



TUGAS AKHIR - ME184834

**ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA
CONTAINER CRANE DENGAN SUPLAI ENERGI
TERBARUKAN BERBASIS SIMULASI**

**SYAFRI OCTA FERDIANSYAH
NRP. 0421164000017**

**Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**

**Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**



SKRIPSI – ME184841

**ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA *CONTAINER CRANE*
DENGAN SUPLAI ENERGI TERBARUKAN BERBASIS SIMULASI**

Syafri Octa Ferdiansyah
NRP. 0421164000017

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME184841

***ANALYSIS OF TRANSIENT STABILITY ON CONTAINER CRANE WITH
RENEWABLE ENERGY SUPPLY BASED ON SIMULATION***

Syafri Octa Ferdiansyah
NRP. 0421164000017

Supervisor
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA *CONTAINER CRANE* DENGAN
SUPLAI ENERGI TERBARUKAN BERBASIS SIMULASI**

SKRIPSI


Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Syafri Octa Ferdiansyah
NRP. 0421164000017

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP. 1960 0319 1987 01 1001


(.....)

SURABAYA
JULI 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA *CONTAINER CRANE*
DENGAN SUPLAI ENERGI TERBARUKAN BERBASIS SIMULASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Syafri Octa Ferdiansyah

NRP. 0421164000017

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA *CONTAINER CRANE* DENGAN SUPLAI ENERGI TERBARUKAN BERBASIS SIMULASI

Nama Mahasiswa : Syafri Octa Ferdiansyah
NRP. : 0421164000017
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing I : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Dosen Pembimbing II : -

ABSTRAK

Beberapa pelabuhan di negara ASEAN saat ini mulai menerapkan konsep pelabuhan ramah lingkungan atau sering disebut dengan istilah *green port*. Pemanfaatan energi terbarukan seperti contohnya energi surya digunakan untuk menyuplai sistem kelistrikan yang ada di pelabuhan, salah satunya sistem kelistrikan *container crane*. Karena pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber listrik masih minim, sehingga masih belum pasti apakah pemanfaatan energi terbarukan dapat mempengaruhi gangguan stabilitas pada sistem kelistrikan. Selain itu, kondisi di lapangan yang tidak menentu dapat menyebabkan gangguan kestabilan pada sistem kelistrikan. Gangguan ini disebut sebagai gangguan transien. Banyak hal yang dapat mempengaruhi kestabilan transien salah satunya apabila terjadi hubungan arus singkat (*short circuit*) yang dapat menyebabkan gangguan transien. Menggunakan metode simulasi dengan ETAP, dilakukan analisis kestabilan transien dengan menggunakan 2 sumber listrik yang berbeda yaitu PLN & generator dan *photovoltaic* (PV). Didapatkan bahwa penggunaan PV sebagai sumber menghasilkan kestabilan pada sistem kelistrikan *container crane* yang memenuhi standar. Respon tegangan pada setiap skenario menghasilkan hasil yang berbeda-beda. Studi kasus pada simulasi kestabilan transien yaitu dengan memberikan gangguan hubungan singkat di busbar terdekat motor di detik ke-1 hingga detik ke-1,15. Respon tegangan yang dihasilkan pada skenario motor *gantry* yaitu sebesar 94.5%. Sedangkan respon tegangan yang dihasilkan pada skenario motor *boom* yaitu sebesar 94.64%. Lalu pada skenario motor *trolley* respon tegangan yang dihasilkan sebesar 94.48%. Pada skenario motor *hoist* respon tegangan yang dihasilkan sebesar 94.51%. Adapun respon frekuensi yang dihasilkan oleh simulasi PV sebagai sumber listrik yaitu sebesar 100% pada semua skenario yang dibuat.

Kata kunci: *Container Crane*, Energi Surya, ETAP, Kestabilan Transien

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALYSIS OF TRANSIENT STABILITY ON CONTAINER CRANE WITH
RENEWABLE ENERGY SUPPLY BASED ON SIMULATION**

Name : Syafri Octa Ferdiansyah
NRP : 0421164000017
Department : Marine Engineering
Supervisor I : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Supervisor II : -

Abstract

Some ports on ASEAN are currently starting to apply environmentally friendly ports or usually called as Greenports. Solar as renewable energy is being utilized to supply for the electrical systems in ports, such as container cranes electrical system. Due to the minimum experience in this event, it is still uncertain whether the utilization of solar power can affect stability interference on the electrical system. In addition, uncertain real conditions can cause stability interference to the electrical system. This interference is called transient interference. Many things can affect transient stability, one of them is a short circuit that can affect transient interference. Using ETAP method simulation, transient stability analysis is performed with 2 different electrical sources, which are; PLN + Generator and Photovoltaic (PV). It was found that the use of PV as a source produces stability in the container crane electrical system meets the standards. The voltage response in each scenario produces different results. The study case on transient stability analysis is giving a short circuit interference in the closest busbar of the motor at the 1-1.15 seconds. The voltage response that produces on the gantry motor scenario is 94.5%. While the voltage response that produces on the boom motor scenario is 94.64%. Then on the trolley motor scenario, the resulting voltage response is 94.48%. In the hoist motor scenario, the resulting voltage response is 94.51%. The frequency response generated by the PV simulation as a source of electricity is 100% in all scenarios created.

Keyword: Container Crane, ETAP, Solar Energy, Transient Stability

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya, shalawat serta salam penulis curahkan kepada nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya. Berkat bantuan moral dan dukungan dari semua pihak membuat tugas akhir ini dapat terselesaikan. Adapun judul dari tugas akhir ini adalah “Analisis Kestabilan Transien Pada *Container Crane* Dengan Suplai Energi Terbarukan Berbasis Simulasi” maka dari itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasihnya atas segala bimbingan dan petunjuk serta bantuan kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan mendukung penulis pada saat pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
3. Bapak Ir. Amiadji, M.Sc. selaku dosen wali yang selalu memberi bimbingan dan motivasi selama masa perkuliahan di ITS.
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membantu dan membimbing jalannya penyusunan skripsi.
5. Teknisi dan anggota Laboratorium *Marine Electrical and Automation System* (MEAS) yang telah memberikan dukungan moral kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
6. Kepada teman seperbimbingan TA (Dodi, Ade, Weldayana, Bisma), kakak tingkat MEAS (Mas Rocky, Mas Rifqi, Mas Ichwan), Anggun (2016), teman-teman elektro 2016 (Risqiya, Andi, Glen), dan teman-teman grup “Babik Selai Cherry” masa SMA, terimakasih atas dukungan dan bantuan, serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kepada teman-teman angkatan VOYAGE 16 yang telah berjuang bersama selama 4 tahun berkuliah dan memberi warna pada masa perkuliahan.
8. Kepada semua pihak yang berkontribusi terhadap proses penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan semuanya.

Adapun pada penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritikan dari berbagai pihak demi perkembangan positif bagi penulis.

Demikian penyusunan tugas akhir ini, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak dan penulis. Akhir katapenulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 26 Juli 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR GRAFIK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pemanfaatan Energi Terbarukan.....	5
2.1.1 Cara Kerja Panel Surya.....	7
2.1.2 Komponen Pada Panel Surya.....	8
2.1.3 Perhitungan Kapasitas Panel Surya.....	9
2.1.4 Gelombang Hasil Dari Energi Terbarukan.....	9
2.2 Pengertian <i>Crane</i>	10
2.3 <i>Container Crane</i>	11
2.3.1 <i>Container Spreader</i>	11
2.3.2 <i>Container Forklift</i>	12
2.3.3 <i>Straddle Carrier</i>	12
2.3.4 <i>Straddle Loader</i>	13
2.3.5 <i>Side Loader</i>	13
2.3.6 <i>Transtainer</i>	14
2.3.7 <i>Container Crane</i>	14
2.4 Komponen-Komponen Elektrikal Pada <i>Container Crane</i>	15
2.5 Sistem Kelistrikan Pada <i>Container Crane</i>	17
2.6 Kualitas Daya Pada Suatu Sistem Kelistrikan.....	18

2.7	Kestabilan Transien	19
2.8	Standar IEEE.....	21
2.9	Aplikasi ETAP (<i>Electric Transient Analysis Program</i>)	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Data <i>Container Crane</i>	29
4.2	Komponen Pembangkit Listrik Pada <i>Crane</i>	29
4.3	Kebutuhan Daya Listrik Pada <i>Container Crane</i>	30
4.4	<i>Single Line Diagram Container Crane</i>	30
4.5	Perencanaan Skenario Dan Studi Kasus Simulasi Kestabilan Transien .	35
4.6	Analisis Hasil Simulasi Tiap Skenario	38
4.6.1	Hasil Simulasi Dari Suplai PLN & Generator	38
4.6.2	Hasil Simulasi Dari PV.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN		78
BIODATA PENULIS		142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Potensi Energi di Indonesia	5
Gambar 2. 2 Grafik Distribusi Penyinaran Matahari di Indonesia	6
Gambar 2.3 Skema Sistem Solar Fotovoltaik.....	7
Gambar 2.4 Semikonduktor tipe-p dan tipe-n.	8
Gambar 2.5 Sambungan semi konduktor diberi beban lampu.....	8
Gambar 2.6 Bagian dari <i>Crane</i>	11
Gambar 2.7 <i>Container Spreader</i>	12
Gambar 2.8 <i>Container Forklift</i>	12
Gambar 2.9 <i>Straddle Carrier</i>	13
Gambar 2.10 <i>Straddler Loader</i>	13
Gambar 2.11 <i>Side Loader</i>	14
Gambar 2.12 <i>Transtainer</i>	14
Gambar 2.13 <i>Container crane</i>	15
Gambar 2.14 Transformator	16
Gambar 2.15 Motor Asinkron 3 Fasa	16
Gambar 2.16 Motor Arus Searah	17
Gambar 2.17 Sistem Kelistrikan <i>Container Crane</i>	18
Gambar 2.18 Faktor Mekanis Pada Generator	20
Gambar 2.19 Perilaku Generator Saat Terjadi Gangguan	20
Gambar 2.20 Standar Frekuensi Pada Sistem Kelistrikan	21
Gambar 2.21 Standar Voltage Dips.....	22
Gambar 2.22 Tampilan Aplikasi ETAP	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	25
Gambar 4. 1 <i>Crane's ratings</i>	29
Gambar 4. 2 Urutan potongan-potongan gambar dari ETAP.....	31
Gambar 4. 3 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 1	31
Gambar 4. 4 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 2.....	31
Gambar 4. 5 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 3.....	32
Gambar 4. 6 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 4.....	32
Gambar 4. 7 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 5.....	33
Gambar 4. 8 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 6.....	33
Gambar 4. 9 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 7.....	34
Gambar 4. 10 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 8.....	34
Gambar 4. 11 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 9.....	35
Gambar 4. 12 <i>Single Line Diagram</i> di ETAP bagian 10.....	35
Gambar 4. 13 Tampilan motor <i>gantry landside</i> pada ETAP.....	36
Gambar 4. 14 Tampilan motor <i>gantry seaside</i> pada ETAP.....	36
Gambar 4. 15 Tampilan motor <i>boom</i> pada ETAP	36
Gambar 4. 16 Tampilan motor <i>trolley</i> pada ETAP	37
Gambar 4. 17 Tampilan motor <i>hoist</i> pada ETAP	37

Gambar 4. 18 Tampilan spesifikasi PV Panel di ETAP	48
Gambar 4. 19 Tampilan letak PV untuk motor <i>gantry</i> di ETAP	48
Gambar 4. 20 Tampilan letak PV untuk motor <i>trolley</i> dan <i>boom</i> di ETAP	49
Gambar 4. 21 Tampilan letak PV untuk motor <i>hoist</i> di ETAP.....	49

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	38
Grafik 4. 2 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	39
Grafik 4. 3 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	40
Grafik 4. 4 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan suplai PLN dan Generator.	41
Grafik 4. 5 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	42
Grafik 4. 6 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	43
Grafik 4. 7 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	44
Grafik 4. 8 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	45
Grafik 4. 9 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Hoist</i> dan Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	46
Grafik 4. 10 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Hoist</i> dan Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	47
Grafik 4. 11 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	50
Grafik 4. 12 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	51
Grafik 4. 13 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.	52
Grafik 4. 14 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	53
Grafik 4. 15 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	54
Grafik 4. 16 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	55
Grafik 4. 17 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	56
Grafik 4. 18 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	57
Grafik 4. 19 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Hoist</i> dan Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	58
Grafik 4. 20 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Hoist</i> dan Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.	59

Grafik 4. 21 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik.	60
Grafik 4. 22 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik.	61
Grafik 4. 23 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik.	62
Grafik 4. 24 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik.	63
Grafik 4. 25 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik.	64
Grafik 4. 26 . Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik.	65
Grafik 4. 27 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik.	66
Grafik 4. 28 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik.	67
Grafik 4. 29 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik.	68
Grafik 4. 30 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Gantry</i> Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik.	68
Grafik 4. 31 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik.	69
Grafik 4. 32 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Boom</i> Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik.	70
Grafik 4. 33 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik.	70
Grafik 4. 34 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Trolley</i> Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik.	71
Grafik 4. 35 Respon Tegangan Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik.	72
Grafik 4.36 Respon Frekuensi Skenario Motor <i>Hoist</i> Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik.	72

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia membutuhkan sumber energi yang dapat diperbaharui karena saat ini energi tidak dapat diperbaharui di Indonesia sudah mulai menipis seperti contohnya energi minyak bumi yang sering digunakan ketersediaannya mulai sedikit. Terdapat banyak energi alternatif yang dapat digunakan, seperti energi surya, energi angin, arus laut, biodiesel, panas bumi, dan lainnya. Energi surya cocok diterapkan di wilayah Indonesia karena energi surya ramah lingkungan, dapat diperbarui, dan tidak membeli. Energi surya juga salah satu energi terbarukan yang sedang giat dikembangkan oleh pemerintah Indonesia karena Indonesia mempunyai potensi energi surya yang besar. Terdapat 2 tipe dari energi surya, yaitu sinar matahari dan *photovoltaic* (photo=cahaya, voltaic=tegangan). Proses ini menggunakan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepaskan elektron yang membentuk dasar listrik (Widayana, 2012).

Aplikasi dari energi terbarukan dapat digunakan sebagai sumber listrik yang akan digunakan untuk menggerakkan *container crane* yang terdapat di pelabuhan. Penggunaan energi terbarukan sebagai penggerak *container crane* sangat potensial untuk digunakan karena energi terbarukan menimbulkan emisi yang rendah. Hal tersebut mendukung pemerintah untuk menciptakan *green port*/pelabuhan ramah lingkungan di Indonesia. Penerapan *green port*/pelabuhan ramah lingkungan merupakan bagian dari upaya negara Indonesia untuk mendukung minimalisir pencemaran laut, polusi udara, dan berbagai kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan bongkar muat di pelabuhan.

Energi listrik yang dihasilkan oleh energi terbarukan tidak dapat langsung digunakan karena arus listrik yang dihasilkan yaitu arus searah/arus DC. Motor-motor penggerak *container crane* menggunakan sumber tegangan arus bolak-balik/arus AC, sehingga dibutuhkan komponen penyearah arus yaitu *inverter*. Gelombang yang dihasilkan oleh *inverter* akan berbentuk gelombang kotak (*square wave*). Gelombang kotak berbeda dengan gelombang sinusoidal murni yang berasal dari generator namun keduanya merupakan gelombang arus bolak-balik/gelombang AC. Arus keluaran inverter tersebut akan digunakan untuk menyuplai listrik untuk menggerakkan motor-motor di *container crane*.

Indonesia mempunyai banyak perusahaan yang bergerak dalam bidang penyediaan fasilitas terminal petikemas, baik untuk perdagangan nasional maupun internasional, yang mana dalam perusahaan tersebut membutuhkan *crane* untuk proses bongkar muat. Pertumbuhan ekonomi dan perdagangan di Indonesia sangat signifikan. Hal tersebut mengakibatkan, jasa pelabuhan yang ditawarkan semakin meningkat. Dampak dari peningkatan permintaan akan jasa pelabuhan yaitu aktivitas di sekitar pelabuhan akan meningkat, sehingga pencemaran laut yang ditimbulkan akan semakin meningkat juga seperti pencemaran air dan udara (Hutagalung, 2004). Ditinjau dari dampak yang

ditimbulkan tersebut, maka diperlukan upaya untuk menerapkan pelabuhan yang ramah lingkungan agar pencemaran air dan udara dapat dikurangi.

Sebagai langkah mendukung penerapan pelabuhan yang ramah lingkungan, pengaplikasian suplai listrik dari energi terbarukan akan digunakan pada *container crane* untuk mengurangi penggunaan diesel. Penggantian dari suplai diesel ke suplai energi terbarukan tersebut dinamakan elektrifikasi. Elektrifikasi merupakan proses *powering* pada suatu komponen menggunakan listrik. Suplai listrik yang akan digunakan bukan berasal dari PLN, namun berasal dari teknologi *photovoltaic* (PV). Penerapan elektrifikasi pada unit *container crane* yang dilakukan oleh beberapa pelabuhan di Indonesia merupakan upaya untuk mendukung penerapan pelabuhan ramah lingkungan. Beberapa manfaat dari program elektrifikasi yang dilakukan beberapa pelabuhan di Indonesia, yaitu dapat mengurangi polusi lingkungan, mengurangi frekuensi pemeliharaan, dan mengurangi biaya untuk penggantian *Engine Parts*. Polusi lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas bongkar muat dapat dikurangi melalui program elektrifikasi karena emisi gas buang (emisi CO₂) dari hasil pembakaran motor diesel akan dihilangkan. Selain itu, konversi *power supply* dari diesel menjadi listrik akan mengurangi frekuensi pemeliharaan sehingga dapat menjaga ketersediaan dari *container crane* yang akan berdampak pada meningkatnya aktivitas bongkar muat di pelabuhan.

