Fasa dengan Beban Non Linear

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Kamis tanggal 12 Agustus tahun 2021 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh Derajat Gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : **Dr. Isdawimah, S.T., M.T.** (  )

Pembimbing II: **Ir. Drs. Asrizal Tatang, M.T.** (  )

Penguji I : **Dr. Drs. A. Tossin Alamsyah, S.T., M.T.** (  )

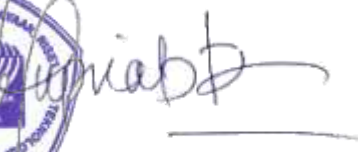
Penguji II : **Drs. Kurnadi, S.T., M.Si** (  )

Penguji III : **Fatahula, S.T., M.Kom** (  )

Depok, 26 Agustus 2021

Disahkan oleh  
Kepala Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



  
Dr. Drs. Supriatnoko, M.Hum

NIP. 196201291988111001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat dan ridho Allah SWT yang telah memberikan karunia kesehatan, waktu, ilmu, kekuatan, dan kesempatan, sehingga dapat menyelesaikan karya ilmiah yang berjudul “Proteksi Arus Harmonik ke Jala-jala pada Instalasi PLTS *On Grid* Satu Fasa dengan Beban Non Linear”.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Ucapan terima kasih tak terhingga kepada :

1. Oranguaku Ayah **Bambang Hermanto, Ibu (Almh.) Nurhayati**, Istriku **Amalia Setiasari** dan anak anaku tercinta, keluarga besar, kedua mertua, kakak ipar, yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan do’a yang tidak ada henti-hentinya.
2. Ibu **Dr. Isdawimah, S.T., M.T.** selaku Ketua Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro dan sebagai dosen pembimbing I.
3. Bapak **Ir. Drs. Asrizal Tatang, M.T.** selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam menyusun laporan tesis ini.
4. Segenap Dosen dan Staff Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro atas kontribusinya baik secara langsung, maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu selama penyusunan laporan tesis ini.
5. Rekan-rekan Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta Angkatan Ketiga.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hasil penelitian ini tentu masih banyak kekurangan, dan jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang dapat memperkaya khazanah keilmuan di dalam laporan tesis ini.

Semoga laporan ini bermanfaat, khususnya bagi penulis dan masyarakat pada umumnya, karena sebaik baiknya ilmu adalah ilmu yang bermanfaat bagi orang lain.

Depok, 12 Agustus 2021

Bambang Yan Ardianto





## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bambang Yan Ardianto  
NIM : 1909511003  
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro  
Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta  
Jenis Karya : Tesis

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

Proteksi Arus Harmonik ke Jala-jala pada Instalasi PLTS *On Grid* Satu Fasa dengan Beban Non Linear

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan)\*. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tesis 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 Agustus 2021

Bambang Yan Ardianto

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## ABSTRAK

Arus harmonik pada instalasi PLTS *on grid* satu fasa bisa muncul akibat penggunaan beban-beban non linear, seperti peralatan semi konduktor, dan lampu elektronik yang terhubung ke sistem instalasi.

Keterbaruan penelitian ini adalah membatasi nilai arus harmonik yang akan memasuki jala-jala pada saat transfer energi listrik ke PLN, dengan memastikan sistem PLTS *on grid* nilai arus harmonik-nya sudah sesuai standar.

Adanya arus harmonik yang melebihi nilai standar akan berpengaruh terhadap kinerja dari sistem distribusi berupa rugi-rugi pada konduktor kabel, temperatur transformator naik, dan sebagainya. Nilai standar arus harmonik juga telah ditentukan dalam IEEE No.519 Tahun 2014.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, dimana digunakan transformator isolasi satu fasa sebagai pengganti filter pasif untuk mengurangi nilai arus harmonik yang dihasilkan pada instalasi PLTS *on grid* satu fasa 450 Wp. Perangkat lunak ETAP 12.6 juga digunakan untuk simulasi penggunaan tambahan filter pasif jika nilai arus harmonik masih di atas standar. Relai harmonik digunakan sebagai pemutus transfer energi listrik, jika nilai arus harmonik masih tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan transformator isolasi untuk mengurangi arus harmonik, dapat mengurangi THDi pada instalasi PLTS *on grid* satu fasa saat kondisi berbeban, sebesar 32.3%. Simulasi perangkat lunak ETAP 12.6 menghasilkan penambahan filter *single tuned* dengan daya reaktif kapasitor ( $Q_{VAR}$ ) sebesar 1000 kVAR untuk mengurangi arus harmonik orde ke-3 dan orde ke-5 yang masih tinggi ( $> 15\%$ ). Hasil simulasi juga menunjukkan, penurunan arus harmonik orde ke-3 menjadi sebesar 10.5% dan orde ke-5 menjadi 12.2%. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penggunaan transformator isolasi, dan perancangan filter pasif untuk mereduksi dan mencegah arus harmonik masuk ke jala-jala pada instalasi PLTS *on grid* satu fasa.

Kata kunci : Arus harmonik, PLTS *on grid*, THDi, Transformator Isolasi

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## ABSTRACT

Harmonic currents in single-phase PV grid-connected installations can arise due to the use of non-linear loads, such as semi-conductor equipment, and electronic lights connected to the installation system.

