

**ANALISIS VOLTAGE SAG DAN VOLTAGE SWELL
PADA PLTS ROOF-TOP OFF-GRID YANG MENGGUNAKAN
INVERTER KAPASITAS 1 KWP**

TESIS

Oleh

**DIAN DWI PUTRA
2005190002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2022**

**ANALISIS VOLTAGE SAG DAN VOLTAGE SWELL
PADA PLTS ROOF-TOP OFF-GRID YANG MENGGUNAKAN
INVERTER KAPASITAS 1 KWP**

TESIS

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar
Magister Teknik Elektro (M.T.) Pada Program Studi Magister Teknik Elektro
Fakultas Program Pascasarjana
Universitas Kristen Indonesia**

Oleh

**DIAN DWI PUTRA
2005190002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2022**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Dwi Putra
NIM : 2005190002
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “Analisis *Voltage Sag* dan *Voltage Swell* pada PLTS Roof-Top Off-Grid yang Menggunakan Inverter 1 kWp” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi padakarya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Magister Teknik Elektro (M.T.) di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 9 Juli 2022



Dian Dwi Putra



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TESIS
ANALISIS VOLTAGE SAG DAN VOLTAGE SWELL
PADA PLTS ROOF-TOP OFF-GRID YANG MENGGUNAKAN
INVERTER KAPASITAS 1 KWP

Nama : Dian Dwi Putra
NIM : 2005190002
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tesis guna mencapai gelar Magister Teknik Elektro (M.T.) pada Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 9 Juli 2022

Menyetujui,

Pembimbing I

Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.

Pembimbing II

Dr. Togar H. Pangaribuan, M.T.

Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

Direktur Program Pascasarjana



Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.



Dr. Bintang R. Symbolon, M.Si.



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TESIS

Pada 9 Juli 2022 telah diselenggarakan Sidang Tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Teknik Elektro (M.T.) pada Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Dian Dwi Putra
NIM : 2005190002
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

termasuk Ujian Tesis yang berjudul: "Analisis *Voltage Sag* dan *Voltage Swell* pada PLTS Roof-Top Off-Grid yang Menggunakan Inverter 1 kWp" oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji Jabatan Penguji Tanda Tangan

1. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D. Dosen Penguji 1

2. Dr. Togar H. Pangaribuan, M.T. Dosen Penguji 2

3. Ir. Robinson Purba, M.T. Dosen Penguji 3

Jakarta, 9 Juli 2022



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Dwi Putra
NIM : 2005190002
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana
Jenis Tugas Akhir : Tesis
Judul : Analisis *Voltage Sag* dan *Voltage Swell* pada PLTS
Roof-Top Off-Grid yang Menggunakan Inverter 1 kWp

Menyatakan bahwa:

1. Tesis tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun.
2. Tesis tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia darisegala tuntutan hukum yang berlaku.

Jakarta, 9 Juli 2022



Dian Dwi Putra

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan Kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunianya sehingga Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Tesis ini disusun dengan tujuan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Elektro (M.T) dari Program Magister Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia dengan mengambil judul: **“Analisis Voltage Sag dan Voltage Swell pada PLTS Roof-Top Off-Grid yang Menggunakan Inverter 1 kWp”**.

Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dan bimbingan dari dosen-dosen khususnya dosen pembimbing dan dosen penguji yang senantiasa membimbing dan mengarahkan selama proses pembuatan Tesis yaitu:

- 1) Bapak Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing dan Penguji
- 2) Bapak Drs. Togar H. Pangaribuan, M.T. selaku Dosen Pembimbing dan Penguji
- 3) Bapak Ir. Robinson Purba, M.T selaku Dosen Penguji

Ucapan terima kasih juga ingin penulis sampaikan pada keluarga inti yaitu istri, Nyai Masnea Komalasari, S.Pd. dan anak-anak saya, Nadia Ishani Putri dan Alexandre Yukihiro sebagai penyemangat hidup dan dosen-dosen pengajar serta teman-teman mahasiswa di keluarga besar Magister Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia sebagai tempat berbagi ilmu pengetahuan.