Percobaan penggunaan energi surya pada salah satu *container crane* di beberapa pelabuhan merupakan salah satu penerapan dan pengenalan penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Pada penerapan di lapangan program elektrifikasi di beberapa pelabuhan Indonesia tentunya mengalami banyak kendala yang disebabkan oleh faktor lingkungan yang dapat mengakibatkan suatu sistem mengalami gangguan. Suatu sistem kelistrikan rentan mengalami gangguan sehingga sistem tersebut harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kondisi sinkronnya yang dinamakan sebagai kestabilan transien. Gangguan kestabilan transien dapat terjadi apabila terdapat kelebihan pada salah satu sumber listrik, starting pada motor, dan hubungan singkat pada suatu komponen.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

- 1.2.1 Bagaimana hasil analisis dan perbandingan kestabilan transien pada *container crane* antara suplai PLN & Generator dengan suplai energi surya berdasarkan skenario yang terjadi?
- 1.2.2 Bagaimana cara mengatasi ketidakstabilan respon sistem kelistrikan pada *container crane* dengan suplai energi surya apabila respon sistemnya tidak stabil?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibuat pada tugas akhir ini agar tujuan utama dari tugas akhir tidak menyimpang adalah sebagai berikut:

- 1.3.1. Objek penelitian ini yaitu peralatan bongkar muat *container crane* di PT. Terminal Teluk Lamong, Surabaya.
- 1.3.2. Analisis kondisi kestabilan transien di *container crane* dengan suplai energi surya tidak berdasarkan kesamaan besar daya beban dan pembangkit, tetapi hanya kesamaan skenario kejadian yang muncul.
- 1.3.3. Tidak menghitung persediaan sumber energi surya.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1.4.1. Melakukan penilaian terhadap nilai kestabilan transien pada *container crane* dengan suplai PLN & generator serta suplai dengan energi surya.
- 1.4.2. Mendapatkan cara untuk mengatasi ketidakstabilan respon sistem dari *container crane* apabila respon yang dihasilkan tidak stabil.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

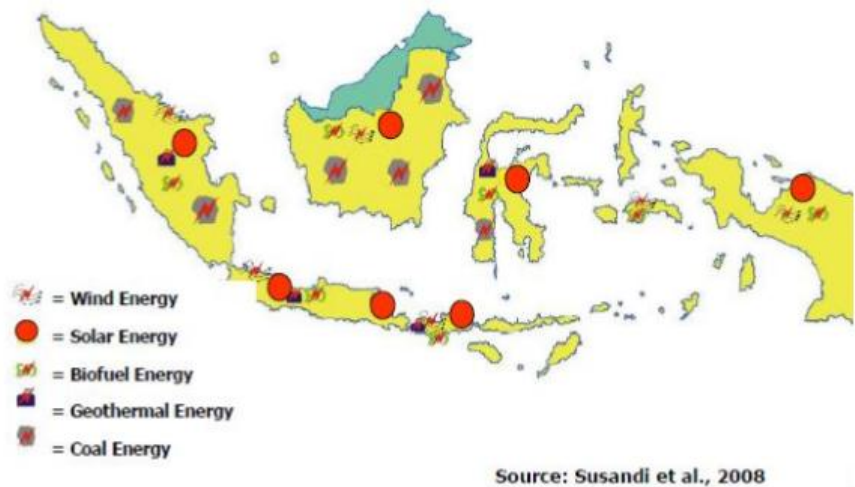
- 1.5.1. Mendapatkan nilai kestabilan transien pada *container crane* yang disuplai dengan energi surya.
- 1.5.2. Mendapatkan referensi untuk mencegah terjadinya respon yang tidak stabil pada kestabilan sistem kelistrikan dari *container crane* apabila respon sistem yang dihasilkan tidak stabil.
- 1.5.3. Dapat bermanfaat bagi pembaca dan bisa dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanfaatan Energi Terbarukan

Pada saat ini, penggunaan energi terbarukan sangat dibutuhkan di Indonesia karena energi terbarukan terdapat macam jenisnya dan tidak akan habis, serta penggunaannya yang ramah lingkungan. Energi terbarukan telah dikembangkan guna menggantikan energi fosil karena ketersediaannya yang semakin sedikit. Energi terbarukan sangat beragam seperti biomassa, panas bumi, energi surya, energi angin, energi air, energi samudera, hydro power, namun pada saat ini masih banyak yang belum dimanfaatkan. Ditinjau dari macam-macam energi terbarukan, yang paling potensial untuk diterapkan di wilayah Indonesia adalah energi surya.

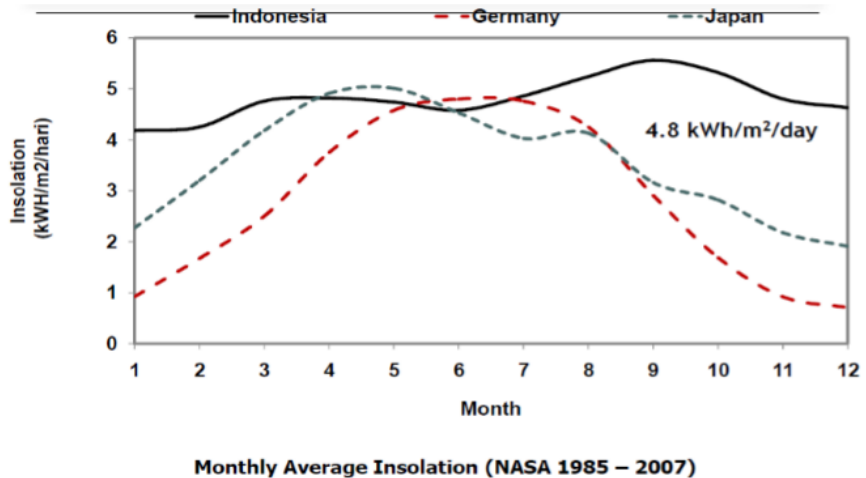


Gambar 2. 1 Potensi Energi di Indonesia
Sumber : Susandi et al., (2008)

Pemerintah Indonesia saat ini sedang giat untuk memanfaatkan energi surya karena Indonesia merupakan negara tropis sehingga potensi energi surya sangat besar. Radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia yaitu sebagai berikut :

- Kawasan Timur Indonesia (KTI) dengan distribusi penyinaran sekitar 5,1 kW/h/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%
- Kawasan Barat Indonesia (KBI) dengan distribusi penyinaran sekitar 4,5 kW/h/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%

Dengan demikian, potensi penyinaran matahari rata-rata di Indonesia sekitar 4,8 kW/h/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%.



Gambar 2. 2 Grafik Distribusi Penyinaran Matahari di Indonesia
Sumber : NASA

Energi Surya banyak memiliki keunggulan seperti ramah lingkungan, tidak dapat habis, tidak membeli, dan dapat dipercaya. Namun di sisi lain, energy surya juga memiliki beberapa kelemahan yaitu tidak konstan dan sangat halus. Energi surya menghasilkan arus yang rendah sehingga diperlukan memakai sistem dan kolektor yang luas permukaannya besar untuk mengonsentrasikan dan mengumpulkan energi surya tersebut. Sistem kolektor tersebut mempunyai harga yang mahal dan masalah lainnya yaitu sistem di bumi tidak dapat diharapkan dapat menerima persediaan energi secara terus menerus dari energi surya. Maka dari itu, diperlukan sebuah sistem penyimpanan energi yang diperlukan untuk menyimpan energi pada saat malam hari atau cuaca sedang mendung (Widayana, 2012). Energi surya telah banyak dimanfaatkan di berbagai belahan dunia, dan apabila dapat dieksplorasi dengan tepat, maka energy surya berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energy di dunia dalam waktu yang lama.

Untuk memanfaatkan potensi energi surya, terdapat 2 macam teknologi yang sudah diterapkan yaitu :

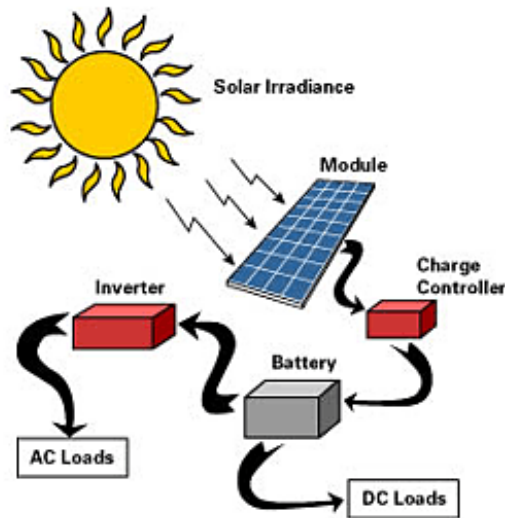
1. Teknologi Energi Surya *Photovoltaic* (PV)

Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) merupakan suatu sistem pembangkit energi yang memanfaatkan energi surya dan menggunakan teknologi fotovoltaik. SESF merupakan sistem yang mudah dalam pengoperasiannya, handal, serta memerlukan biaya operasional dan perawatan yang rendah sehingga teknologi ini dapat bersaing dengan teknologi konvensional. Selain itu SESF merupakan teknologi yang ramah lingkungan dan bersih.

Pada umumnya, modul fotovoltaik dipasarkan dengan kapasitas 50 Watt-peak (Wp) atau kelipatannya. Unit satuan Watt-peak (Wp) merupakan satuan daya (Watt) yang dapat dibangkitkan oleh modul fotovoltaik dalam keadaan standar uji (Standar Test Condition – STC). Efisiensi pembangkitan

energy listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik pada skala komersial saat ini adalah 14-15%.

Komponen utama dari SESF adalah sel fotovoltaik yang berfungsi mengubah penyinaran/radiasi matahari menjadi listrik secara langsung (*direct conversion*). Teknologi sel fotovoltaik yang pada saat ini banyak dikembangkan yaitu berbentuk teknologi Kristal yang berbahan baku silikon. Produk akhir dari sel fotovoltaik yaitu menyerupai bentuk lembaran kaca dengan ketebalan 6-8 milimeter. Selain itu ada *Balance of System* (BOS) meliputi *controller*, *inverter*, kerangka modul, peralatan listrik seperti kabel, stop kontak, dan lain-lain, serta terdapat juga penyimpanan energi (baterai).

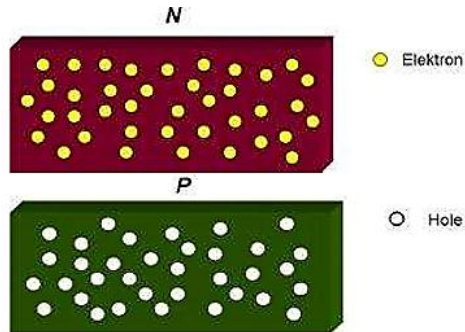


Gambar 2.3 Skema Sistem Solar Fotovoltaik
Sumber : tenagamatahari.wordpress.com

2. Teknologi Surya Termal

2.1.1 Cara Kerja Panel Surya

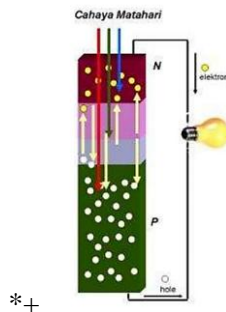
Panel Surya digunakan sebagai sumber energi listrik yang akan menyuplai listrik untuk menggerakkan motor-motor pada *container crane*. Panel surya juga sering kali disebut dengan sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai “cahaya listrik” (Erlita, 2014). Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi. Prinsip kerja dari teknologi panel surya yaitu memanfaatkan partikel dari sinar matahari yang sangat kecil yang disebut dengan “Foton”. Foton akan memisahkan elektron dari struktur atomnya dengan cara foton menghantam atom semikonduktor sel surya, sehingga hal tersebut akan menimbulkan energi yang besar guna memisahkan elektron. Elektron yang terlepas tersebut akan bergerak bebas pada daerah pita konduksi dari material semi konduktor. Atom yang kehilangan muatan negatif/elektron akan menjadi atom yang bermuatan positif, dan kekosongan pada struktur atom tersebut dinamakan dengan “Hole”.



Gambar 2.4 Semikonduktor tipe-p dan tipe-n.

Sumber : <http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebihdekat/>

Daerah semi konduktor yang terdapat elektron bebas menjadi bermuatan negatif dan akan menjadi pendonor elektron, daerah ini disebut dengan semi konduktor tipe N. Adapun daerah semi konduktor dengan Hole dan bermuatan positif akan menjadi penerima elektron disebut dengan semi konduktor tipe P. Pada persimpangan daerah negatif dan positif akan menimbulkan energi yang akan mendorong hole dan elektron bergerak ke arah yang berlawanan. Hole akan bergerak menjauhi daerah positif dan elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif. Pada saat persimpangan positif dan negatif diberikan beban seperti lampu atau peralatan listrik lainnya, maka hal tersebut akan menimbulkan arus listrik.



Gambar 2.5 Sambungan semi konduktor diberi beban lampu

Sumber : <http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebihdekat/>

2.1.2 Komponen Pada Panel Surya

Panel surya memiliki beberapa komponen diantaranya adalah:

a. Modul Surya

Berfungsi merubah cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Untuk kebutuhan kecil dapat dicukupi dengan satu atau dua modul, sedangkan untuk kebutuhan dengan skala besar dapat

dicukupi ribuan modul surya yang dirangkai menjadi satu. Satu buah modul surya umumnya terdiri dari 36 buah *solar cell*.

- b. Baterai
Berfungsi untuk menyimpan energi listrik dari hasil konversi oleh modul surya. Modul surya akan mengkonversi cahaya matahari menjadi energy listrik arus searah (DC), dan energy listrik dapat langsung disimpan ke dalam baterai.
- c. Alat Pengatur
Berfungsi untuk mengatur pengisian energi listrik dari modul surya ke dalam baterai. Selain itu, alat ini juga berfungsi untuk melindungi baterai.
- d. Inverter
Berfungsi sebagai pengubah arus searah (DC-12/24V) dari baterai atau modul surya menjadi arus bolak-balik (AC-220V).

2.1.3 Perhitungan Kapasitas Panel Surya

Perhitungan kapasitas daya listrik pada panel surya berdasarkan rumus fungsi luas dari panel surya tersebut. Semakin luas permukaan panel surya, maka energi listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Berikut adalah perhitungan nilai kapasitas daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya :

$$PPV = t \times n \times P_{max}$$

Keterangan :

- PPV = Daya yang dihasilkan oleh fotovoltaiik
- t = Peak intensitas matahari
- n = Jumlah panel surya
- P_{max} = kapasitas daya yang mampu dihasilkan satu panel surya

Berdasarkan perhitungan di atas, besarnya nilai peak intensitas matahari yaitu dari pukul 7 pagi hingga pukul 5 sore. Dapat disimpulkan bahwa maksimum peak intensitas matahari di Indonesia dapat diasumsikan sebesar 5 jam dan minimal 4 jam.

2.1.4 Gelombang Hasil Dari Energi Terbarukan

Panel surya maupun energi terbarukan yang lainnya menghasilkan energi listrik dengan arus listrik searah (DC) sehingga diperlukan inverter untuk merubah menjadi arus listrik bolak-balik(AC). Gelombang yang dihasilkan oleh arus listrik AC dari inverter tidak berbentuk gelombang sinusoidal sempurna, melainkan dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu *square wave*, *modified sine wave*, *pure sine wave* (Purwoto *et al*, 2000).

a. *Square Wave*

Inverter yang gelombang keluarannya *square wave* merupakan inverter yang paling sederhana. Kualitas dari gelombang yang dihasilkan

dari inverter jenis ini sangat buruk walaupun dapat menghasilkan tegangan 220 V AC, dan frekuensi 50 Hz. Hal tersebut menyebabkan tidak dapat digunakan pada semua peralatan listrik, hanya beberapa saja. Output dari inverter ini memiliki karakteristik dengan level *total harmonic distortion* yang tinggi.

b. *Modified Sine Wave*

Bentuk gelombang dari *Modified Sine Wave* ini hampir mirip dengan bentuk gelombang *Square Wave* sehingga sering disebut juga sebagai *Modified Square Wave* atau *Quasy Sine Wave*. Perbedaan dari *Modified Sine Wave* dengan *Square Wave* yaitu pada *Modified Sine Wave* outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. *Harmonic distortion* dari *modified sine wave* relatif lebih sedikit dibanding dengan *square wave*, sehingga gelombang jenis ini dapat dipakai pada beberapa peralatan listrik seperti TV, computer, dan lampu, namun tidak untuk beban-bean yang lebih sensitive.

c. *Pure Sine Wave*

Gelombang inverter yang bentuknya hampir menyerupai gelombang sinusoida sempurna disebut *pure sine wave* atau *true sine wave*. Total *harmonic distortion* dari *pure sine wave* yaitu kurang dari 3% (THD < 3%). Hal tersebut menyebabkan gelombang inverter ini dapat digunakan untuk semua peralatan listrik dan inverter ini sering disebut *clean power supply*. Inverter jenis ini menggunakan teknologi yang umumnya disebut *pulse with modulation* (PWM). Teknologi ini dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.

2.2 **Pengertian Crane**

Crane adalah alat yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat lainnya. *Crane* digunakan secara vertikal maupun horizontal, serta mengangkat dan menurunkan barang di tempat yang telah ditentukan (Iqbal, 2011). *Crane* memiliki bagian-bagian utama, yaitu :

a. *Machinery House*

Merupakan tempat untuk pemasangan motor listrik yang akan menggerakkan *crane*, selain itu, sebagai tempat untuk peralatan listrik lainnya seperti PLC, transformator, dan *conveyor*.

b. *Trolley*

Berfungsi untuk mengangkat *spreader* ke atas maupun ke bawah, serta menggerakkannya ke depan dan ke belakang.

c. *Spreader*

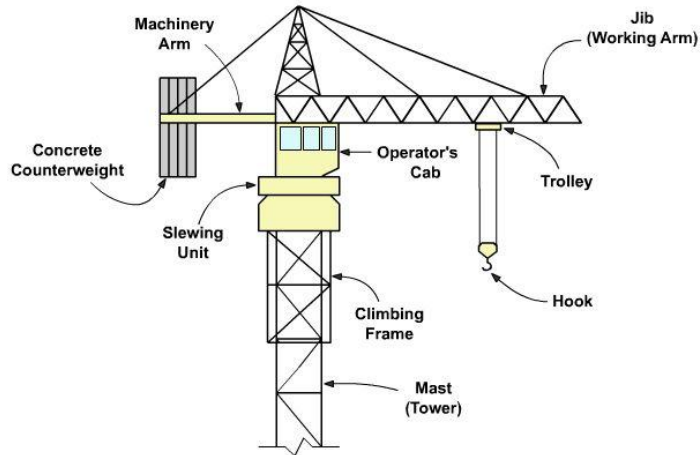
Berfungsi untuk mengangkat muatan dari dermaga ke kapal maupun sebaliknya. Bagian ini mempunyai ukuran yang disesuaikan dengan panjang lintasan yang dibutuhkan untuk mengangkat muatan yang akan dipindahkan.

d. *Boom*

Berfungsi untuk memperpanjang jangkauan dari *crane*. Jika *crane* tidak sedang dalam operasi, maka bagian ini akan naik ke atas.

e. **Operator Cab's**

Merupakan kabin tempat operator bekerja. Kabin ini bekerja bergerak bersamaan dengan *trolley* sehingga operator yang sedang bekerja dapat melihat posisi *spreader* sudah sesuai dengan muatan atau tidak.



Gambar 2.6 Bagian dari *Crane*
Sumber : dutasaranarental.com

2.3 *Container Crane*

Ada banyak macam *crane*, salah satunya adalah *container crane*. *Container crane* merupakan salah satu jenis *crane* yang digunakan di pelabuhan peti kemas untuk memindahkan muatan berjenis *container* (Asshanti, 2017). Terdapat banyak macam jenis *container crane* yang sering digunakan untuk proses bongkar muat di pelabuhan, yaitu :

2.3.1 *Container Spreader*

Container Spreader adalah sebuah alat yang digunakan untuk bongkar muat peti kemas yang mempunyai kerangka berupa baja. *Container Spreader* juga dilengkapi alat pengunci (*twislock*) di bagian bawah keempat sudutnya, dan digantung dengan baja dari *gantry crane*, *transtainer*, dan *straddle loader*. Konstruksi dari *container spreader* ini sedikit berbeda dengan *container forklift*.