The novelty of this research is to limit the value of the harmonic current that will enter the grid when transferring electrical energy to PLN/main grid, by ensuring that the PLTS system on grid harmonic current values are up to standard.

The presence of harmonic currents that exceed the standard values will affect the performance of the distribution system in the form of losses in the cable conductors, the transformer temperature rises, and so on. The standar value has also been determined in IEEE No. 519 - 2014.

The research use a quantitative method, where a single phase isolation transformer is used instead of a passive filter to reduce the value of the harmonic current generated in a single phase 450 Wp PV grid connected installation. The ETAP 12.6 software is also used to simulate the use of additional passive filters if the harmonic current value is still above the standard. Harmonic relays are used as electrical energy transfer breakers, if the harmonic current value is still high.

The results showed that the use of isolation transformers to reduce harmonic currents, can reduce THDi in PV on-grid installations by 32.3% at with non-linear loads, The ETAP 12.6 software simulation results in the addition of a single tuned filter with capacitive reactive power ( $Q_{VAR}$ ) 1000 kVAR to reduce the 3rd order and 5th order harmonic currents which are still high ( $> 15\%$ ). The simulation results also show that the 3rd order harmonic currents decrease 10.5 % and 12.2% at 5<sup>th</sup> harmonic. It is hoped that this research can be used as a baseline for using isolation transformers, and designing passive filters to reduce and prevent harmonic currents from entering the grid in single-phase PV on grid installations.

Keywords : Harmonic Current, PV *on grid*, THDi, Isolation Transformer

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

Halaman Sampul.....	i
Halaman Judul .....	ii
Halaman Pernyataan Bebas Plagiarisme .....	iii
Halaman Pernyataan Orisinalitas.....	iv
Halaman Pengesahan .....	v
Kata Pengantar.....	vi
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tesis Untuk Kepentingan Akademik .....	viii
Abstrak .....	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Lampiran.....	xv
Halaman Simbol dan Singkatan.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Manfaat Teoretis.....	4
1.5.2 Manfaat Praktis.....	4
1.6 Sistematika Penyajian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 PLTS <i>On Grid</i> .....	6
2.2 Arus Harmonik.....	9
2.3 Jenis <i>Inverter</i> Satu Fasa.....	14
2.3.1 <i>Inverter Grid Tie/MPPT</i> .....	15
2.3.2 <i>Inverter Power Sine Wave (PWM)</i> .....	16
2.3.3 <i>Inverter Modified Sine Wave (Quasi)</i> .....	17
2.4 Transformator Isolasi .....	19
2.5 Filter Pasif dan Perangkat Lunak ETAP 12.6.....	22
2.6 Relai Harmonik.....	26
2.7 Kajian Penelitian Terdahulu .....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Ruang Lingkup Penelitian .....	31
3.2 Ancangan Penelitian.....	32
3.3 Perancangan .....	34
3.3.1 Modul Panel Surya .....	35
3.3.1 <i>Desk Panel</i> .....	36
3.4 Cara Kerja.....	41
3.5 Pengujian .....	42
3.5 Metode dan Teknik Analisa Data.....	43
3.5 Metode dan Teknik Penyajian Hasil .....	45



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	46
4.1 Hasil Penelitian .....	46
4.1.1 Hasil Penelitian Sebelum Dipasang Transformator Isolasi .....	48
4.1.2 Hasil Penelitian Setelah Dipasang Transformator Isolasi.....	53
4.1.2.1 Hasil Penelitian Menggunakan <i>Inverter Grid Tie/MPPT</i> .....	54
4.1.2.2 Hasil Penelitian Menggunakan <i>Inverter Pure Sine Wave (PSW)</i> ..	55
4.2 Pembahasan .....	57
4.2.1 Pengaruh Pemasangan Transformator Isolasi Terhadap Arus Harmonik .....	57
4.2.2 Simulasi Penggunaan Filter Pasif.....	58
4.2.3 Unjuk Kerja Relai Harmonik pada Sistem.....	67
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	69
5.1 Simpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA .....	70
LAMPIRAN .....	74

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 IEEE 519-2014 – Batas Arus Harmonik .....	10
Tabel 2.2 Perbandingan Jenis <i>Inverter</i> Satu Fasa.....	19
Tabel 3.1 Analisa Kebutuhan Peralatan Penelitian.....	33
Tabel 3.2 Spesifikasi Modul Surya Terpasang.....	36
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Inverter</i> Satu Fasa.....	38
Tabel 3.4 Spesifikasi Transformator Isolasi Satu Fasa.....	38
Tabel 3.5 Spesifikasi Relai Harmonik .....	39
Tabel 4.1 Data Arus Harmonik Beban Linear – Tanpa Trafo Isolasi.....	47
Tabel 4.2 Data Arus Harmonik Tanpa Beban – Tanpa Trafo Isolasi .....	49
Tabel 4.3 Data Arus Harmonik Berbeban – Tanpa Trafo Isolasi.....	51
Tabel 4.4 Data Tegangan Harmonik Berbeban – Tanpa Trafo Isolasi .....	52
Tabel 4.5 Data Arus Harmonik <i>Grid Tie</i> - Berbeban - Trafo Isolasi.....	54
Tabel 4.6 Data Arus Harmonik <i>PSW</i> - Berbeban - Trafo Isolasi .....	56
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Arus Harmonik Penelitian .....	58
Tabel 4.8 Rekapitulasi Komponen Filter Pasif.....	62
Tabel 4.9 Rekapitulasi Unjuk Kerja Relai Harmonik.....	68