Penulis juga menyadari bahwa tidak ada yang sempurna, untuk itu saran, kritik yang membangun dan masukan-masukannya sangat diharapkan. Sehingga Tesis ini menjadi lebih baik dan bisa menjadi dasar acuan dalam penelitian lainnya. Semoga Tesis ini bisa bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang Teknik Elektro dan Energi Baru Terbarukan baik dalam lingkup akademisi maupun bagi praktisi yang menjalankannya.

Jakarta, 9 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TESIS	ii
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PENGUJI	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xi

BAB I : PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Penelitian Terkait	1
1.3. Identifikasi Masalah	6
1.4. Pembatasan Masalah.....	6
1.5. Perumusan Masalah	6
1.6. Tujuan Penelitian.....	7
1.7. Manfaat Penelitian	7
1.8. Ruang Lingkup Penelitian	7
1.9. Sistematika Penulisan.....	8

BAB II : LANDASAN TEORI

2.1 <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	9
2.2 <i>PLTS Roof-Top Off-Grid</i>	10
2.3 Inverter	11
2.4 Baterai	12
2.5 Osiloskop	12

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian.....	14
3.2 Waktu, Lokasi dan Biaya Penelitian	14
3.3 Prosedur Penelitian	15
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	18
3.5 Teknik Analisis Data.....	18
3.6 Indikator Pencapaian Target	31

BAB IV : PEMBAHASAN	
4.1 Pemilihan PLTS dan Alat Ukur Tegangan	21
4.2 Pemilihan Inverter dan Beban.....	22
4.3 Pengukuran dan Hasil	23
4.4 Pembahasan dan Analisis Data	27
4.5 Penanganan Masalah.....	28
BAB V : PENUTUPAN	
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
BIO DATA PENELITI	31
LAMPIRAN	32
Lampiran 1 : Spesifikasi Osiloskop Hantek DSO5102P	33