Gambar 2.7 *Container Spreader*
 Sumber : timarsportequipment.se

2.3.2 *Container Forklift*

Merupakan truck yang digunakan untuk mengangkat peti kemas. Bentuk dari *container forklift* tidak jauh berbeda dengan *forklift truck* lainnya, namun *container forklift* memiliki daya angkat yang lebih besar dan dengan jangkauan yang lebih tinggi untuk mengambil atau meletakkan peti kemas dari susunan tiga sampai empat tumpukan.



Gambar 2.8 *Container Forklift*
 Sumber : cgtrader.com

2.3.3 *Straddle Carrier*

Merupakan sebuah kendaraan yang berfungsi untuk memindahkan peti kemas dari suatu tempat ke tempat lainnya. Prinsip kerja dari *Straddler Carrier* yaitu alat ini akan melangkahi peti kemas yang akan diambil, lalu peti kemas akan digantung dengan *spreader* yang terpasang di *straddle carrier* tersebut, dan diangkat pada ketinggian yang cukup. Selanjutnya, peti kemas akan dibawa dan dipindahkan ke tempat yang telah ditentukan.



Gambar 2.9 *Straddle Carrier*
Sumber : konecranes.com

2.3.4 *Straddle Loader*

Merupakan kendaraan yang berfungsi untuk memindahkan peti kemas, namun tidak dilengkapi dengan kemudi, sehingga hanya dapat memindahkan peti kemas ke lokasi depan ataupun ke belakang dari posisi semula. Selain itu *straddle loader* juga berfungsi sebagai pengatur tumpukan peti kemas di tempat penumpukan peti kemas.



Gambar 2.10 *Straddler Loader*
Sumber : rrpicturearchives.net

2.3.5 *Side Loader*

Merupakan kendaraan untuk memindahkan peti kemas, yang hampir mirip dengan *forklift*, namun *side loader* mengangkat ataupun menurunkan peti kemas berada di samping. *Side loader* digunakan sebagai alat untuk menurunkan atau menaikkan peti kemas dari atas *trailer* dibawa ke samping maupun sebaliknya.



Gambar 2.11 *Side Loader*
Sumber : directindustry.com

2.3.6 *Transtainer*

Disebut juga dengan *Yard Gantry Crane*, merupakan sebuah alat untuk mengatur tumpukan peti kemas, serta juga dapat memindahkan tempat tumpukan peti kemas ke arah lurus depan atau belakang karena *transtainer* tidak mempunyai kemudi.



Gambar 2.12 *Transtainer*
Sumber : mes.co.jp

2.3.7 *Container Crane*

Merupakan suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan peti kemas dari kapal ke dermaga maupun sebaliknya. *Container crane* dipasang secara permanen yang diletakkan di pinggir dermaga dengan menggunakan rel, sehingga dapat bergerak ke kanan maupun ke kiri untuk proses bongkar muat peti kemas dengan jangkauan yang dekat maupun jauh. Adapun cara kerja dari *container crane* yaitu :

a. *Gerakan Hoist*

Merupakan gerakan naik dan turun untuk menaikkan dan menurunkan peti kemas yang telah dijepit oleh *spreader* dan ditali oleh tali baja yang telah digulung oleh drum dan digerakkan oleh electromotor. Jika pengangkatan maupun penurunan peti kemas sudah

sesuai posisi yang telah ditentukan, maka gerakan drum dapat dihentikan dengan menggunakan *brake* yang berada di *operator cab's* dengan menggunakan *handle*.

b. Gerakan Transversal

Merupakan gerakan dari *trolley* pada saat membawa muatan dengan arah dan pergerakan yang sejajar dengan *boom* dan *girder*. Gerakan ini dilakukan dengan tali baja yang terlilit dengan drum dengan penggerak mula *electromotor*, setelah itu *trolley* akan bergerak pada rel yang terletak di atas *boom* dan *girder*. Gerakan transversal akan berhenti apabila *electromotor* memutus arus listrik dan gerakan *trolley* dihentikan oleh rem.

c. Gerakan Longitudinal

Merupakan gerakan memanjang pada rel besi yang terletak di permukaan tanah yang dilakukan melalui roda gigi transmisi. Pada saat melakukan gerakan longitudinal, roda *gantry* akan diputar oleh *electromotor* dan *gantry* akan bergerak secara maju mundur ke posisi yang sudah ditentukan. Saat *gantry* sudah berada di posisi yang telah ditentukan, maka arus listrik akan diputus dan rem akan bekerja.



Gambar 2.13 *Container crane*

Sumber : fullstackfeed.com

2.4 Komponen-Komponen Elektrikal Pada *Container Crane*

Dalam pengoperasiannya, *container crane* mempunyai beberapa komponen elektrikal yang berfungsi untuk *container crane* bekerja, yaitu :

a. Transformator

Merupakan suatu alat listrik yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Transformator bekerja berdasarkan prinsip hukum faraday dan hokum ampere. Jika pada salah satu kumparannya dialiri arus listrik AC, maka akan timbul garis gaya magnet yang berubah-ubah, sehingga pada sisi kumparan lainnya akan terjadi induksi. Dari peristiwa tersebut, maka antara kedua ujung lilitan akan terjadi perbedaan tegangan.



Gambar 2.14 Transformator

Sumber : commons.wikimedia.org

b. Motor AC 3 Fasa

Merupakan peralatan listrik yang berfungsi sebagai pengubah arus listrik AC menjadi energi mekanik. Motor AC 3 fasa juga sering disebut sebagai motor asinkron 3 fasa. Dalam dunia industry, motor asinkron 3 fasa sering banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan seperti memiliki konstruksi yang sederhana dan kuat, perawatannya mudah, dan memiliki harga yang relative lebih murah.

Prinsip kerja dari motor asinkron 3 fasa yaitu saat tegangan dihubungkan dengan stator, maka stator akan menghasilkan fluks magnet yang menimbulkan medan putar. Medan putar tersebut akan menimbulkan GGL terhadap batang konduktor. GGL induksi muncul akibat terdapat perbedaan nilai antara medan putar stator dengan kecepatan putar rotor. Karena pada rotor dan stator merupakan rangkaian yang tertutup, maka GGL akan menghasilkan arus yang menimbulkan gaya pada rotor, sehingga rotor akan berputar.



Gambar 2.15 Motor Asinkron 3 Fasa

Sumber : id.hanzelmotor.org

c. Motor Arus Searah

Merupakan sebuah peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah menjadi energi mekanik. Prinsip kerja dari motor arus searah yaitu apabila kumparan jangkar dialiri arus listrik dan kumparan medan diberi penguatan, maka akan timbul gaya Lorentz pada tiap-tiap sisi kumparan jangkar tersebut. Gaya Lorentz pada motor arus searah ditunjukkan oleh kaidah tangan yaitu ibu jari menandakan gaya (F), telunjuk menunjukkan arah medan magnet (B), dan jari tengah menunjukkan arah arus (I).

Pada hukum Lorentz, adanya arus serta medan magnet yang terbentuk akan menghasilkan sebuah gaya (F). gaya tersebut yang mengakibatkan putaran pada motor DC. Motor DC disuplai oleh sumber listrik DC yang berasal dari baterai atau arus AC yang disearahkan/diberi *rectifier*.



Motor DC Seri

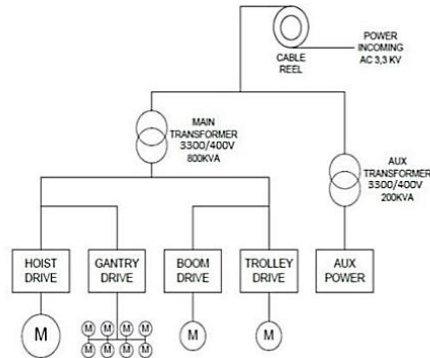
Gambar 2.16 Motor Arus Searah
Sumber : abdulelektro.blogspot.com

d. Penyearah 3 Fasa Terkontrol Penuh

Rangkaian penyearah merupakan rangkaian yang dapat merubah arus AC menjadi arus DC. Salah satu komponen utama dari rangkaian penyearah yaitu *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) sebagai penyearah yang dapat mengendalikan tegangan keluaran DC (Saragi, 2012).

2.5 Sistem Kelistrikan Pada *Container Crane*

Dalam pengoperasian *Container Crane*, beberapa peralatan kelistrikan yang akan bekerja yaitu motor DC, motor Asinkron 3 fasa, dan penyearah 3 fasa terkontrol penuh. Sistem kelistrikan dari *container crane* dimulai dari suplai sumber listrik yang akan menyuplai energi listrik untuk pengoperasian *container crane*. Adapun sumber pembangkit listrik yang akan digunakan yaitu energi surya dan sumber dari PLN. Selanjutnya, listrik dari pembangkit listrik akan dialirkan menuju *main transformer* dan *auxiliary transformer*. *Main transformer* dan *auxiliary transformer* akan menurunkan tegangan dari sumber. Tegangan dari *main transformer* akan dialirkan menuju motor-motor penggerak pada *container crane* seperti *hoist drive*, *boom drive*, *gantry drive*, dan *trolley drive*. Tegangan dari *auxiliary transformer* akan dialirkan menuju *auxiliary power*.



Gambar 2.17 Sistem Kelistrikan *Container Crane*
Sumber : nanopdf.com

2.6 Kualitas Daya Pada Suatu Sistem Kelistrikan

Kualitas daya listrik merupakan suatu konsep yang memberikan gambaran tentang baik atau buruknya mutu daya listrik akibat adanya gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan (Ichwan, 2019). Kualitas daya merujuk ke pengukuran, analisis dan pengembangan dari Bus Voltage untuk menjaga tegangan pada gelombang sinusoid pada rated voltage dan rated frequency (Bayan, 1999). Kualitas daya menjadi perhatian dalam sistem kelistrikan. Berikut adalah 5 alasan dari meningkatnya perhatian terhadap kualitas daya:

- Pertumbuhan beban-beban listrik dewasa ini bersifat lebih peka terhadap kualitas daya listrik, seperti penggunaan sistem kendali dengan berbasis pada mikroprosessor.
- Meningkatnya perhatian yang ditekankan pada efisiensi sitem daya listrik secara menyeluruh, sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan peralatan dengan efisiensi tinggi, seperti pengaturan kecepatan motor listrik dan penggunaan kapasitor untuk perbaikan faktor daya. Penggunaan peralatan-peralatan tersebut dapat mengakibatkan peningkatan terhadap nilai harmonik pada sistem daya listrik.
- Meningkatnya kesadaran bagi para pengguna energi listrik terhadap masalah kualitas daya listrik.
- Sistem tenaga listrik yang saling berhubungan dalam suatu jaringan interkoneksi, dimana sistem tersebut memberikan suatu konsekuensi bahwa kegagalan dari setiap komponen dapat mengakibatkan kegagalan pada komponen lainnya
- Kualitas daya yang buruk dapat mengakibatkan tidak diinginkannya pemberhentian operasi dari sistem, dimana dapat mengakibatkan meningkatnya biaya tagihan pelanggan.

Menurut Bayan (1999), problem dari kualitas daya dikategorikan berdasarkan fenomena elektromagnetik sebagai berikut:

- Transien
 - Impulsive
 - Oscillating

- Variasi Jangka Pendek
 - Instan
 - Dalam jangka waktu singkat
 - Dalam periode tertentu
- Ketidakseimbangan Tegangan
- Distorsi dalam Bentuk Gelombang
 - *DC Offset*
 - Harmonis
 - Interharmonis
 - *Noise*
- Fluktuasi Tegangan
 - *Flicker*
- Variasi Frekuensi Daya

2.7 Kestabilan Transien

Kestabilan transien merupakan kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi sinkron pada saat mengalami gangguan transien berupa gangguan besar yang terjadi secara tiba-tiba. Pada kondisi normal, sistem listrik harus mempunyai daya keseimbangan antara daya mekanis pada prime mover dengan keluaran daya listrik untuk beban pada sistem. Penambahan atau pengurangan beban pada sistem harus diikuti dengan perubahan masukan daya mekanis dari prime mover pada generator. Jika daya input mekanis tidak dapat mengikuti perubahan beban pada sistem maka kecepatan rotor generator, frekuensi sistem, dan tegangan akan menyimpang dari keadaan sinkronnya. Sesaat itu terjadi ketidakseimbangan antara daya input prime mover dengan keluaran beban listrik dan jika tidak ditanggulangi, maka sistem akan mengalami hilang sinkronisasi.

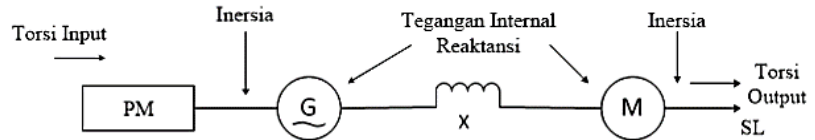
Gangguan pada stabilitas tenaga listrik apabila ditinjau dari sifatnya dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu :

- a. Stabilitas tetap (steady state)
- b. Stabilitas peralihan (transient)
- c. Stabilitas sub peralihan (dynamic)

Stabilitas tetap (steady state) merupakan kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kondisi sinkron setelah mengalami fluktuasi beban skala kecil. Stabilitas peralihan adalah kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kondisi sinkron setelah mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak sebesar satu ayunan atau satu swing dengan asumsi bahwa automatic voltage regulator (AVR) belum bekerja. Stabilitas sub peralihan adalah bila setelah ayunan pertama pada periode stabilitas transien sistem dapat mempertahankan kondisi sinkron sampai sistem kembali ke keadaan seimbang sesuai dengan aturan yang berlaku.

Suatu kondisi transien dapat ditimbulkan akibat ketidakseimbangan antara pembangkitan daya dengan pembebanan, sehingga dapat menyebabkan rotor dari generator berayun karena adanya torsi yang menyebabkan perlambatan atau percepatan dari rotor tersebut. Jika terjadi ketidakseimbangan yang disebabkan

adanya pembangkitan daya yang berlebihan, maka energi yang berlebih akan diubah menjadi energi kinetik yang menyebabkan percepatan sudut rotor bertambah, namun penambahan kecepatan tidak menyebabkan hilangnya sinkronisasi, melainkan perbedaan sudut rotor yang menyebabkan hilangnya sinkronisasi (Mahon, 1992).

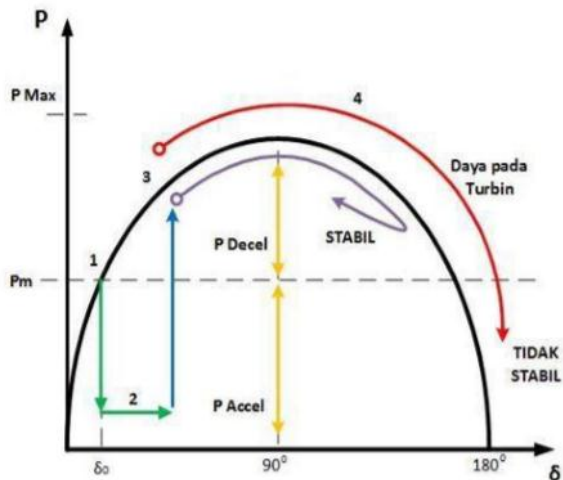


Gambar 2.18 Faktor Mekanis Pada Generator

Sumber : Power System Stability and Control, (1994)

Faktor utama dalam permasalahan stabilitas dapat ditinjau dari faktor mekanis dan faktor elektrisnya. Pada gambar 2.2 dijelaskan mengenai faktor mekanis antara lain torsi input beban, inersia dari prime mover dan generator, inersia motor dan sumbu beban, dan torsi onput sumbu beban. Sedangkan dari faktor elektris diantaranya adalah tegangan internal dari generator sinkron, reaktansi sistem, dan tegangan internal dari motor sinkron (Kundur, 1994).

Gangguan besar pada sistem tenaga listrik sangat mempengaruhi kinerja generator sehingga mengakibatkan fluktuasi pada kecepatan rotor generator. Berikut gambar yang menjelaskan perilaku generator saat terjadi gangguan.



Gambar 2.19 Perilaku Generator Saat Terjadi Gangguan

Sumber : Power System Stability and Control, (1994)

Ilustrasi pada gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Keadaan generator pada saat belum terjadi gangguan
2. Keadaan generator ketika terjadi gangguan. Gangguan menyebabkan output dari generator berkurang sehingga muncul perbedaan daya output generator dengan daya mekanis pada turbin. Pada periode ini rotor generator mengalami percepatan, sedangkan sudut rotor bertambah besar.

3. Keadaan ketika gangguan hilang, sehingga daya output generator pulih kembali sesuai dengan kurva P dan δ .
4. Keadaan setelah gangguan hilang. Daya output generator menjadi lebih besar disbanding daya mekanis turbin. Hal ini membuat rotor generator mengalami perlambatan. Diperlukan torsi lawan yang cukup untuk mengimbangi perubahan kecepatan untuk membuat sistem stabil dalam ayunan pertama.

Keandalan sistem banyak dipengaruhi oleh stabilitas sistem tenaga listrik, karena pengoperasian sistem pada kondisi yang tidak stabil dapat mempengaruhi umur peralatan yang ada pada sistem.