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Ekuivalen Sel Fotovoltaik.....	7
Gambar 2.2 Blok Diagram Instalasi PLTS <i>On Grid</i> Satu Fasa.....	8
Gambar 2.3 Kurva Karakteristik I-V dan P-V Modul Fotovoltaik.....	9
Gambar 2.4 Spektrum Harmonik.....	14
Gambar 2.5 Blok Diagram <i>Decoupling</i> I-V dan $V_{pv}$ .....	16
Gambar 2.6 Rangkaian Kontrol <i>Inverter</i> PSW/PWM.....	17
Gambar 2.7 Rangkaian Kontrol <i>Inverter</i> MSW/ <i>Quasi</i> .....	18
Gambar 2.8 Konstruksi Transformator Isolasi Satu Fasa.....	20
Gambar 2.9 Rangkaian Ekuivalen Transformator Isolasi Satu Fasa.....	21
Gambar 2.10 Simbol Komponen <i>Single Tuned Filter</i> .....	23
Gambar 2.11 Vektor Segitiga Daya.....	23
Gambar 2.12 Tampilan Jendela Utama ETAP 12.6.....	26
Gambar 2.13 Diagram Koneksi Relai Harmonik.....	27
Gambar 2.14 Blok Diagram Penelitian Terdahulu Reduksi Arus Harmonik.....	28
Gambar 2.15 <i>Single Line Diagram</i> Penelitian Terdahulu Simulasi ETAP.....	30
Gambar 3.1 Blok Diagram Ruang Lingkup Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Penelitian.....	34
Gambar 3.3 Perancangan Modul Surya Atap.....	35
Gambar 3.4 Perancangan Modul <i>Desk Panel</i> .....	37
Gambar 3.5 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Cara Kerja Peralatan.....	41
Gambar 3.6 Blok Diagram Pengujian.....	43
Gambar 3.7 Koneksi <i>Power Quality Meter</i> ke Sistem.....	44
Gambar 3.8 Koneksi <i>Power Quality Meter</i> ke Laptop/PC.....	45
Gambar 4.1 Spektrum Arus Harmonik Beban Linear - Tanpa Trafo Isolasi.....	48
Gambar 4.2 Spektrum Arus Harmonik Tanpa Beban - Tanpa Trafo Isolasi.....	50
Gambar 4.3 Spektrum Arus Harmonik Berbeban - Tanpa Trafo Isolasi.....	52
Gambar 4.4 Spektrum Tegangan Harmonik Berbeban - Tanpa Trafo Isolasi.....	53
Gambar 4.5 Spektrum Arus Harmonik <i>Grid Tie</i> - Berbeban –Trafo Isolasi.....	55
Gambar 4.6 Spektrum Harmonik Berbeban – <i>PSW</i> - Trafo Isolasi.....	57
Gambar 4.7 Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Sebelum Dipasang Filter.....	61
Gambar 4.8 Spektrum Arus Harmonik Sebelum Pemasangan Filter.....	62
Gambar 4.9 Bentuk Gelombang THDi Sebelum Pemasangan Filter.....	63
Gambar 4.10 Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Setelah Dipasang Filter.....	64
Gambar 4.11 Parameter <i>Single Tuned Filter</i> yang Harus Diisi di ETAP 12.6 ..	65
Gambar 4.12 Spektrum Arus Harmonik Sesudah Pemasangan Filter.....	66
Gambar 4.13 Bentuk Gelombang THDi Setelah Pemasangan Filter.....	67

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Wiring Diagram PLTS <i>On Grid</i> Satu Fasa .....	74
Lampiran 2 Modul Surya .....	75
Lampiran 3 <i>Power Log Meter for Harmonic</i> .....	75
Lampiran 4 Modul <i>Desk Panel</i> .....	76
Lampiran 5 <i>Power Quality Meter</i> FLUKE 434 Series II.....	76





## HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN

AC	: <i>Alternating Current</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
ETAP	: <i>Electrical Transient and Analysis Program</i>
Hz	: Hertz
I-mpp	: Current Maximum Power Point (Arus Listrik Maksimal)
kV	: kilo Volt
kVA	: kilo Volt Ampere
kVAR	: kilo Volt Ampere Reactive
kWh	: kilo Watt hour
MPPT	: <i>Maximum Power Point Tracking</i>
MSW	: <i>Modified Sine Wave</i>
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PLTB	: Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya
P-mpp	: Power Maximum Power Point (Daya Maksimal)
PSW	: <i>Pure Sine Wave</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>
RUEN	: Rencana Umum Energi Nasional
TDD	: <i>Total Demand Distortion</i>
THDi	: <i>Total Harmonic Distortion (Current)</i>
THDv	: <i>Total Harmonic Distortion (Voltage)</i>
V	: Volt
V-mpp	: Voltage Maximum Power Point (Tegangan Maksimal)

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau dapat disebut dan disingkat PLTS, adalah pembangkit listrik yang mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik tenaga surya bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya [1]. Untuk hunian, pada dasarnya ada dua jenis instalasi panel surya yang bisa diterapkan, dimana masing-masing berkaitan dengan peralatan pendukung yang digunakan, yaitu *Off Grid* dan *On Grid*. Sistem *On Grid* (disebut juga *Grid Tie/ Grid Interactive*), sesuai namanya, rangkaian sistem ini tetap terhubung dengan jaringan utama PLN/jala-jala dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi dari panel surya untuk menghasilkan energi semaksimal mungkin [2].