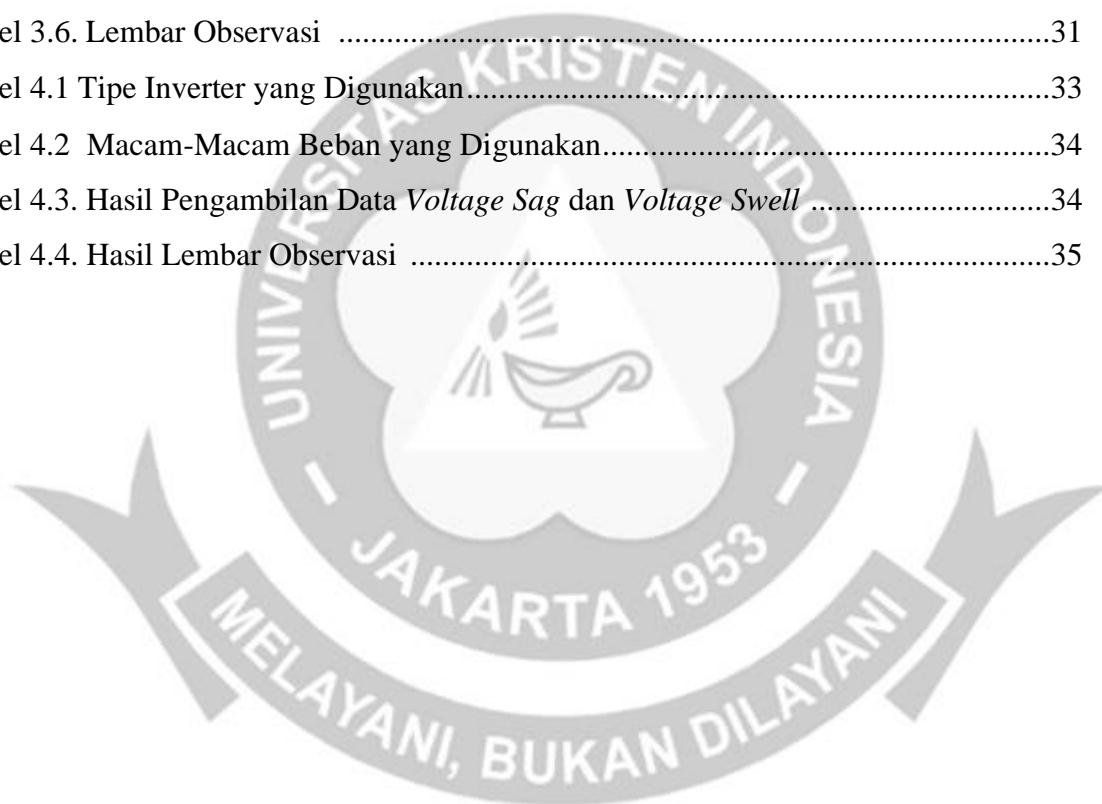


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kondisi <i>Voltage Sag</i>	20
Gambar 2.2. Kondisi <i>Voltage Swell</i>	21
Gambar 2.3. Sistem PLTS <i>Roof-Top Off-Grid</i> dengan Inverter DC ke AC.....	21
Gambar 2.4. Sinyal Inverter PSW dan MSW.....	23
Gambar 2.5. Macam-Macam Inverter 1 kWp.....	23
Gambar 2.6. Macam-Macam Osiloskop (Alat Ukur Tegangan)	24
Gambar 3.1. Peta Jalan Penelitian	27
Gambar 3.2. Diagram Alur Penelitian	28
Gambar 4.1. Sistem Konfigurasi pada PLTS <i>Roof-Top Off-Grid</i>	32
Gambar 4.2 Osiloskop merek Hantek dan software Digital Scope	33
Gambar 4.3. <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i> pada inverter X (beban : Teko Listrik 150W)	36
Gambar 4.4. <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i> pada inverter Y (beban : Kipas Angin 100W)	37
Gambar 4.5. <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i> pada inverter Z (beban : Lampu Pijar 25W)	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>State of The Art</i>	13
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian	25
Tabel 3.2 Rencana Anggaran Biaya	26
Tabel 3.3 Data Primer	29
Tabel 3.4. Data Sekunder	29
Tabel 3.5. Pengambilan Data <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	30
Tabel 3.6. Lembar Observasi	31
Tabel 4.1 Tipe Inverter yang Digunakan.....	33
Tabel 4.2 Macam-Macam Beban yang Digunakan.....	34
Tabel 4.3. Hasil Pengambilan Data <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	34
Tabel 4.4. Hasil Lembar Observasi	35