Transient Stability Assessment atau studi tentang kestabilan transien harus dilakukan karena suatu sistem dapat dikatakan stabil pada kestabilan steady state, namun belum tentu stabil pada kestabilan transien, sehingga studi ini perlu dilakukan guna untuk mengetahui apakah sistem dapat kembali stabil saat gangguan transien terjadi. Stabilitas Gangguan kestabilan transien dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu :

- a. Beban lebih akibat lepasnya generator dari sistem
- b. Hubungan singkat (*short circuit*)
- c. *Starting* pada motor
- d. Pelepasan beban yang mendadak

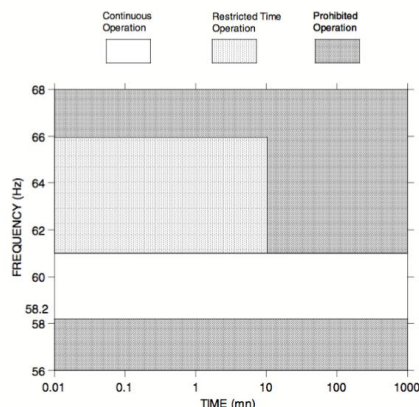
Terdapat beberapa solusi untuk menstabilkan sistem jika terjadi gangguan transien yang menyebabkan sistem tidak stabil, yaitu :

- a. Perubahan konfigurasi sistem
- b. Desain dan pemilihan *rotating equipment* : menambah momen inersia, mengurangi reaktan transien, meningkatkan kerja voltage regulator.
- c. Aplikasi *Power System Stabilizer*
- d. Peningkatan performa sistem proteksi
- e. Skema *load shedding* atau pelepasan beban yang tidak penting

2.8 Standar IEEE

1. Standar Frekuensi

Menurut IEEE standar 106-2003, kemampuan generator untuk menahan fenomena *under/over frequency* dijelaskan oleh gambar berikut



Gambar 2.20 Standar Frekuensi Pada Sistem Kelistrikan

Sumber : (IEEE Std. 106, 2003)

Dari gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- *Under Frequency* diijinkan sampai dengan 58.2 Hz
- *Over Frequency* diijinkan sampai dengan 61 Hz

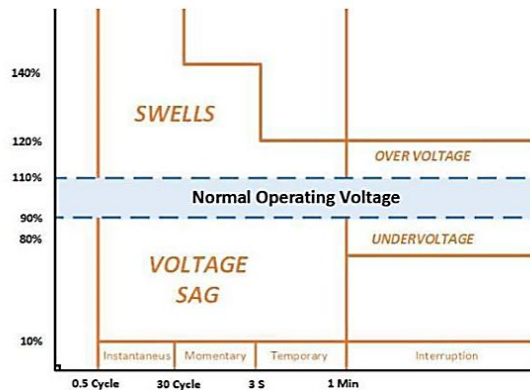
Untuk sistem dengan frekuensi 50 Hz, perlu dilakukan perubahan satuan menjadi bentuk % agar dapat ditemukan datanya. Maka untuk frekuensi 50 Hz

- $(58.2/60) \times 100\% = 97\%$
- $(61/60) \times 100\% = 101.67\%$

Maka frekuensi diharapkan tidak menyentuh angka tersebut pada keadaan *steady state* agar kestabilan sistem tetap terjaga.

2. Standar Tegangan

Menurut IEEE standard 1195, gangguan transien yang dapat terjadi adalah voltage dip, voltage swell, over voltage dan under voltage. Standar dari kedip tegangan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.21 Standar Voltage Dips

Sumber : IEEE Std. 1195, 1995

Dari gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

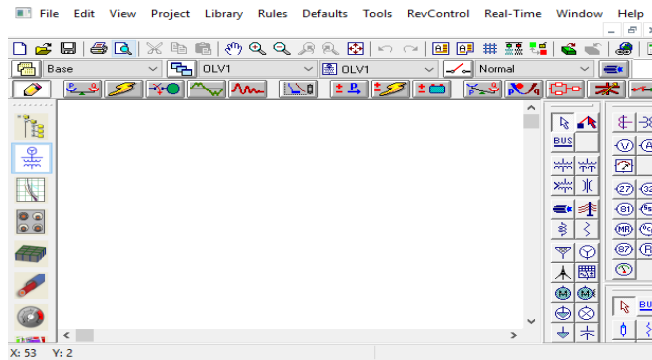
- Normal operating voltage berkisar 90%-110% dari tegangan nominal
- Voltage sag/dip adalah penurunan tegangan yang bersifat sementara sampai di kisaran 10%-90% tegangan nominal
- Voltage swells adalah naiknya tegangan yang bersifat sementara sampai di kisaran 110%-180% dari tegangan nominal
- Durasi voltage dip dibagi menjadi 3 kategori yaitu instantaneous (0.5 cycle – 30 cycle), momentary (30 cycle – 3 detik), dan temporary (3 detik – 1 menit)
- Undervoltage dan overvoltage termasuk kategori sustained interruption.

2.9 Aplikasi ETAP (*Electric Transient Analysis Program*)

ETAP (Electric Transient Analysis Program) merupakan suatu *software* yang berguna untuk mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat bekerja

secara *offline*, yaitu untuk simulasi tenaga listrik, serta dapat bekerja secara *online* untuk pengelolaan data real time. Analisis tenaga listrik yang dapat dilakukan dengan menggunakan ETAP antara lain :

- Analisis Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)
- Analisis Hubungan Singkat (*Short Circuit Analysis*)
- Motor Starting
- Arc Flash Analysis
- Harmonics Power System
- Analisis Kestabilan Transien (*Transient Stability Analysis*)
- Protective Device Coordination



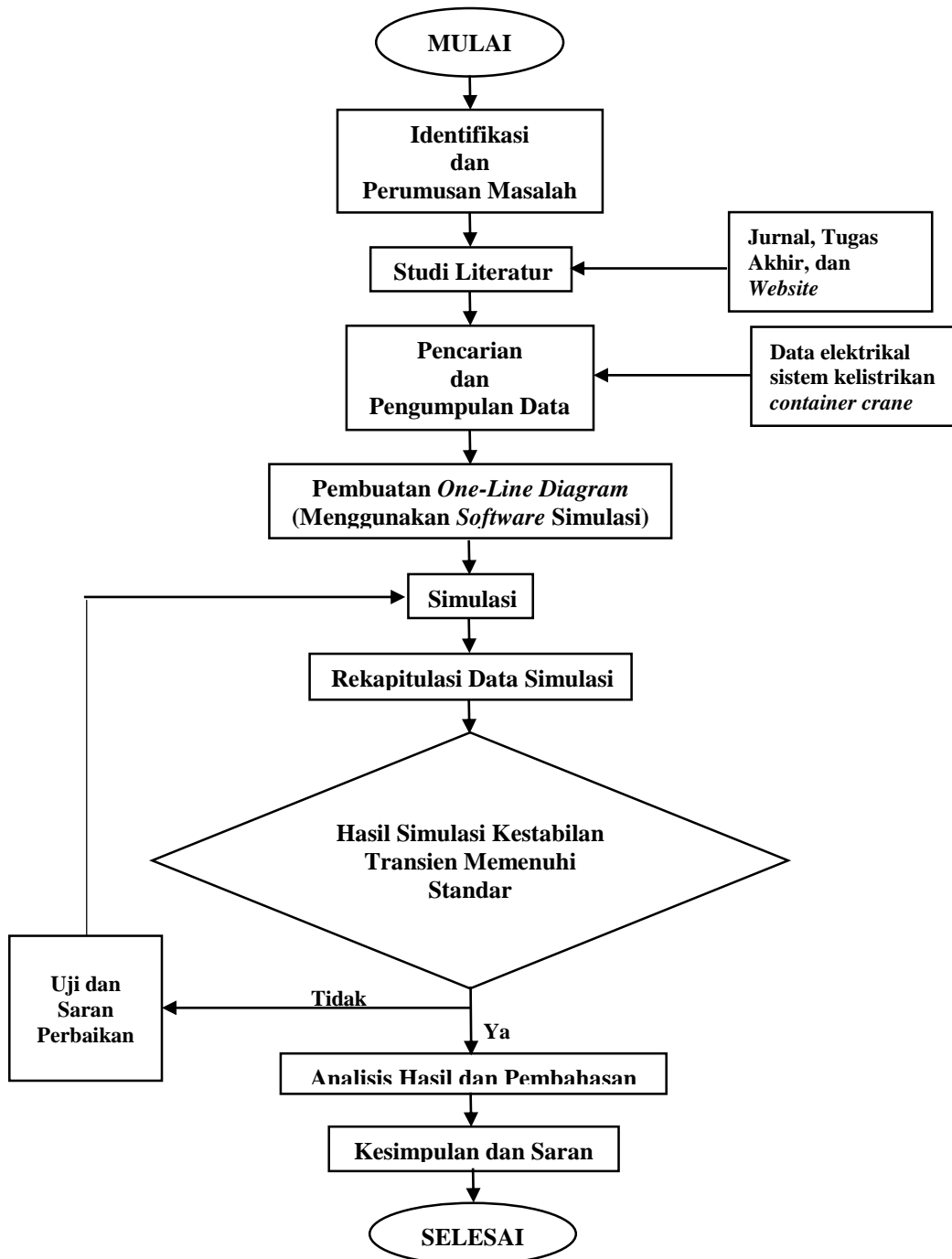
Gambar 2.22 Tampilan Aplikasi ETAP

Sumber : *Software ETAP*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Deskripsi Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir

- **Identifikasi dan Perumusan Masalah**
Rumusan masalah merupakan tahap paling awal dalam pelaksanaan tugas akhir dimana penulis harus merumuskan masalah apa yang akan dianalisis yang ada pada sistem kelistrikan di operasional bongkar muat *container crane* yang ada di PT. Terminal Teluk Lamong. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai analisis kestabilan transien pada *container crane* di PT. Terminal Teluk Lamong dengan suplai PLN & generator serta suplai dengan energi surya. Hal ini akan diukur dengan menggunakan software ETAP.
- **Studi Literatur**
Studi literatur merupakan tahapan awal suatu penelitian dimana dengan studi literatur seorang penulis melakukan proses pembelajaran terhadap dasar-dasar masalah dan objek yang akan diteliti. Studi literatur dilakukan dengan pengumpulan referensi-referensi mengenai energi surya, sistem kelistrikan pada *container crane*, dan kestabilan transien. Literatur-literatur tersebut didapatkan dari text book, internet, artikel, jurnal, paper dan laporan skripsi
- **Pencarian dan Pengumpulan Data**
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang didapat dari studi literatur. Data yang didapat akan diujikan ke dalam software ETAP
 1. Data *Container Crane* milik PT. Terminal Teluk Lamong
 2. Data *single line* diagram sistem kelistrikan *Container Crane* di PT. Terminal Teluk Lamong
 3. Pemodelan dengan aplikasi ETAP
- **Pembuatan *One-Line Diagram***
Pada tahap ini, akan dilakukan pemodelan *One Line Diagram* sistem menggunakan aplikasi ETAP. Pemodelan disesuaikan dengan skenario yang telah ditetapkan. Pembuatan model *One Line Diagram* mengikuti data *One Line Diagram* pada *container crane* milik PT. Terminal Teluk Lamong.
- **Simulasi**
Pada tahap ini, *One Line Diagram* yang telah dibuat di ETAP akan disimulasi analisis estabilan transien. Simulasi dilakukan dengan menggunakan skenario yang telah ditentukan sebelumnya.
- **Rekapitulasi Data Simulasi**
Setelah dilakukan tahap simulasi, maka selanjutnya dilakukan pencatatan hasil dari simulasi tiap skenario. Pada tahap ini, akan dicatat respon tegangan dan respon frekuensi yang dihasilkan oleh sistem.
- **Analisis Hasil dan Pembahasan**
Pada tahapan ini menjelaskan data-data yang telah tervalidasi dan sesuai dengan standar tegangan dan frekuensi (IEEE dan IEC). Serta melakukan pembahasan faktor apa saja yang bisa menyebabkan beberapa data tidak memenuhi standar atau tidak tevalidasi juga membahas upaya apa yang dilakukan untuk memperbaiki data yang tidak memenuhi standar.
- **Kesimpulan dan Saran**

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil penelitian. Penulis menarik kesimpulan dari analisis dan pembahasan yang telah dihitung serta memperoleh hasil dan memberikan rekomendasi agar permasalahan dapat di atasi sebagai kontribusi pengerjaan tugas akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Container Crane

Container crane yang digunakan dalam analisis tugas akhir ini adalah *container crane* dari *KONE Cranes* milik perusahaan PT. Terminal Teluk Lamong, Surabaya. Berikut adalah spesifikasi dari *container crane*:

Ratings

Rated Load under Twin Lift Spreader	60 t
Rated Load on Each Eye in Spreader Corner	15 t (x 4 pieces)
Rated Load under Cargo Beam	70 t
Rated Load on Each Cargo Beam Eye	35 t
Main Hoist Speed with Rated Load (Raise / Lower)	60 m / min
Main Hoist Speed with Empty Spreader	120 m / min
Trolley Traversing Speed	150 m / min
Gantry Travelling Speed	45 m / min
Travelling Distance	± 400 m
Boom Hoisting Time	5 min
Hoisting Machinery Group (FEM)	M7
Boom Hoisting Machinery Group (FEM)	M6
Trolley Traversing Machinery Group (FEM)	M7
Gantry Travelling Machinery Group (FEM)	M5

Gambar 4. 1 *Crane's ratings*
Sumber : *User's manual of KONE Cranes*

4.2 Komponen Pembangkit Listrik Pada Crane

Sumber listrik yang digunakan untuk menggerakkan *crane* yaitu berasal dari power grid/ listrik pln dan generator. Generator berjumlah 2 set dengan mode *voltage control*. Berikut adalah spesifikasi dari *power grid* dan generator :

1. *Power Grid*
 - MVA_{sc} : 180 MVA_{sc}
 - Tegangan : 6.6 kV
 - Frekuensi : 50 Hz
 - KVA : 1400 KVA
2. Generator
 - Merk : Jenbacher
 - Type : JGS620GS-N.L
 - Frequency : 50 Hz
 - Tegangan : 11 KV
 - Power : 3.349 kW
 - Power Factor : 1
 - Speed : 1500 Rpm

4.3 Kebutuhan Daya Listrik Pada *Container Crane*

Daya listrik yang dibutuhkan ketika *container crane* dalam keadaan beroperasi yaitu berasal dari jumlah tiap beban komponen listrik yang ada pada *container crane*. Beban-beban tersebut berasal dari motor listrik dan komponen elektrikal lainnya. Berikut merupakan perhitungan jumlah daya dari tiap-tiap beban pada *container crane*:

- Perhitungan beban motor listrik

Motor listrik menyumbang daya beban terbesar bagi kebutuhan operasional *container crane*. Terdapat 4 jenis motor utama yang berfungsi untuk mengoperasikan *container crane*, antara lain motor *hoist*, motor *trolley*, motor *boom*, dan motor *gantry*. Berikut pada table di bawah ini adalah spesifikasi dari motor-motor penggerak *container crane* milik PT. Terminal Teluk Lamong:

no	Peralatan	spesifikasi	Jumlah kW
1.	Motor <i>Hoist</i>	2 x 500 kW S3-ED	1000 kW
2.	Motor <i>Trolley</i>	110 kW S3-ED	110 kW
3.	Motor <i>Boom</i>	4 x 30 kW S3-ED	120 kW
4.	Motor <i>Gantry</i>	16 x 22 kW S3-ED	352 kW
Total			1582 kW

- Perhitungan beban pada komponen listrik

Selain motor utama penggerak *crane*, terdapat banyak komponen listrik yang mempengaruhi besarnya daya yang dibutuhkan pada saat *container crane* beroperasi. Adapun komponen-komponen listrik yang ada di *container crane* antara lain yaitu, *main hoist brake*, *boom brake*, *trolley brake*, *gantry rail brake*, *cooling fan*, *air conditioning*, *lighting*, *heater*, dan sebagainya.

4.4 *Single Line Diagram Container Crane*

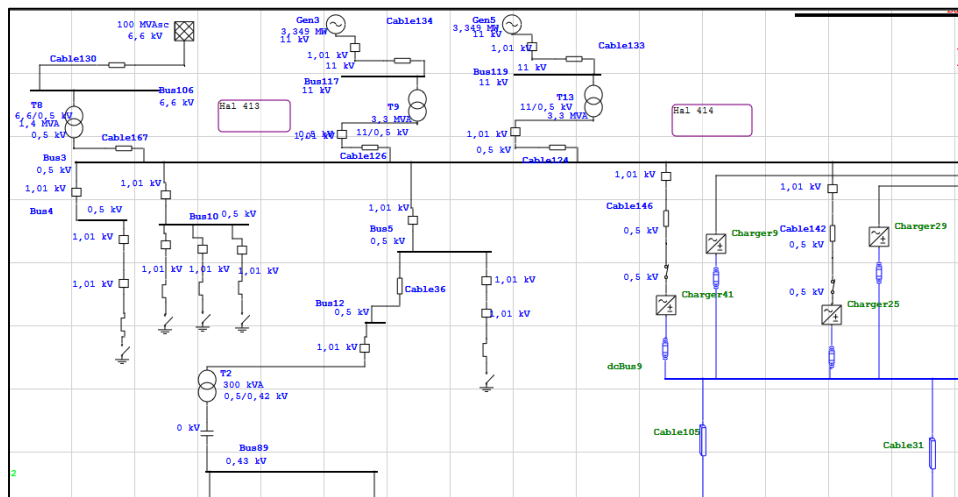
Single line diagram merupakan diagram satu garis yang menjelaskan alur persebaran arus listrik mulai dari pembangkitan sampai ke beban dalam suatu rangkaian kelistrikan. *Single line diagram* merupakan elemen penting untuk melakukan simulasi rangkaian dengan *software* ETAP 16.0. Pada *software* ETAP 16.0, penulis melakukan penggambaran ulang dari data *single line diagram crane* yang diberi oleh PT. Terminal Teluk Lamong. Penggambaran ulang ini dilakukan karena penulis akan menganalisis kestabilan transien pada sistem *container crane* menggunakan *software* ETAP 16.0. Simulasi yang dapat dilakukan di *software* ETAP antara lain *load flow analysis*, *transient stability analysis*, *short circuit analysis*, *harmonic analysis*, dan *motor starting analysis*. Pada tugas akhir ini, penulis akan melakukan simulasi *transient stability analysis* guna mengetahui kestabilan transien pada sistem *container crane* dengan membandingkan dari 2 suplai, yaitu PLN & generator dan PV. Berikut merupakan potongan-potongan

gambar dari hasil penggambaran ulang *Single Line Diagram* di ETAP oleh penulis dan gambar di bawah ini merupakan urutan dari potongan-potongan gambar *single line diagram* di ETAP.