Masalah arus harmonik yang timbul karena penggunaan komponen elektronika daya, kemudian penggunaan beban-beban listrik non linear yang berlebihan telah menjadi sangat penting pada sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menggunakan *inverter*. Masalah ini juga muncul karena digunakannya sebagian besar komponen elektronika daya pada *inverter*[3].

Perkembangan rekayasa, sistem, maupun pemanfaatan PLTS di Indonesia belum begitu populer, kecuali mungkin untuk aplikasi pada peralatan rumah tangga seperti *solar heater*, dan pada tempat-tempat atau perusahaan yang sudah menerapkan *green energy*, atau pemanfaatan energi yang ramah lingkungan, sedangkan target bauran Energi Baru dan Terbarukan di Republik Indonesia berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia (Pepres RI No.22 Tahun 2017) tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yang harus dicapai pada Tahun 2025 adalah sebesar 23% dari keseluruhan total pemakaian energi listrik. Sedangkan data aktual pemakaian energi baru dan terbarukan sampai Semester



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pertama Tahun 2019 hanya sebesar 8.89% [4]. Untuk mengejar ketertinggalan pencapaian target tersebut, maka dibutuhkan penggunaan Energi Baru dan Terbarukan secara massal yang luas dari masyarakat, dalam hal ini penggunaan potensi energi listrik dari tenaga surya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral (PerMen ESDM) Republik Indonesia Tahun 49 Tahun 2018 Pasal 6, tentang Penggunaan PLTS Atap (Sistem *On Grid*) yang direvisi menjadi PerMen ESDM RI Nomor 13 dan Nomor 16 Tahun 2019, yang mengatur nilai kWh meter ekspor pelanggan yang menggunakan PLTS *On Grid* hanya dihitung 65% dari total nilai energi listrik ekspor [5], sehingga dibutuhkan banyak inovasi dan improvisasi terhadap sistem yang akan diberlakukan nantinya, terutama terkait kualitas energi listrik yang akan diekspor ke jala-jala, agar masyarakat dan pemangku kepentingan bisa sama-sama diuntungkan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pengkajian terhadap jurnal-jurnal penelitian tentang pengaruh arus harmonik pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), telah banyak dilakukan peneliti lain selama 5 tahun terakhir, namun belum ada penelitian tentang transformator isolasi sebagai salah satu peralatan untuk mereduksi arus harmonik di Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) satu fasa sistem *on grid*. Jadi, *gap*/perbedaan dengan penelitian lainnya adalah :

- a) Pengaruh arus harmonik dalam transfer energi listrik ke jala-jala dalam sistem PLTS *on grid*.
- b) Penentuan parameter nilai arus harmonik, sebagai salah satu syarat baiknya kualitas daya listrik pada saat perpindahan energi listrik ke *main grid* PLN dalam sistem PLTS *on grid*.
- c) Pemanfaatan transformator isolasi sebagai salah satu alat untuk mereduksi arus harmonik, pada perpindahan energi listrik dalam sebuah sistem PLTS *on-grid*.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan kajian tersebut, maka penelitian ini akan meneliti pengaruh arus harmonik terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) satu fasa dengan konsep “Pencegahan Arus Harmonik ke Jala-jala pada Instalasi PLTS *On Grid* Satu Fasa”.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Selama ini penelitian mengenai pengaruh arus harmonik pada sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) satu fasa sudah banyak dilakukan oleh peneliti lain yang sebidang. Penelitian yang dilakukan saat ini akan bertujuan untuk :

- a) Menentukan metode pengurangan dan pencegahan pengaruh arus harmonik pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on grid* terhadap transfer energi listrik ke jala-jala.
- b) Mengembangkan teknologi alternatif peningkatan kualitas daya listrik pada perpindahan energi listrik ke jala-jala.
- c) Menentukan nilai transformator isolasi dan/atau filter pasif yang digunakan untuk mereduksi arus harmonik yang diakibatkan oleh penggunaan beban-beban listrik non linear dalam instalasi PLTS *on grid* satu fasa.

### 1.4 Batasan Penelitian

Data penelitian untuk menjawab permasalahan penelitian, yakni peralatan dan sistem yang digunakan dalam penelitian, hanya didapatkan dari pengecekan langsung ke lapangan. Penelitian dibatasi pada penggunaan transformator isolasi dan filter pasif sebagai peralatan pereduksi arus harmonik. Dengan demikian, penggunaan peralatan lain di luar transformator isolasi, filter pasif, dan sistem PLTS *on grid* ini tidak termasuk data penelitian.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 1.5 Manfaat Penelitian

Seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya, bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus harmonik pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) *On Grid*.

Karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoretis pada ilmu pengetahuan, maupun manfaat praktis untuk masyarakat.

### 1.5.1 Manfaat Teoretis

Penelitian tentang pencegahan arus harmonik ke jala-jala pada sistem PLTS *on grid* satu fasa belum pernah dilakukan, sehingga diharapkan dapat melengkapi kajian Energi Baru dan Terbarukan. Hasil penelitian, yakni berupa produk yang dapat dimanfaatkan untuk melindungi sistem jala-jala dari arus harmonik yang mengganggu, diharapkan dapat memberikan nilai tambah pada instalasi PLTS *on grid* satu fasa.