ABSTRAK

Masalah kualitas daya listrik banyak terjadi dalam kehidupan sehari-hari dan dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang sensitif terhadap perubahan tegangan. Tidak terkecuali pada sistem kelistrikan yang bersumber dari PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) *Roof-Top Off-Grid* yaitu PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan PLN dan dipasang di atas atap rumah untuk kebutuhan rumah tangga. Dimana PLTS ini menggunakan inverter sebagai perangkat untuk mengubah arus DC dari solar panel menjadi arus AC untuk digunakan pada beban. Inverter merupakan salah satu perangkat elektronik yang dapat mempengaruhi kualitas daya listrik terutama munculnya *voltage sag* yaitu penurunan tegangan dengan nilai 0,1 hingga 0,9 per unit (pu) dari tegangan rms selama satu *cycle* gelombang hingga 1 menit. Selain itu, masalah kualitas daya listrik lainnya adalah *voltage swell* yaitu kebalikan dari *voltage sag*. *Voltage swell* dapat diartikan sebagai kenaikan tegangan dengan nilai dan durasi yang sama dengan *voltage sag*. Penulis melakukan penelitian terhadap 3 inverter dengan kapasitas yang sama yaitu 1 kWp namun dari merek atau *manufacturer* yang berbeda-beda. Inverter yang umum digunakan pada PLTS *Roof-Top Off-Grid* adalah inverter tipe PSW (*Pure Sinusoidal Wave* atau Gelombang Sinus Murni) dan inverter tipe MSW (*Modified Sinusoidal Wave* atau Gelombang Sinus Modifikasi). Penelitian dilakukan dengan menghubungkan beban kecil hingga besar secara bertahap pada PLTS *Roof-Top Off-Grid* yang menggunakan inverter 1 kWp. Lalu 3 (tiga) inverter dipasang bergantian untuk mengetahui nilai *voltage sag* dan *voltage swell* pada masing-masing inverter ketika terhubung dengan beban. Satu unit inverter menggunakan tipe PSW dan dua unit lainnya menggunakan tipe MSW. Hasilnya adalah inverter tipe PSW mampu mengantisipasi munculnya *voltage sag* dan *voltage swell* lebih baik dibandingkan inverter tipe MSW. Hal ini ditunjukkan dengan hasil eksperimen pada PLTS *Roof-Top Off-Grid* yang menggunakan inverter tipe PSW yang mampu meredam *voltage sag* hingga pada beban 120W dan baru memunculkan *voltage sag* pada beban 150W sebesar 25%. Sedangkan dua unit inverter tipe MSW memunculkan *voltage sag* pada beban berturut-turut 100W dan 25W sebesar 11% dan 10%. Kondisi *voltage swell* juga terjadi pada beban yang sama yaitu berturut-turut 150W, 100W dan 25W pada inverter X, Y dan Z sebesar 120%, 120% dan 113%.

Kata Kunci : PLTS *Roof-Top Off-Grid*, Inverter, *Voltage Sag*, *Voltage Swell*

ABSTRACT

Power quality problems frequently occur in our daily life which sometimes it can create failure in electronic devices that is sensitive with voltage change. This problem also definitely occurs in Roof-Top Off-Grid Solar Power Plant, where this power plant system is not connected with National Electric Company (PLN) grid and installed above house's roof. Roof-Top Off-Grid Solar Power Plant uses power inverter to invert DC current to AC current for load usage. Inverter is an electronic device that can influence power quality, mainly the rise of voltage sag and voltage swell. Voltage sag is a voltage decrease condition between 0,1 to 0,9 per unit from rms voltage in 1 cycle to 1 minute duration. While voltage swell is the contrary of voltage sag, that is the voltage increase with the same value and duration with voltage sag. Researcher investigated 3 units of inverters with 1 kWp capacity from different manufacturers. Generally, people use inverter with 2 types, those are PSW (Pure Sinusoidal Wave) and MSW (Modified Sinusoidal Wave) types. Research is executed by connecting various load (low capacity to high capacity) to Roof-Top Off-Grid Solar Power Plant that uses 1 kWp power inverter. Then, 3 units of inverters are installed alternately to collect voltage sag and voltage swell values while connected to loads. 1 unit of inverter is using PSW type and 2 other units of inverter are using MSW types. The result is PSW type inverter could anticipate voltage sag and voltage swell condition better than MSW type inverters. It can be proven by experiments in Roof-Top Off-Grid Solar Power Plant where PSW type inverter could anticipate voltage sag until 120W load and caused voltage sag in 150W load with 25% value. While two units of MSW type inverter caused voltage sag in consecutive 100W and 25W loads with 11% and 10% values. Voltage swell condition also occurred in the same consecutive loads 150W, 100W and 25W in inverter X, Y and Z with consecutive 120%, 120% and 113% values.

Key Words : *Roof-Top Off-Grid Solar Power Plant, Inverter, Voltage Sag, Voltage Swell*