1	2	
3	4	5
6	7	8
9	10	

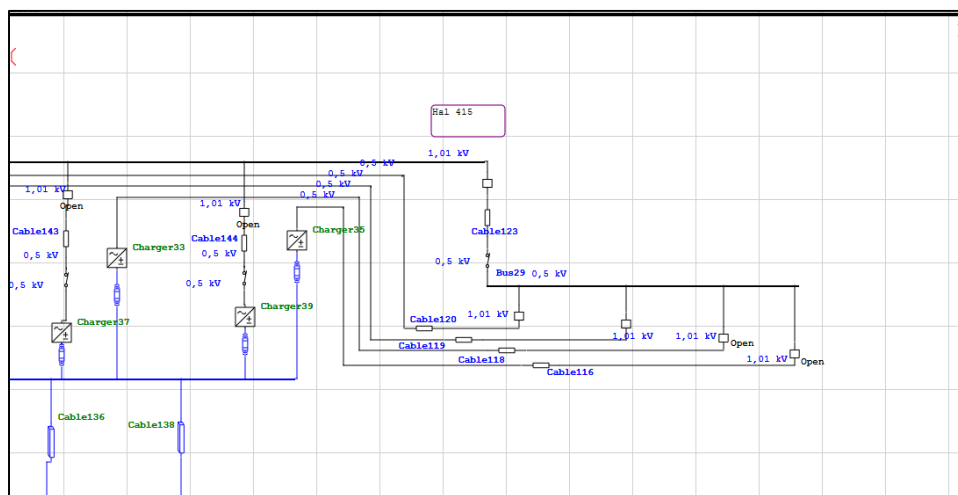
Gambar 4. 2 Urutan potongan-potongan gambar dari ETAP

Sumber : Dokumen Pribadi



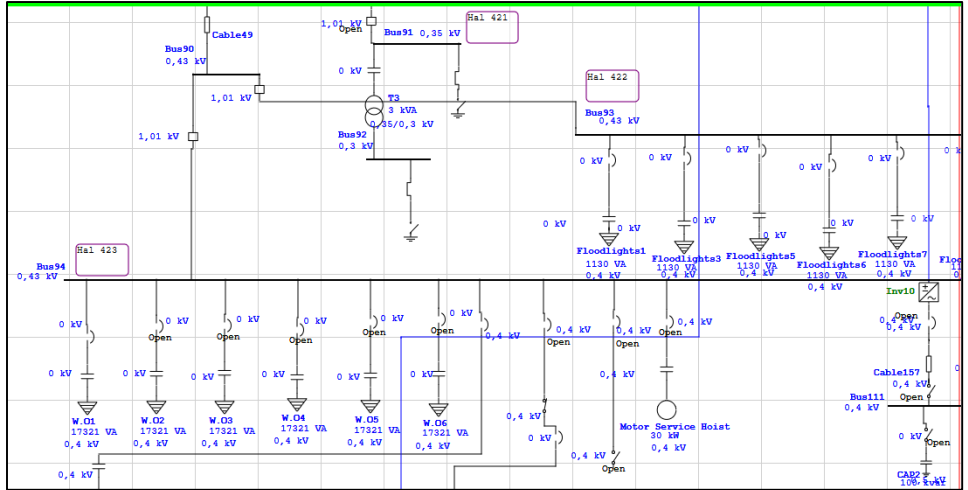
Gambar 4. 3 *Single Line Diagram* di ETAP bagian 1

Sumber : Dokumen Pribadi

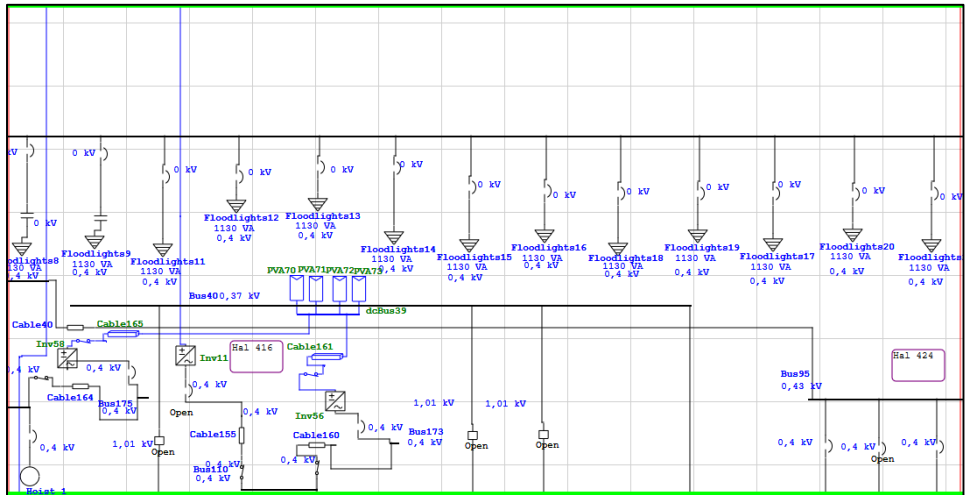


Gambar 4. 4 *Single Line Diagram* di ETAP bagian 2

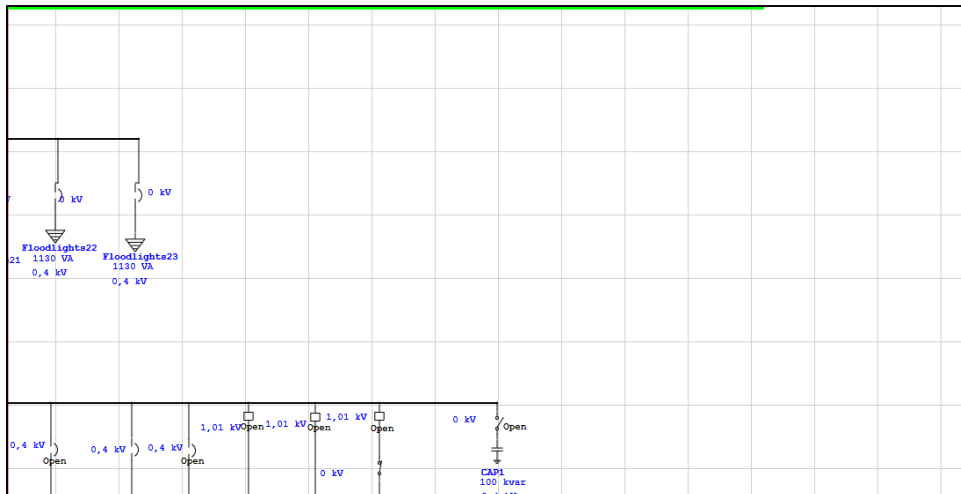
Sumber : Dokumentasi Pribadi



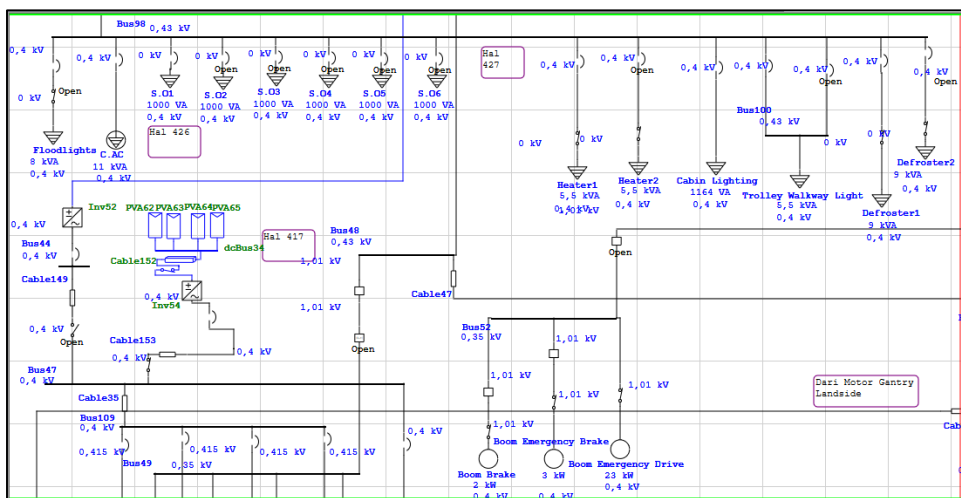
Gambar 4. 5 Single Line Diagram di ETAP bagian 3
 Sumber : Dokumen Pribadi



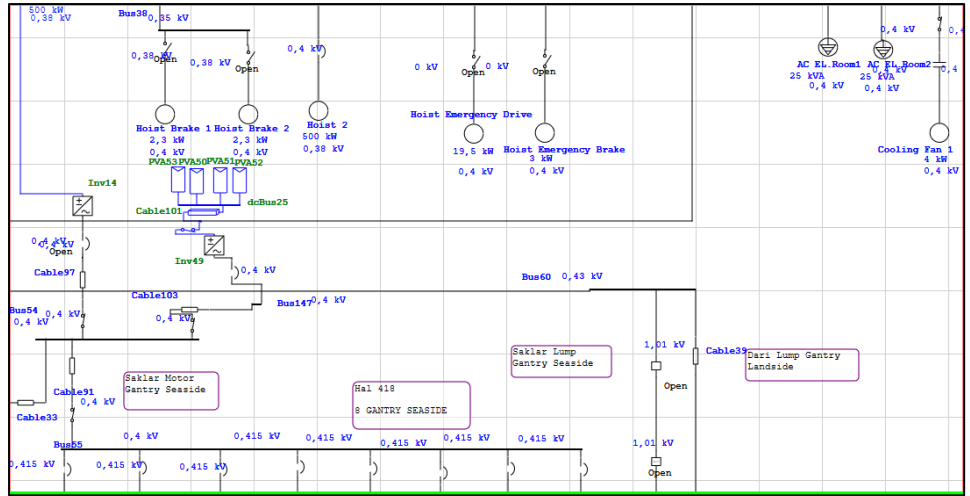
Gambar 4. 6 Single Line Diagram di ETAP bagian 4
 Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 4. 7 Single Line Diagram di ETAP bagian 5
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

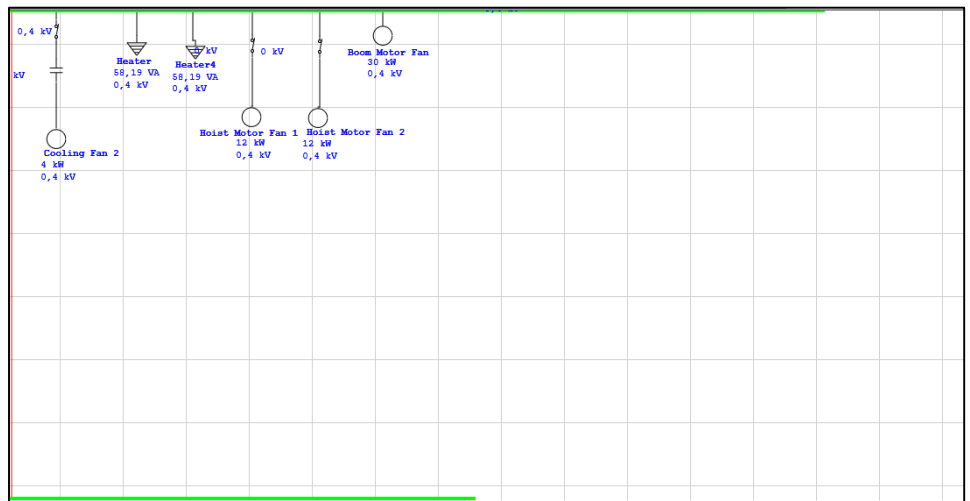


Gambar 4. 8 Single Line Diagram di ETAP bagian 6
 Sumber : Dokumen Pribadi



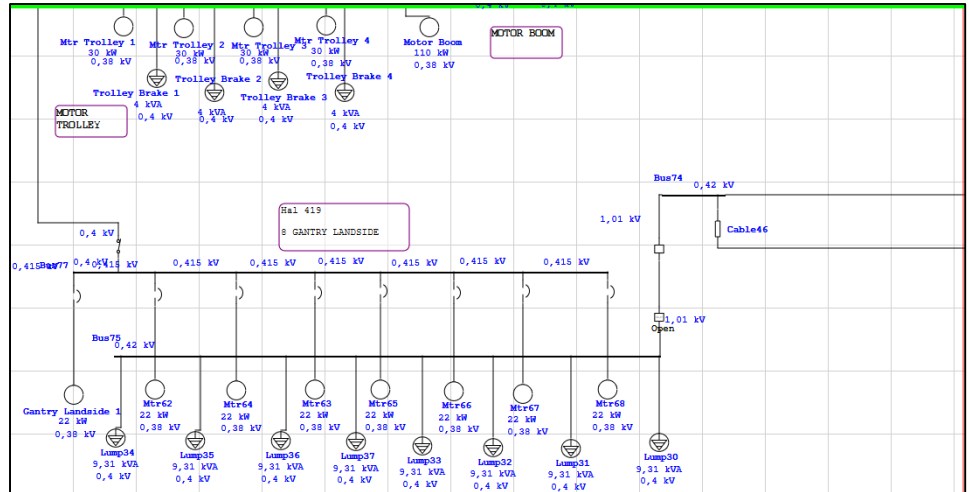
Gambar 4. 9 *Single Line Diagram* di ETAP bagian 7

Sumber : Dokumen Pribadi



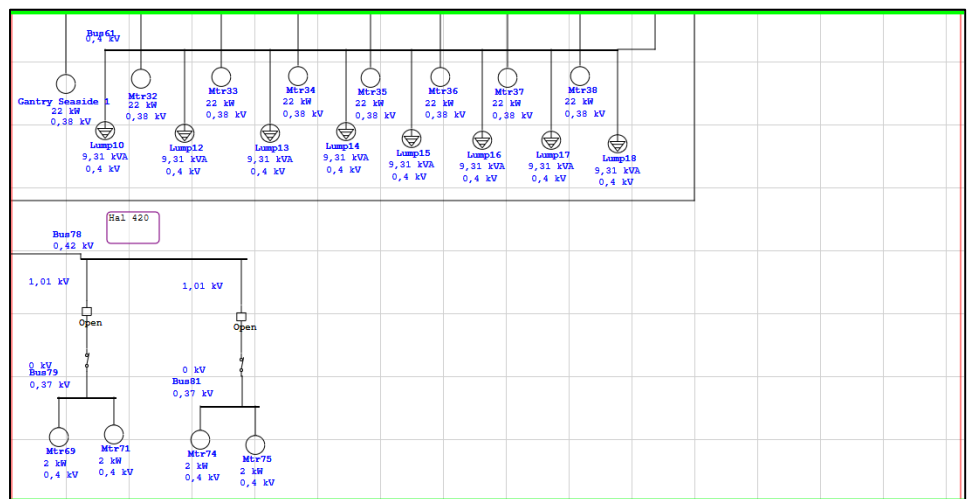
Gambar 4. 10 *Single Line Diagram* di ETAP bagian 8

Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 4. 11 Single Line Diagram di ETAP bagian 9

Sumber : Dokumen Pribadi



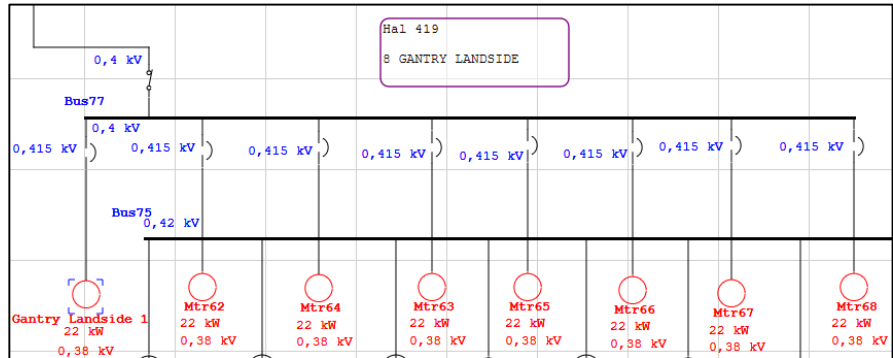
Gambar 4. 12 Single Line Diagram di ETAP bagian 10

Sumber : Dokumen Pribadi.

4.5 Perencanaan Skenario Dan Studi Kasus Simulasi Kestabilan Transien

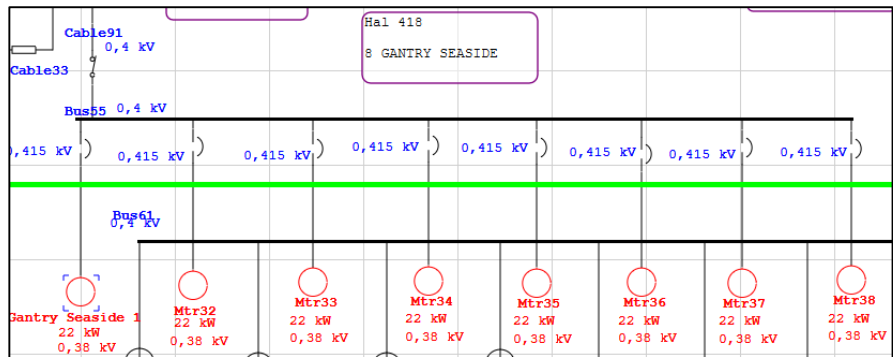
Beberapa skenario dibuat untuk menganalisis kestabilan transien pada sistem kelistrikan *container crane*. Skenario dibuat berdasarkan kemungkinan pola pengoperasian *container crane* pada saat di lapangan. Nantinya, beberapa skenario tersebut akan di analisis dan dibandingkan kestabilan transiennya ketika menggunakan suplai daya dari generator dan suplai daya dari PV. Terdapat 5 skenario yang dibuat yaitu:

- a. Motor *Gantry* beroperasi
 Motor *gantry* berfungsi untuk menggerakkan *container crane* lurus ke depan dan ke belakang



Gambar 4. 13 Tampilan motor *gantry landside* pada ETAP

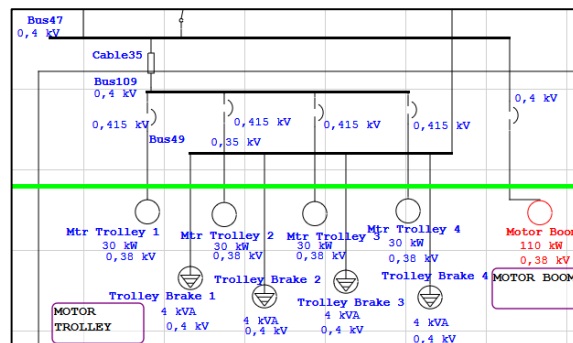
Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 4. 14 Tampilan motor *gantry seaside* pada ETAP

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b. Motor *Boom* beroperasi
 Motor *boom* berfungsi untuk memperpanjang jangkauan *crane* pada saat proses *loading-unloading*.

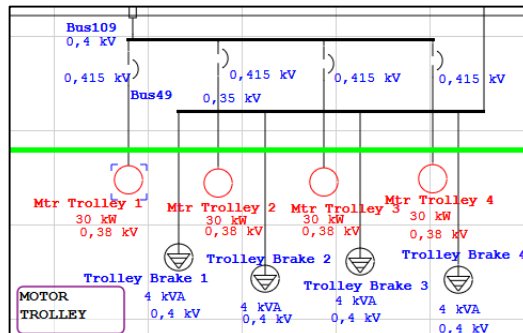


Gambar 4. 15 Tampilan motor *boom* pada ETAP

Sumber: Dokumentasi Pribadi

c. Motor *Trolley* beroperasi

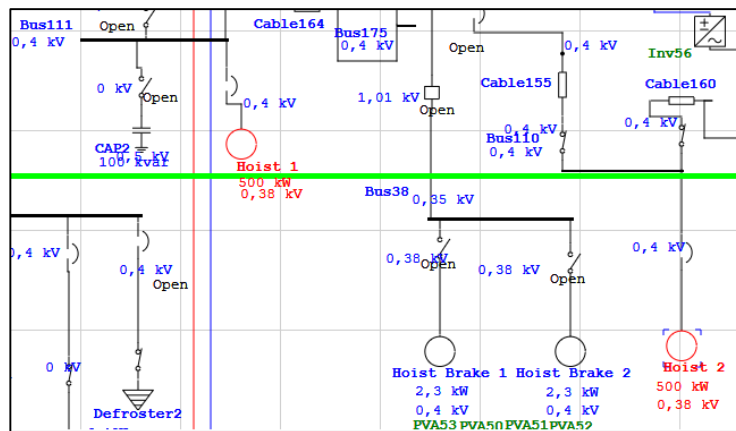
Motor *trolley* berfungsi untuk menggerakkan *spreader* ke atas dan ke bawah, maupun ke depan dan ke belakang.