Penelitian ini menginformasikan bahwa pembatasan arus harmonik memang sangat diperlukan untuk menjaga kualitas tenaga listrik. Dengan demikian, temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbang saran pada energi baru dan terbarukan terapan, khususnya pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on grid* satu fasa.

### 1.5.2 Manfaat Praktis

Model pencegahan arus harmonik ke jala-jala yang merupakan hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh siapa pun yang ingin menggunakan PLTS *on grid*. Namun, model penelitian pencegahan arus harmonik ke jala-jala lebih tepat digunakan bagi mereka yang telah menerapkan pemasangan PLTS satu fasa *on grid*, khususnya bagi pengguna residensial.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 1.6 Sistematika Penyajian

Sistematika penelitian dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

### Bab 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian yang digunakan, serta manfaat penelitian dan *outline* tesis.

### Bab 2 Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dijelaskan teori-teori terkait dengan topik penelitian, dan juga *literatur review* dari penelitian yang sudah pernah dilakukan peneliti lain sebelumnya.

### Bab 3 Metode Penelitian

Pada bab ini berisi metodologi penelitian, dan proses analisa kebutuhan penelitian, konstruksi alat, analisa pengolahan data dan alat dengan menggunakan perangkat lunak, serta perbandingan hasil prediksi dengan diagnosis pakar.

### Bab 4 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dipaparkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan serta pembahasan dan analisa secara mendalam berdasarkan data yang diperoleh berupa grafik dan tabel.

### Bab 5 Simpulan dan Saran

Berisi hasil dari penelitian berupa simpulan hasil penelitian dan beberapa saran yang diajukan untuk memajukan penelitian ini lebih lanjut.



## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Hasil pengujian pada instalasi PLTS *on grid* satu fasa dengan beban non linear (Lampu LED dan CFL) dengan menggunakan inverter tipe *grid tie*/MPPT dan *Pure Sine Wave (PSW/PWM)* menghasilkan arus harmonik gangguan total (THDi) 107.1%. Penggunaan transformator isolasi sebagai pereduksi arus harmonik, dapat meredam total distorsi arus harmonik (THDi) dari sebelumnya 107.1% menjadi 78.0% pada *inverter tipe grid tie/MPPT*, dan untuk penggunaan inverter satu fasa tipe *Pure Sine Wave (PSW/PWM)*, transformator isolasi dapat mereduksi THDi dari sebelumnya 107.1% menjadi 69.1%. Penambahan filter pasif menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6 menunjukkan bahwa untuk menghilangkan orde arus harmonik ke-3 dan ke-5, juga membuat nilai THDi sesuai dengan standar yang ditentukan, maka diperlukan penambahan satu *single tuned* filter dengan nilai daya reaktif kapasitor ( $Q_{VAR}$ ) sebesar 1000 kVAR; nilai kapasitansi ( $c$ ) = 21928  $\mu F$ ; nilai reaktansi ( $X_L$ ) = 0.01  $\Omega$ , dan nilai Resistansi ( $R$ ) = 0  $\Omega$ .

#### 5.2 Saran

Sebaiknya penelitian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan nilai komponen resistansi dan reaktansi (impedansi) yang sesuai untuk menggantikan atau menghindari penambahan filter pasif. Temperatur pada transformator isolasi juga perlu diperhatikan selama pengujian berbeban dan dapat disesuaikan dengan karakteristik atau spesifikasi awal transformator isolasi tersebut.