Gambar 4. 16 Tampilan motor *trolley* pada ETAP
Sumber: Dokumen Pribadi

d. Motor *Hoist* beroperasi

Motor *hoist* berfungsi untuk mengangkat ataupun menurunkan peti kemas



Gambar 4. 17 Tampilan motor *hoist* pada ETAP
Sumber: Dokumen Pribadi.

e. Motor *Hoist* dan Motor *Trolley* beroperasi

Skenario ini dibuat karena pada saat pengoperasian *crane* di lapangan, gerakan mengangkat peti kemas dan menggerakkan peti kemas ke depan ataupun belakang sering kali terjadi dilakukan secara bersamaan.

Perencanaan studi kasus juga dilakukan untuk menguji kestabilan transien pada sistem kelistrikan *container crane*. Studi kasus yang dilakukan yaitu memberi gangguan pada busbar utama dan busbar yang terdekat dengan motor yang sedang bekerja. Gangguan yang diberikan di busbar yaitu *3-phase fault*. Gangguan tersebut dimulai dari detik ke-1 hingga detik 1.15. Setelah itu akan dilakukan analisis pada sistem apakah sistem dapat kembali stabil seperti sebelum terjadi gangguan atau tidak sesuai dengan aturan-aturan yang telah ditentukan.

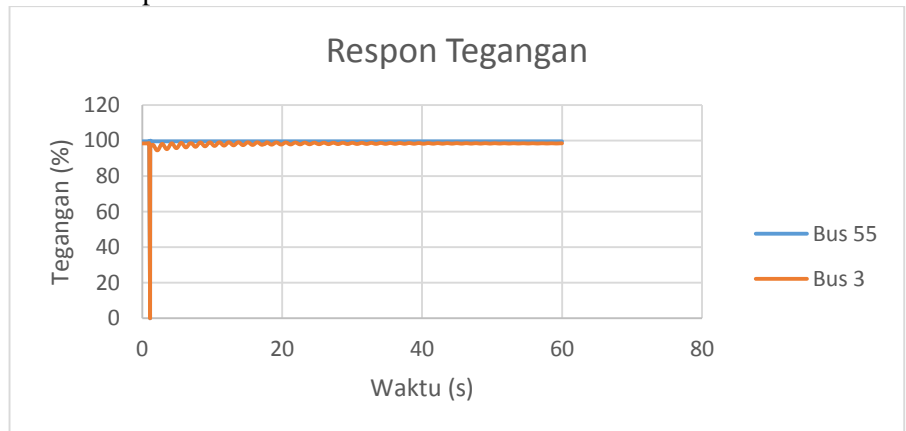
4.6 Analisis Hasil Simulasi Tiap Skenario

Setelah melakukan simulasi *transient stability analysis*, akan didapatkan grafik yang menunjukkan kestabilan sistem. Simulasi dilakukan 2 kali dengan menggunakan suplai daya dari PLN & generator dan PV. Selanjutnya, akan dilakukan perbandingan hasil kestabilan sistem antara suplai daya dari PLN & generator dan dari PV dengan melakukan simulasi *transient stability analysis*.

4.6.1 Hasil Simulasi Dari Suplai PLN & Generator

1. Skenario Motor *Gantry* Beroperasi

Pada skenario pertama ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *gantry* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *gantry* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar utama (busbar 3) dan busbar terdekat dari motor *gantry* (busbar 55). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.



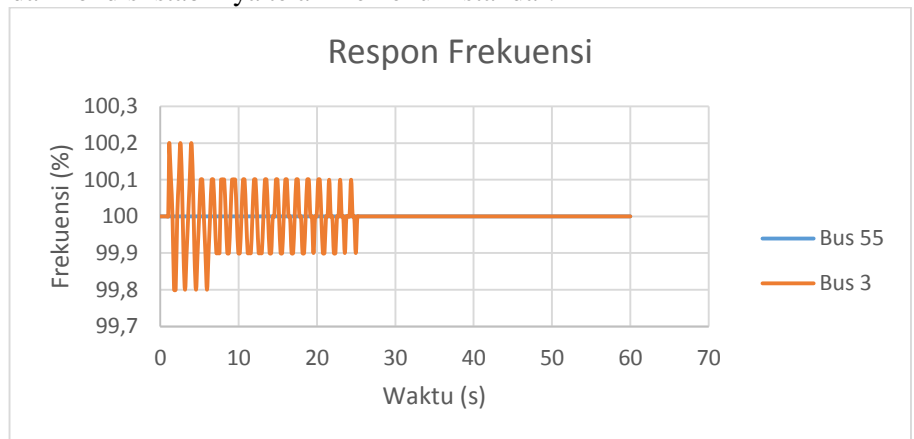
Grafik 4. 1 Respon Tegangan Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

Pada grafik 4.1, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 55/busbar yang terdekat dengan motor *gantry*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.53%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik sebesar 99.77% dan setelah itu turun kembali ke 99.53%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.53%.

Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal tidak berada di kondisi 100%, namun pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.01% dan terendah yaitu sebesar 94.42%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan berhasil hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4. 2 Respon Frekuensi Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

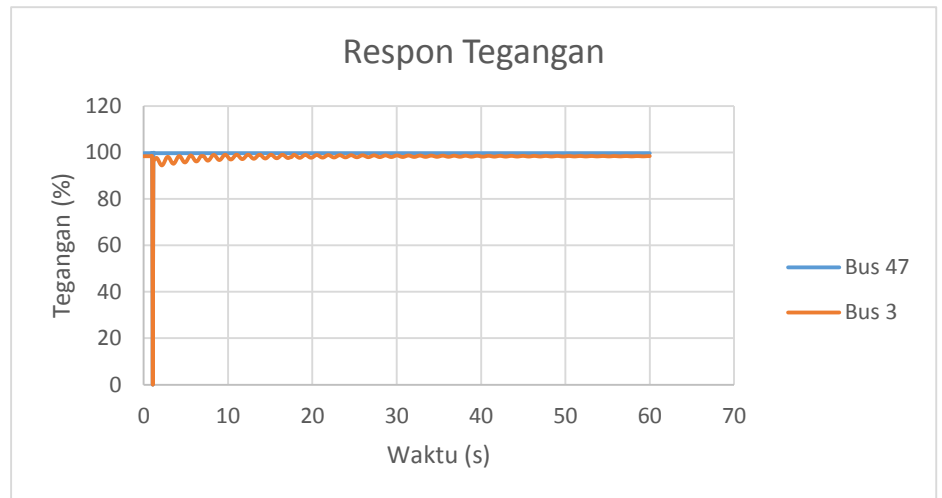
Pada grafik 4.2, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 55 tersebut dan frekuensinya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan 3 *phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100.2% dan terendah sekitar 99.8%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

2. Skenario Motor *Boom* Beroperasi

Pada skenario kedua ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *boom* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *boom* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya,

studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar utama (busbar 3) dan busbar terdekat dari motor *boom* (busbar 47). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.



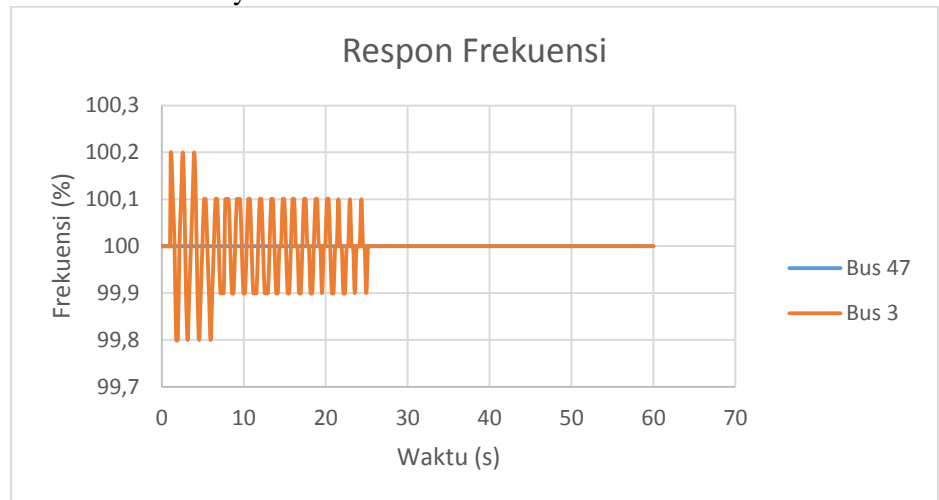
Grafik 4. 3 Respon Tegangan Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

Pada grafik 4.3, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 47/busbar yang terdekat dengan motor *boom*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.66%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik sebesar 99.72% dan setelah itu turun kembali ke 99.66%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.66%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal tidak berada di kondisi 100%, namun pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.01% dan terendah yaitu sebesar 94.42%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan beresilasi hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan

berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4. 4 Respon Frekuensi Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan suplai PLN dan Generator.

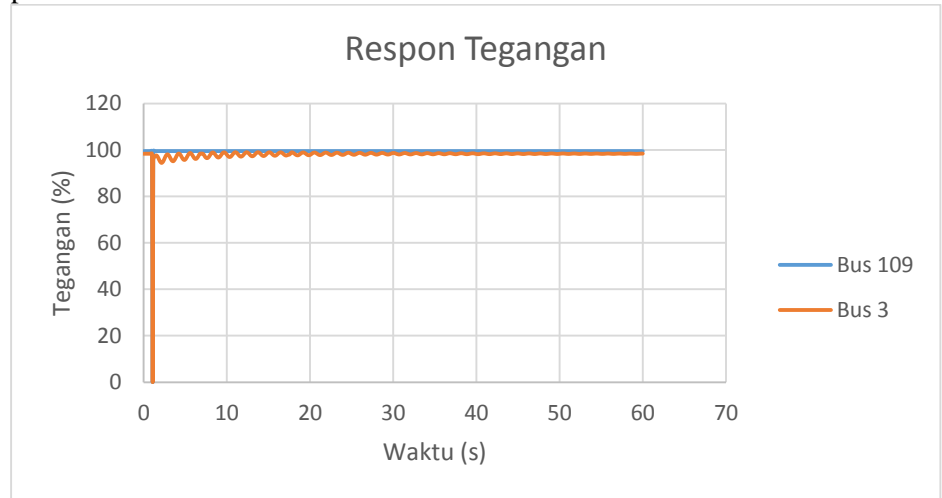
Pada grafik 4.4, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *boom*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *boom*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 47 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan 3 *phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100.2% dan terendah sekitar 99.8%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

3. Skenario Motor *Trolley* Beroperasi

Pada skenario ketiga ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *trolley* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *trolley* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar utama (busbar 3) dan busbar terdekat dari motor *trolley* (busbar 109). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu

akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.

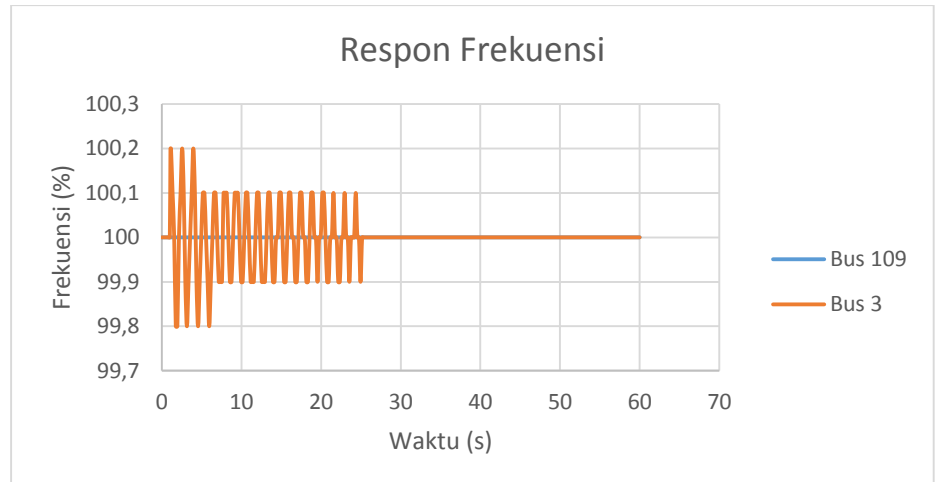


Grafik 4. 5 Respon Tegangan Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

Pada grafik 4.5, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 109/busbar yang terdekat dengan motor *trolley*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.5%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik sebesar 99.6% dan setelah itu turun kembali ke 99.5%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.5%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal tidak berada di kondisi 100%, namun pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.01% dan terendah yaitu sebesar 94.42%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan beresilasi hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan berada di angka 98% -99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



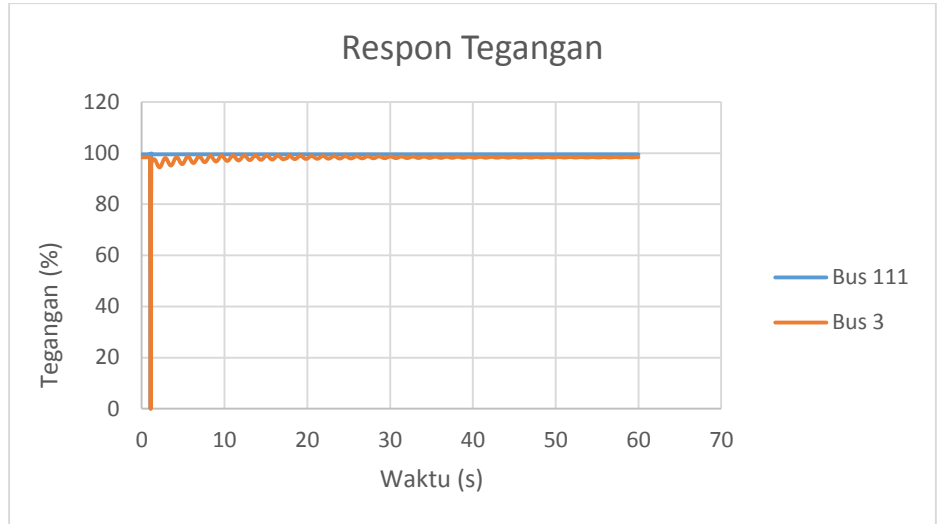
Grafik 4. 6 Respon Frekuensi Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

Pada grafik 4.6, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 109 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan 3 *phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100.2% dan terendah sekitar 99.8%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

4. Skenario Motor *Hoist* Beroperasi

Pada skenario keempat ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *hoist* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *hoist* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar utama (busbar 3) dan busbar terdekat dari motor *hoist* (busbar 111). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.

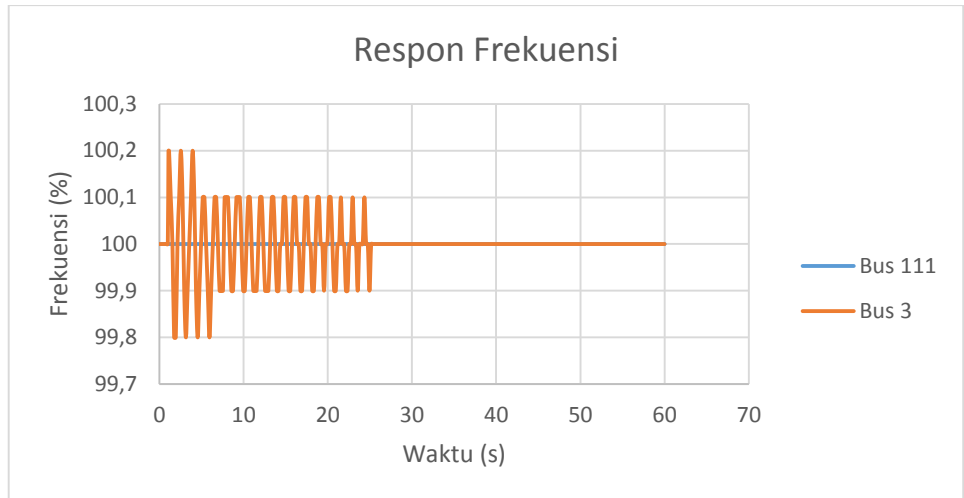


Grafik 4. 7 Respon Tegangan Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

Pada grafik 4.7, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 111/busbar yang terdekat dengan motor *hoist*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.53%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik sebesar 99.78% dan setelah itu turun kembali ke 99.53%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.53%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal tidak berada di kondisi 100%, namun pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.01% dan terendah yaitu sebesar 94.42%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan beresilasi hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



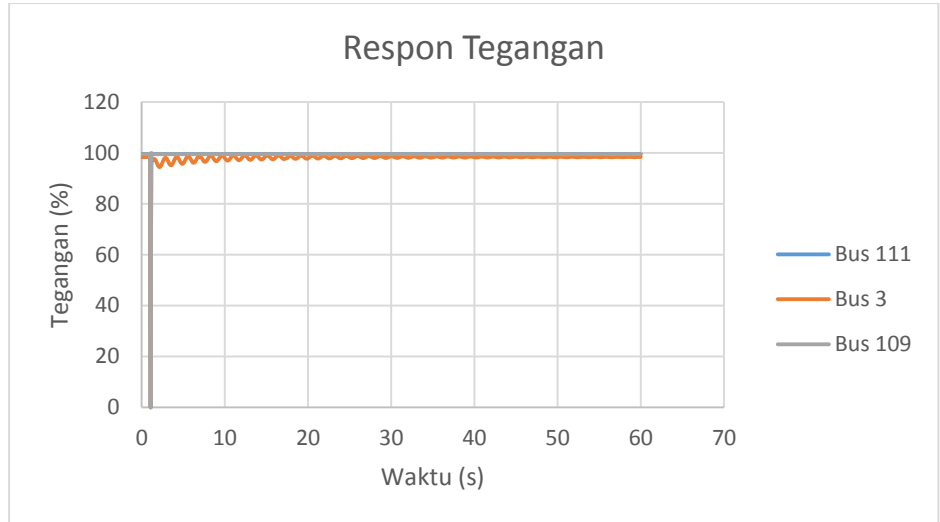
Grafik 4. 8 Respon Frekuensi Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

Pada grafik 4.8, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak terpengaruh oleh gangguan *3 phase fault* yang diberikan di busbar 111 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan *3 phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100.2% dan terendah sekitar 99.8%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

5. Skenario Motor *Hoist* dan Motor *Trolley* Beroperasi

Pada skenario kelima ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *hoist* dan motor *trolley* yang beroperasi. *Switch* dari motor *hoist* dan motor *trolley* akan ditutup, dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar utama (busbar 3) dan busbar terdekat dari motor *hoist* (busbar 111) dan motor *trolley* (busbar 109). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa *3 phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.