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Thakur and B. Chakraborty, "Impact of compensation mechanisms for PV generation on residential consumers and shared net metering model for developing nations: A case study of India," *J. Clean. Prod.*, vol. 218, pp. 696–707, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.286.
- [2] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Balai Penerbit ISTN, 1990.
- [3] I. D. Bouloumpasis, P. N. Vovos, K. G. Georgakas, and N. A. Vovos, "Harmonic Cancellation of PV-supplied DC/AC Converter without Stabilizing Input Capacitors," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 27, pp. 35–40, 2016, doi: 10.1016/j.ifacol.2016.10.698.
- [4] *Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional*. 2017.
- [5] *Peraturan Menteri ESDM No. 49 Tahun 2018 Tetang PLTS Atap*. Indonesia: Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2018.
- [6] M. O. Oyeleye and S. A. Ayoola, "Design and Construction of 1 . 5 Kva Modified Sine Wave Mosfets Driver Inverter," vol. 8, no. 1, pp. 35–42, 2020, doi: 10.12691/ajeec-8-1-5.
- [7] Anita Gusai, "Harmonic Analysis in PV Connected Power System," *Int. J. Eng. Res.*, vol. V9, no. 08, pp. 474–477, 2020, doi: 10.17577/ijertv9is080179.
- [8] J. F. Abidin, "ANALISIS UNJUK KERJA HARMONIK DI INSTALASI LISTRIK Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Nasional," *J. Teknoloi Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 6, no. 3, pp. 175–189, 2015.
- [9] IEEE, *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems (IEEE 519 - 2014)*. 2014, pp. 1–29.
- [10] A. I. M. Ali, M. A. Sayed, and T. Takeshita, "Isolated single-phase single-stage DC-AC cascaded transformer-based multilevel inverter for stand-alone and grid-tied applications," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 125, no. April 2020, p. 106534, 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106534.
- [11] C. Verdugo, J. I. Candela, M. A. Elsharty, and P. Rodriguez, "Multilevel Single Phase Isolated Inverter with Reduced Number of Switches," *7th Int. IEEE Conf. Renew. Energy Res. Appl. ICRERA 2018*, vol. 5, pp. 1202–1208, 2018, doi: 10.1109/ICRERA.2018.8566932.
  - [12] M. Costea and T. Leonida, "The effect of using isolation transformers to supply small nonlinear loads," *Proc. Int. Conf. Harmon. Qual. Power, ICHQP*, pp. 337–341, 2014, doi: 10.1109/ICHQP.2014.6842781.
  - [13] G. Bucci, F. Ciancetta, A. Fioravanti, E. Fiorucci, and A. Prudenzi, "Application of SFRA for diagnostics on medical isolation transformers," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 117, no. July 2019, p. 105602, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105602.
  - [14] A. Bagheri and M. Alizadeh, "Designing a Passive Filter for Reducing Harmonic Distortion in the Hybrid Micro-grid including Wind Turbine, Solar Cell and Nonlinear Load," *Prz. Elektrotechniczny*, vol. 95, no. 12, pp. 9–12, 2019, doi: 10.15199/48.2019.12.02.
  - [15] O. A. Rozak, "Simulasi Perbaikan THD pada Sistem Distribusi Listrik dengan Filter Harmonisa Berbasis Software ETAP 12.6.0," *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 2, no. 2, 2019, doi: 10.32493/epic.v2i2.2878.
  - [16] F. J. Ruiz-Rodriguez, J. C. Hernandez, and F. Jurado, "Iterative harmonic load flow by using the point-estimate method and complex affine arithmetic for radial distribution systems with photovoltaic uncertainties," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 118, no. September 2019, p. 105765, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105765.
  - [17] I. C. Barutcu, E. Karatepe, and M. Boztepe, "Impact of harmonic limits on PV penetration levels in unbalanced distribution networks considering load and irradiance uncertainty," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 118, no. September 2019, p. 105780, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105780.
  - [18] R. C. d. Barros, E. M. S. Brito, G. G. Rodrigues, V. F. Mendes, A. F. Cupertino, and H. A. Pereira, "Lifetime evaluation of a multifunctional PV single-phase inverter during harmonic current compensation,"





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Microelectron. Reliab.*, vol. 88–90, no. July, pp. 1071–1076, 2018, doi: 10.1016/j.microrel.2018.07.009.
- [19] H. A. Pereira, F. D. Freijedo, M. M. Silva, V. F. Mendes, and R. Teodorescu, “Harmonic current prediction by impedance modeling of grid-tied inverters: A 1.4 MW PV plant case study,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 93, pp. 30–38, 2017, doi: 10.1016/j.ijepes.2017.05.009.
- [20] B. Long, C. Zhao, D. Wu, W. T. Fang, Y. Lu, and K. T. Chong, “Coordination optimization control of DC component and harmonics for grid-connected PV inverters,” *ISA Trans.*, no. xxxx, 2019, doi: 10.1016/j.isatra.2019.09.013.
- [21] S. Sakar, M. E. Balci, S. H. E. Abdel Aleem, and A. F. Zobaa, “Increasing PV hosting capacity in distorted distribution systems using passive harmonic filtering,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 148, pp. 74–86, 2017, doi: 10.1016/j.epsr.2017.03.020.
- [22] S. Sakar, M. E. Balci, S. H. E. Abdel Aleem, and A. F. Zobaa, “Integration of large- scale PV plants in non-sinusoidal environments: Considerations on hosting capacity and harmonic distortion limits,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, no. May 2017, pp. 176–186, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.028.
- [23] S. Srinath, M. S. Poongothai, and T. Aruna, “PV Integrated Shunt Active Filter for Harmonic Compensation,” *Energy Procedia*, vol. 117, pp. 1134–1144, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.05.238.
- [24] A. Vinayagam, A. Aziz, B. PM, J. Chandran, V. Veerasamy, and A. Gargoom, “Harmonics assessment and mitigation in a photovoltaic integrated network,” *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 20, p. 100264, 2019, doi: 10.1016/j.segan.2019.100264.
- [25] F. M. Camilo, V. F. Pires, R. Castro, and M. E. Almeida, “The impact of harmonics compensation ancillary services of photovoltaic microgeneration in low voltage distribution networks,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 39, pp. 449–458, 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.03.016.
- [26] J. Wu, B. Cao, and W. Lin, “Simulation analysis of harmonic



**Hak Cipta :**

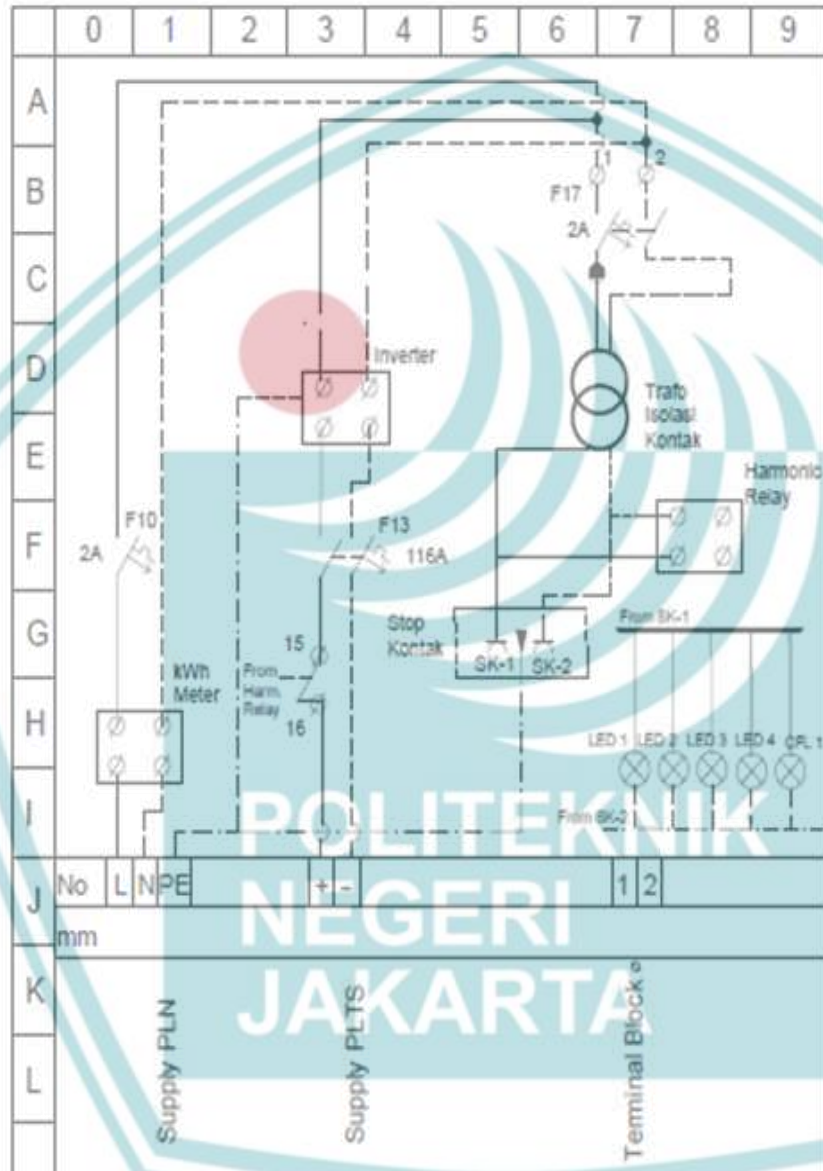
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- characteristics of photovoltaic power generation system based on MATLAB,” *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 412–417, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.125.
- [27] A. Elkholy, “Harmonics assessment and mathematical modeling of power quality parameters for low voltage grid connected photovoltaic systems,” *Sol. Energy*, vol. 183, no. March, pp. 315–326, 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.03.009.
- [28] S. S. Rangarajan, E. R. Collins, and J. C. Fox, “Efficacy of a Smart Photovoltaic inverter as a virtual detuner for mitigating Network Harmonic Resonance in Distribution Systems,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 171, no. February, pp. 175–184, 2019, doi: 10.1016/j.epsr.2019.02.001.
- [29] M. M. Elkholy, M. A. El-Hameed, and A. A. El-Fergany, “Harmonic analysis of hybrid renewable microgrids comprising optimal design of passive filters and uncertainties,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 163, no. March, pp. 491–501, 2018, doi: 10.1016/j.epsr.2018.07.023.
- [30] S. A. Alexander, “Development of solar photovoltaic inverter with reduced harmonic distortions suitable for Indian sub-continent,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 56, pp. 694–704, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.11.092.
- [31] L. S. Xavier, A. F. Cupertino, J. T. de Resende, V. F. Mendes, and H. A. Pereira, “Adaptive current control strategy for harmonic compensation in single-phase solar inverters,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 142, pp. 84–95, 2017, doi: 10.1016/j.epsr.2016.08.040.
- [32] W. R. Oliveira, A. L. F. Filho, and J. Cormane, “A contribution for the measuring process of harmonics and interharmonics in electrical power systems with photovoltaic sources,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 104, no. March 2018, pp. 481–488, 2019, doi: 10.1016/j.ijepes.2018.07.018.

LAMPIRAN

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran.1 Wiring Diagram PLTS On Grid Satu Fasa



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

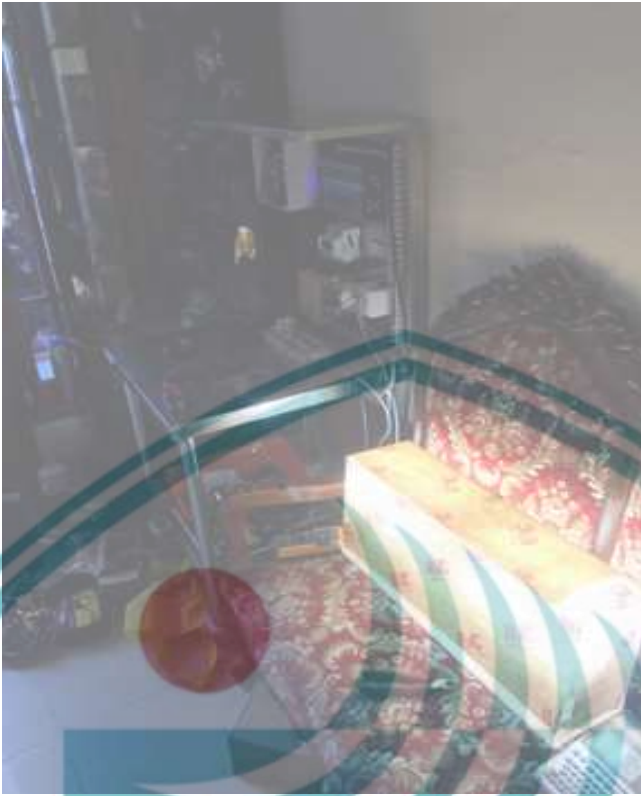
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2 Modul Surya