Grafik 4. 9 Respon Tegangan Skenario Motor *Hoist* dan Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

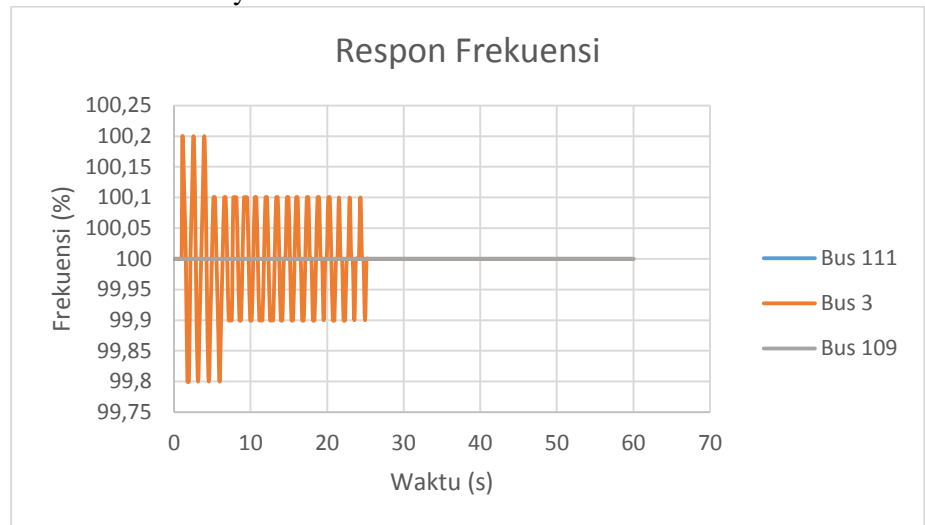
Pada grafik 4.9, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111, busbar 3, dan busbar 109) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 111/busbar yang terdekat dengan motor *hoist*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.53%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik sebesar 99.78% dan setelah itu turun kembali ke 99.53%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.53%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Dapat dilihat busbar 109/busbar yang terdekat dengan motor *trolley*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.5%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik sebesar 99.6% dan setelah itu turun kembali ke 99.5%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.5%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal tidak berada di kondisi 100%, namun pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.01% dan terendah yaitu sebesar 94.42%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan berosilasi hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan

berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4. 10 Respon Frekuensi Skenario Motor *Hoist* dan Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

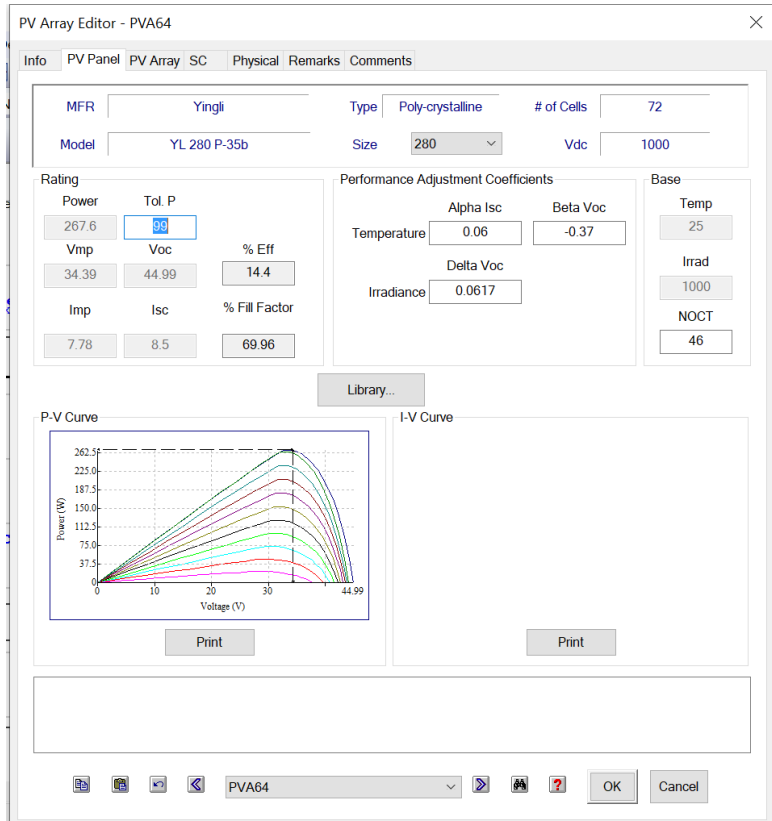
Pada grafik 4.10, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109 dan busbar 111) selama 0.15 detik. Kondisi kedua busbar tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) dan busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di kedua busbar tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan 3 *phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100.2% dan terendah sekitar 99.8%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

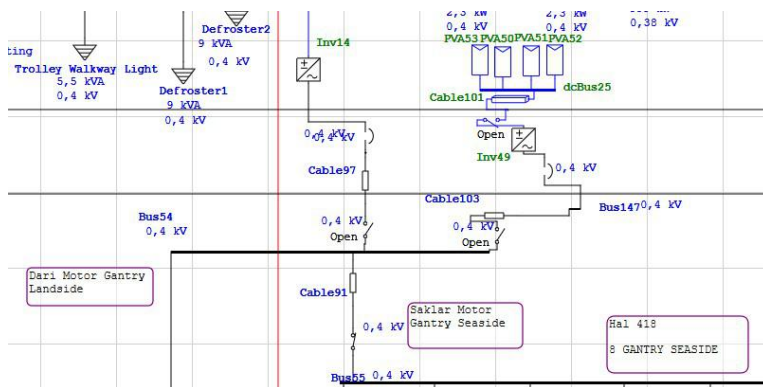
4.6.2 Hasil Simulasi Dari PV

Pada simulasi kali ini, PV panel hanya akan menyuplai motor-motor penggerak utama yaitu, motor *gantry*, motor *hoist*, motor *boom*, dan motor *trolley*. PV panel dipasang di tiap-tiap busbar yang terdekat dengan motor-motor penggerak utama, dan dipasang sebanyak 4 PV *Array* dimana dalam 1 PV *Array* terdapat sebanyak 4 PV panel. Jadi total PV panel yang terpasang yaitu sebanyak 48 panel. Sedangkan PLN akan mem-*back up*

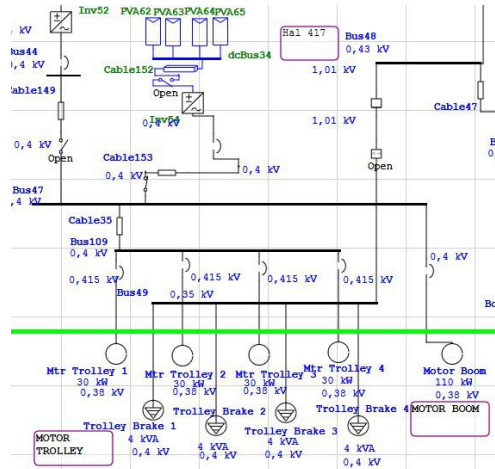
PV, serta akan menyuplai untuk kebutuhan sumber listrik bagi peralatan listrik selain motor-motor penggerak utama.



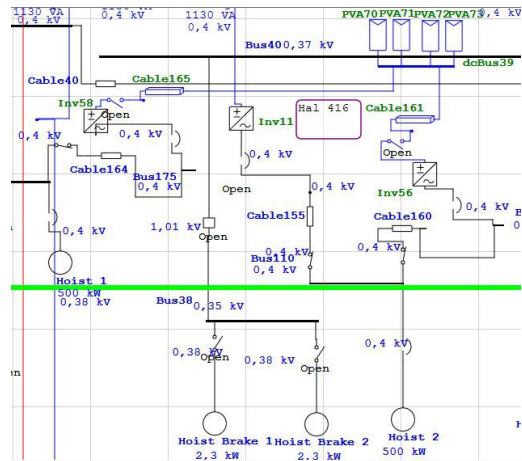
Gambar 4. 18 Tampilan spesifikasi PV Panel di ETAP
 Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 4. 19 Tampilan letak PV untuk motor gantry di ETAP
 Sumber : Dokumen Pribadi



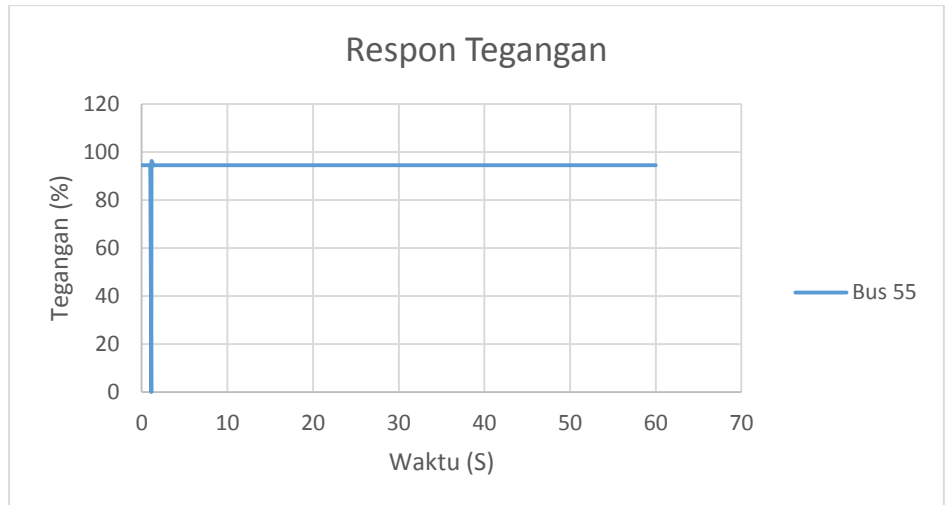
Gambar 4. 20 Tampilan letak PV untuk motor *trolley* dan *boom* di ETAP
Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 4. 21 Tampilan letak PV untuk motor *hoist* di ETAP
Sumber : Dokumen Pribadi

1. Skenario Motor *Gantry* Beroperasi

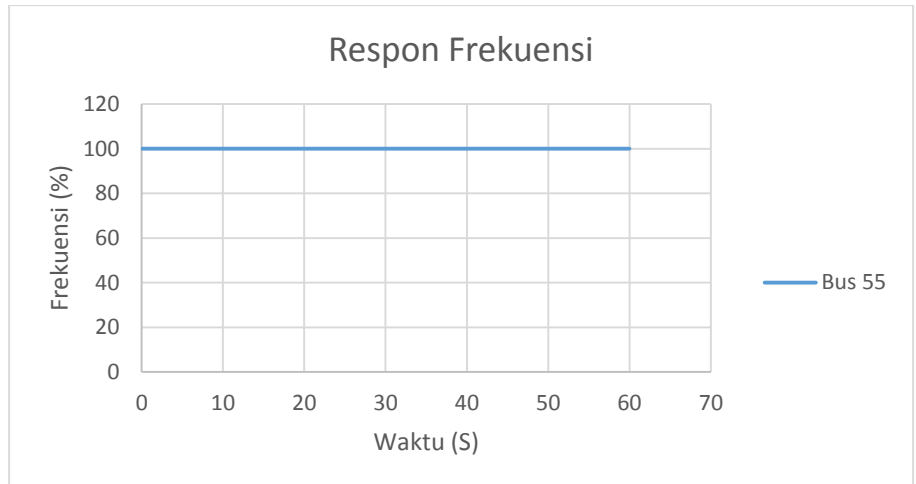
Pada skenario pertama ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *gantry* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *gantry* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar terdekat dari motor *gantry* (busbar 55). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.



Grafik 4. 11 Respon Tegangan Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.11, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 55/busbar yang terdekat dengan motor *gantry*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 100% melainkan hanya 94.5%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik menjadi 96.1% dan selanjutnya tegangannya kembali di angka 94.5%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

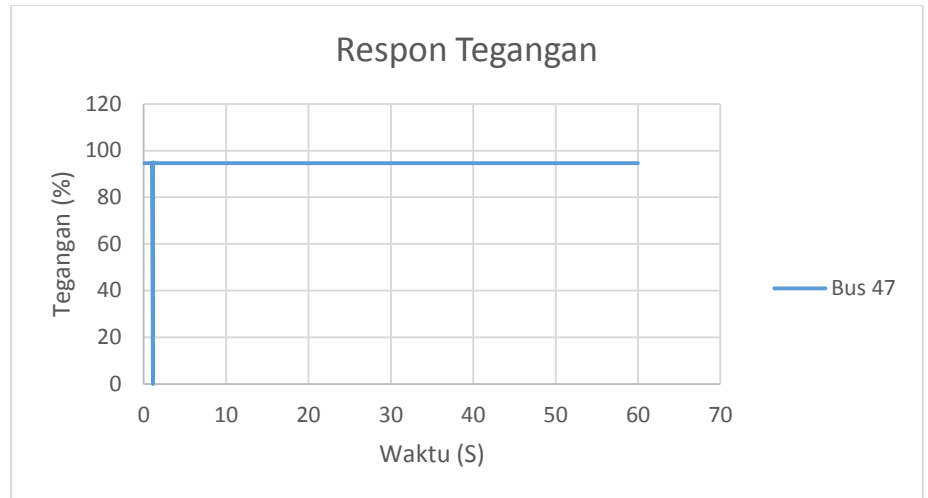


Grafik 4. 12 Respon Frekuensi Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.12, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 55 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

2. Skenario Motor *Boom* Beroperasi

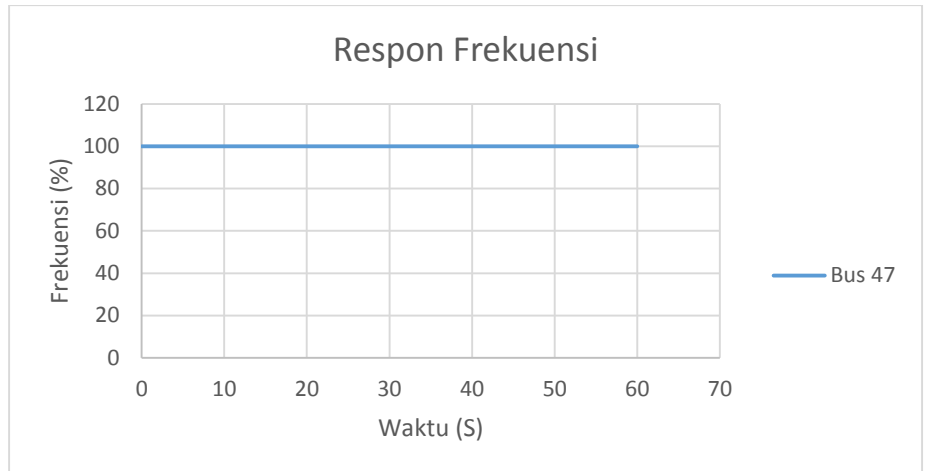
Pada skenario kedua ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *boom* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *boom* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar terdekat dari motor *boom* (busbar 47). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.



Grafik 4. 13 Respon Tegangan Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator.

Pada grafik 4.13, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 47/busbar yang terdekat dengan motor *boom*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 100% melainkan hanya 94.64%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik menjadi 94.86% dan selanjutnya tegangannya kembali di angka 94.64%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

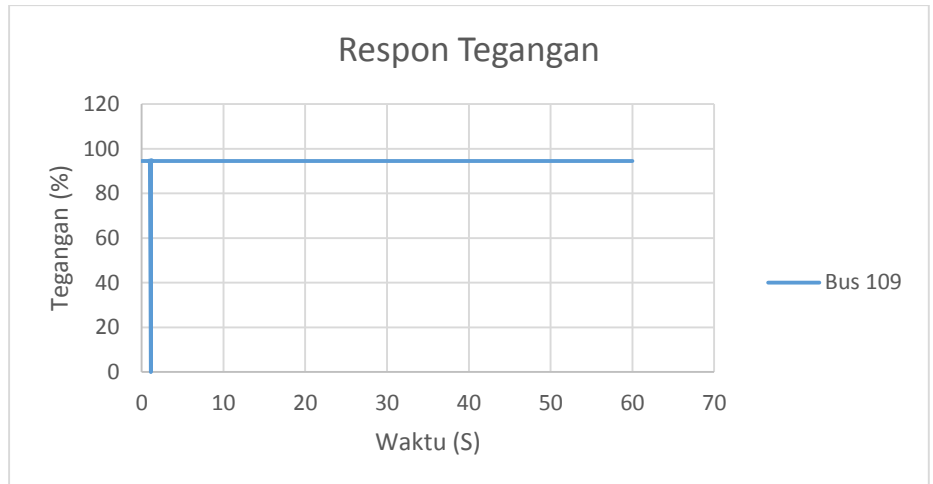


Grafik 4. 14 Respon Frekuensi Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.14, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *boom*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *boom*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 47 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

3. Skenario Motor *Trolley* Beroperasi

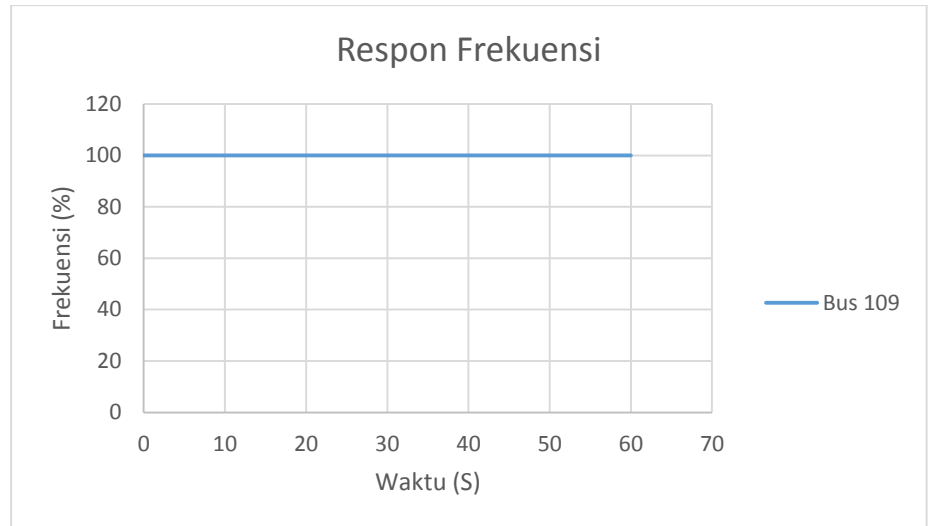
Pada skenario ketiga ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *trolley* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *trolley* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar terdekat dari motor *trolley* (busbar 109). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.