Date	Location	Parameter	W01 / AAU Min	W01 / AAU Avg	W01 / AAU Max	W01 / KVA Min	W01 / KVA Avg	W01 / KVA Max	OH1 / ICA Min	OH1 / ICA Avg	OH1 / ICA Max	OH2 / ICA Min	OH2 / ICA Avg	OH2 / ICA Max
16/11/2021	13:08:04	400mm	Vrms phn	250.13 V (3)	244 V (3)	244.3 V (3)								70.91 V
16/11/2021	13:08:04	400mm	Fundamental Voltage	193.7 V (3)	193.5 V (3)	194 V (3)								70.11 V (3)
16/11/2021	13:08:04	400mm	Fundamental Current	3.8 A	3.8 A	3.8 A								3.8 A
16/11/2021	13:08:04	400mm	Voltage THd	3.4 %	3.4 %	3.4 %								39.33 %
16/11/2021	13:08:04	400mm	Current THd	-39.38 %	-39.38 %	0 %								39.38 %
16/11/2021	13:08:04	400mm	Area	1.4 V (3)	1.4 V (3)	1.14 V (3)								3.94 V (3)
16/11/2021	13:08:04	400mm	THd V	6.76 % (3)	7 % (3)	5.95 % (3)								7.95 % (3)
16/11/2021	13:08:04	400mm	THd A	76.76 %	76.21 %	80.83 %								81.4 %
16/11/2021	13:08:04	400mm	K Factor A	6.51 (3)	6.68 (3)	11.84 (3)								33.64 (3)
16/11/2021	13:08:04	400mm	THd W	4.9 % (3)	5.12 % (3)	5.29 % (3)								33.64 (3)
16/11/2021	13:08:04	400mm	K Factor W	3.4 (3)	3.43 (3)	6.46 (3)								
16/11/2021	13:08:04	400mm	Frequency	49.964 Hz (3)	49.964 Hz (3)	50.003 Hz (3)								
16/11/2021	13:09:04	400mm	Vrms phn	251.74 V (3)	245.8 V (3)	244.4 V (3)								71.8 V
16/11/2021	13:09:04	400mm	Fundamental Voltage	193.3 V (3)	193.4 V (3)	193.9 V (3)								70.8 V (3)
16/11/2021	13:09:04	400mm	Fundamental Current	3.8 A	3.8 A	3.8 A								3.8 A
16/11/2021	13:09:04	400mm	Voltage THd	3.4 %	3.4 %	3.4 %								39.33 %
16/11/2021	13:09:04	400mm	Current THd	-39.38 %	-39.38 %	0 %								39.38 %
16/11/2021	13:09:04	400mm	Area	1.4 V (3)	1.4 V (3)	1.14 V (3)								3.94 V (3)
16/11/2021	13:09:04	400mm	THd V	6.76 % (3)	7 % (3)	5.97 % (3)								7.95 % (3)
16/11/2021	13:09:04	400mm	THd A	76.22 %	76.31 %	80.83 %								81.4 %
16/11/2021	13:09:04	400mm	K Factor A	6.51 (3)	6.63 (3)	6.69 (3)								33.64 (3)
16/11/2021	13:09:04	400mm	THd W	4.92 % (3)	5.21 % (3)	5.29 % (3)								33.64 (3)
16/11/2021	13:09:04	400mm	K Factor W	3.41 (3)	3.43 (3)	6.46 (3)								
16/11/2021	13:09:04	400mm	Frequency	49.964 Hz (3)	49.978 Hz (3)	50.003 Hz (3)								
16/11/2021	13:10:04	400mm	Vrms phn	251.14 V (3)	245.81 V (3)	244.21 V (3)								71.27 V
16/11/2021	13:10:04	400mm	Fundamental Voltage	193.3 V (3)	193.4 V (3)	193.2 V (3)								71.1 V (3)
16/11/2021	13:10:04	400mm	Fundamental Current	3.8 A	3.8 A (3)	3.8 A								3.8 A
16/11/2021	13:10:04	400mm	Voltage THd	3.4 %	3.4 %	3.4 %								39.34 %
16/11/2021	13:10:04	400mm	Current THd	-39.38 %	-39.38 %	0 %								39.34 %
16/11/2021	13:10:04	400mm	Area	1.4 V (3)	1.4 V (3)	1.14 V (3)								3.94 V (3)
16/11/2021	13:10:04	400mm	THd V	6.76 % (3)	7.01 % (3)	5.98 % (3)								7.95 % (3)

Lampiran 3 Power Log Meter for Harmonic



Lampiran 4 Modul Desk Panel



Lampiran 5 Power Quality Meter FLUKE 434 Series II

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