Grafik 4. 15 Respon Tegangan Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.15, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 109/busbar yang terdekat dengan motor *trolley*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 100% melainkan hanya 94.48%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik menjadi 94.74% dan selanjutnya tegangannya kembali di angka 94.48%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

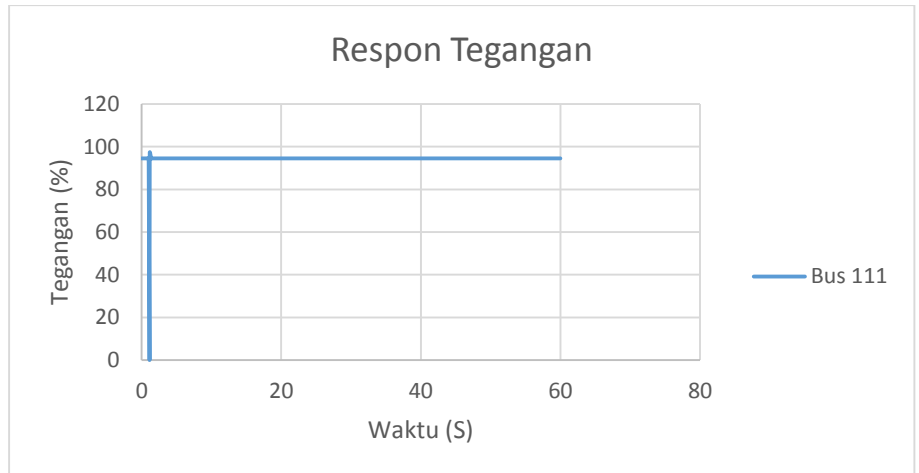


Grafik 4. 16 Respon Frekuensi Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.16, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 109 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

4. Skenario Motor *Hoist* Beroperasi

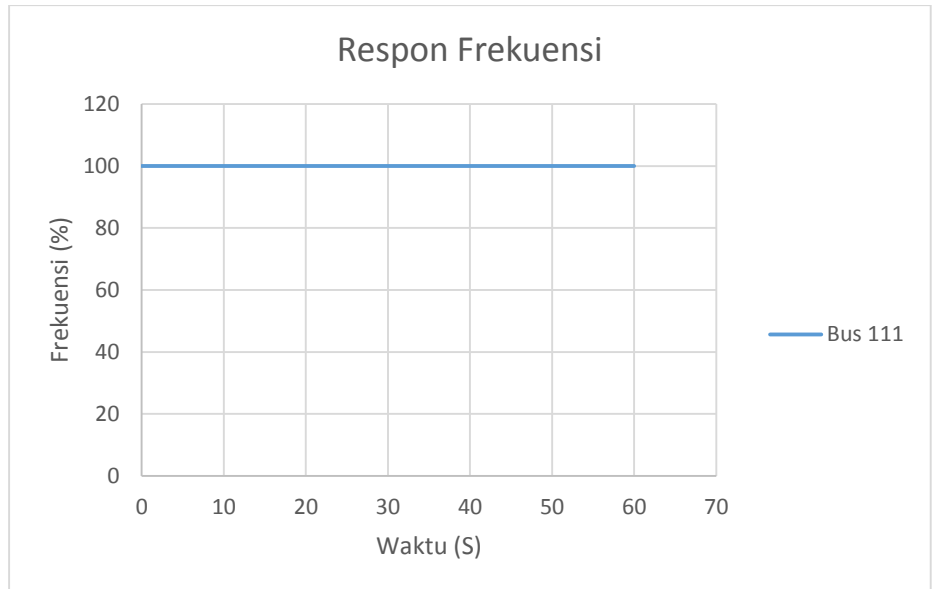
Pada skenario keempat ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *hoist* saja yang beroperasi. *Switch* dari motor *hoist* akan ditutup dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar terdekat dari motor *hoist* (busbar 111). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.



Grafik 4. 17 Respon Tegangan Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.17, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 111/busbar yang terdekat dengan motor *hoist*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 100% melainkan hanya 94.51%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik menjadi 97.18% dan selanjutnya tegangannya kembali di angka 94.51%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

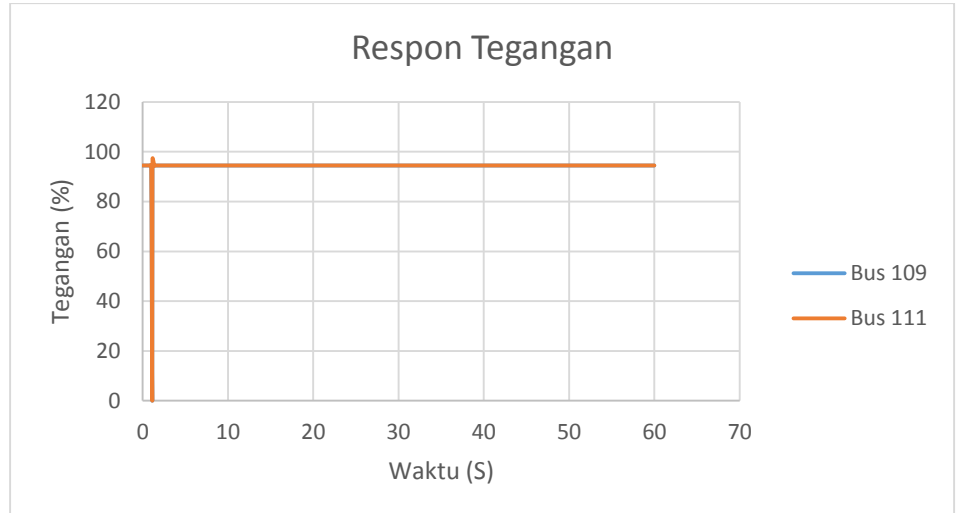


Grafik 4. 18 Respon Frekuensi Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.18, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111 dan busbar 3) selama 0.15 detik. Kondisi busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 111 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

5. Skenario Motor *Hoist* dan Motor *Trolley* Beroperasi

Pada skenario kelima ini, sistem kelistrikan akan dikondisikan untuk motor *hoist* dan motor *trolley* yang beroperasi. *Switch* dari motor *hoist* dan motor *trolley* akan ditutup, dan motor-motor penggerak lainnya akan dibuka. Selanjutnya, studi kasus yang akan dibuat yaitu membuat gangguan pada busbar terdekat dari motor *hoist* (busbar 111) dan motor *trolley* (busbar 109). Gangguan yang dibuat pada busbar yaitu berupa 3 *phase fault* selama 0.15 detik, dimulai dari detik ke 1 hingga detik ke 1.15. Percobaan simulasi kestabilan sistem diuji selama 60 detik. Setelah itu akan didapatkan hasil grafik mengenai kestabilan sistem kelistrikan pada *container crane*.

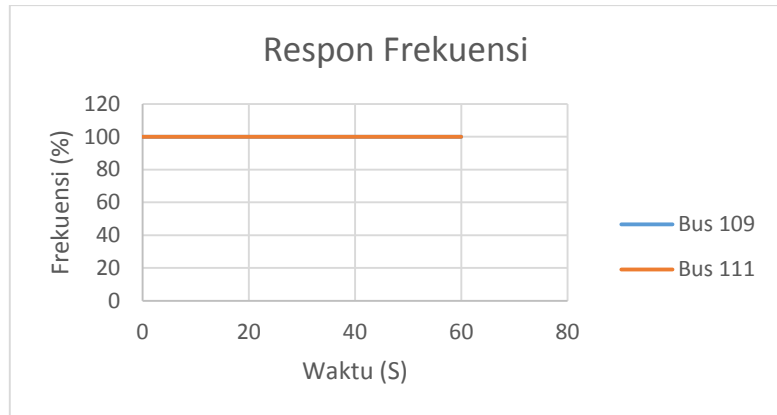


Grafik 4. 19 Respon Tegangan Skenario Motor *Hoist* dan Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.19, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111 dan busbar 109) selama 0.15 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 111/busbar yang terdekat dengan motor *hoist*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 100% melainkan hanya 94.51%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik menjadi 97.18% dan selanjutnya tegangannya kembali di angka 94.51%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Dapat dilihat busbar 109/busbar yang terdekat dengan motor *trolley*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 100% melainkan hanya 94.48%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.15 (setelah gangguan hilang), tegangannya naik menjadi 94.74% dan selanjutnya tegangannya kembali di angka 94.48%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4. 20 Respon Frekuensi Skenario Motor *Hoist* dan Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan PV.

Pada grafik 4.20, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109 dan busbar 111) selama 0.15 detik. Kondisi kedua busbar tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) dan busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak terpengaruh oleh gangguan *3 phase fault* yang diberikan di kedua busbar tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

4.6.3 Perbandingan Hasil Simulasi Dari Suplai Generator + PLN dan PV

Hasil Simulasi Analisis Kestabilan Transien				
Skenario	Genrator + PLN		PV	
	%V	%Hz	%V	%Hz
Gantry (Busbar 55)	99.53	100	94.5	100
Boom (Busbar 47)	99.6	100	94.64	100
Trolley (Busbar 109)	99.5	100	94.48	100
Hoist (Busbar 111)	99.53	100	94.51	100

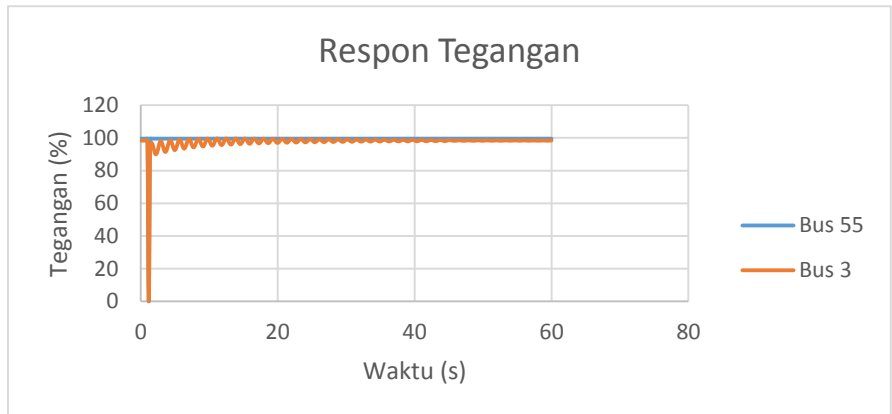
Tabel 4.1. Perbandingan hasil Simulasi dari Suplai Generator + PLN dan PV.

4.6.4. Simulasi Dengan Gangguan Lebih Dari 0.15 Detik

Simulasi analisis kestabilan transien dilakukan dengan memberikan gangguan berupa hubungan singkat selama 0.3 detik. Gangguan hubungan singkat diberikan pada busbar di dekat motor penggerak dan busbar utama. Gangguan diberikan di detik ke 1 hingga 1.3.

1. Suplai dari Generator + PLN

a. Skenario Motor Gantry



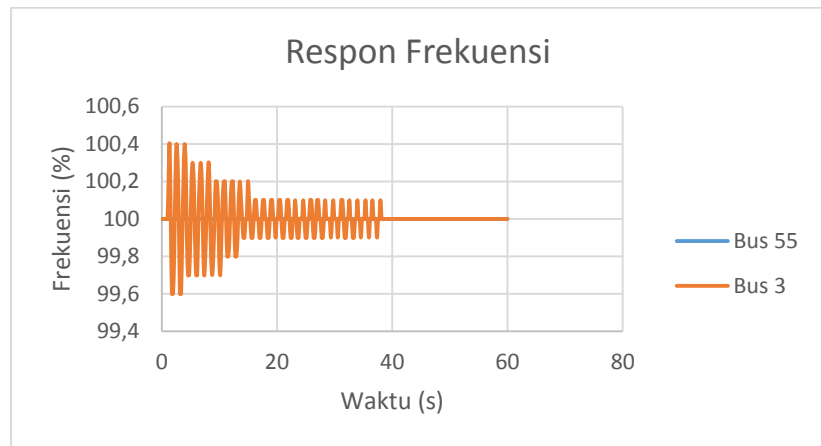
Grafik 4. 21 Respon Tegangan Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik.

Pada grafik 4.21, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 55/busbar yang terdekat dengan motor *gantry*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.53%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali ke 99.53%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.53%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal beroperasi pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.65% dan terendah yaitu sebesar 90.04%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan berosilasi hingga

menuju keadaan steady state/stabil dengan berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

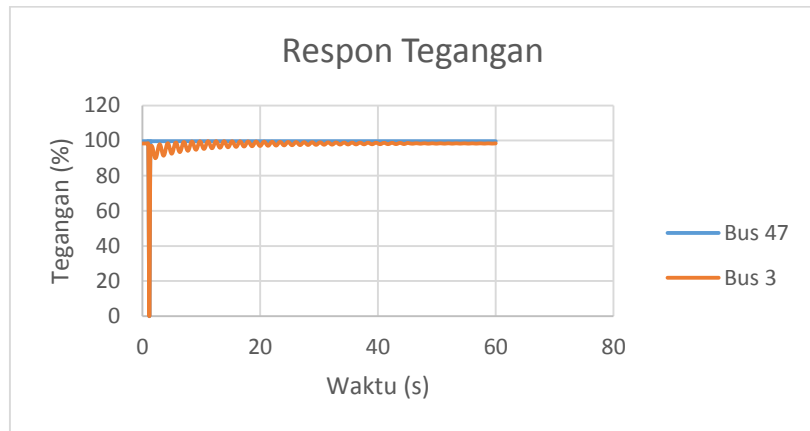


Grafik 4. 22 Respon Frekuensi Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik.

Pada grafik 4.22, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak terpengaruh oleh gangguan *3 phase fault* yang diberikan di busbar 55 tersebut dan frekuensinya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan *3 phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100.4% dan terendah sekitar 99.6%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

b. Skenario Motor *Boom*

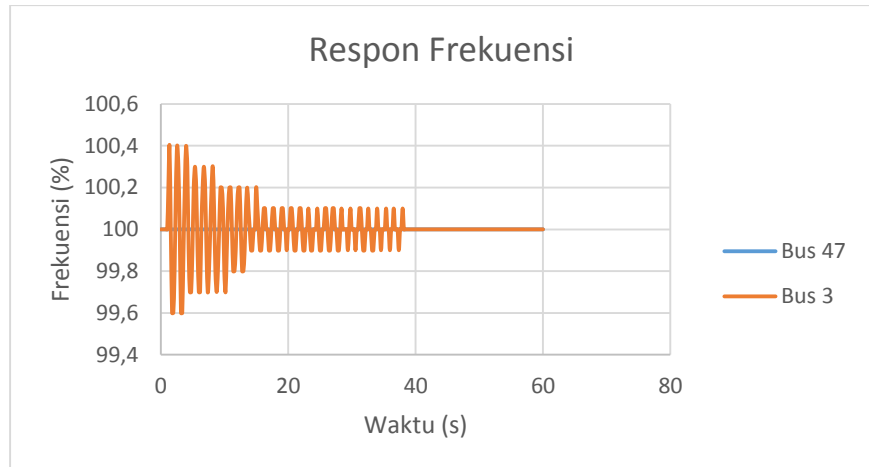


Grafik 4. 23 Respon Tegangan Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik.

Pada grafik 4.23, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 47/busbar yang terdekat dengan motor *boom*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.66%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali ke 99.66%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.66%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal beroperasi pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.65% dan terendah yaitu sebesar 90.04%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan beresilasi hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

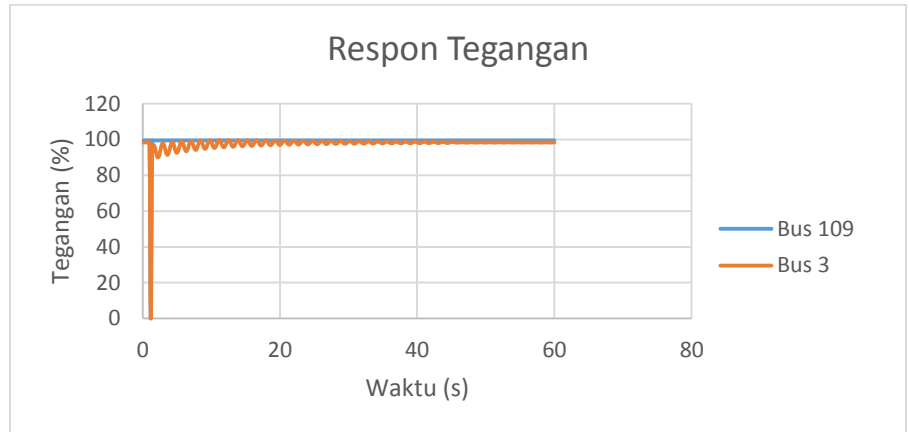


Grafik 4. 24 Respon Frekuensi Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik.

Pada grafik 4.24, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *boom*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 47 tersebut dan frekuensinya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan 3 *phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100,4% dan terendah sekitar 99,6%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

c. Skenario Motor *Trolley*

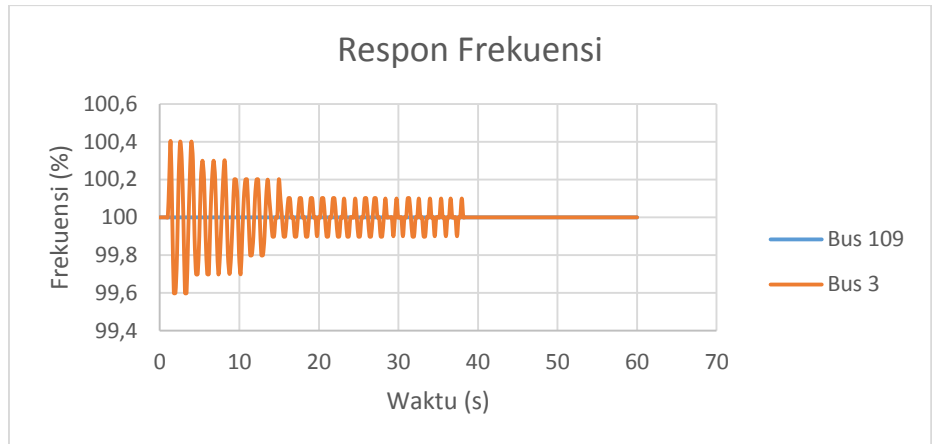


Grafik 4. 25 Respon Tegangan Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.25, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 109/busbar yang terdekat dengan motor *trolley*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.5%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali ke 99.5%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.5%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal beroperasi pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.65% dan terendah yaitu sebesar 90.04%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan berosilasi hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

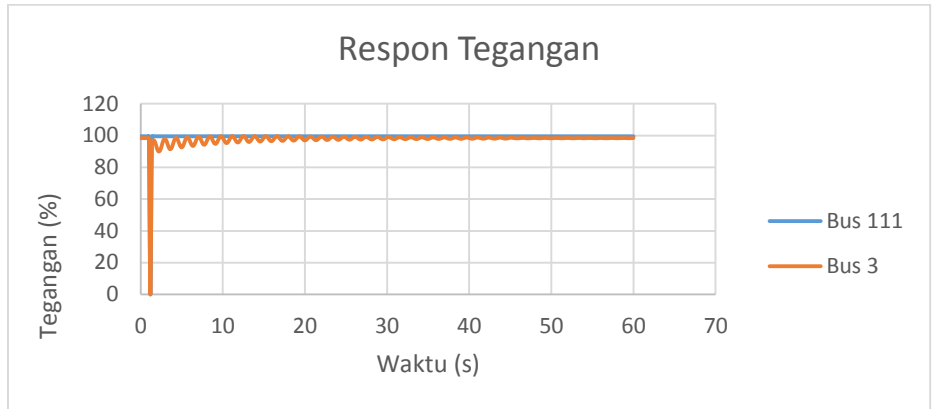


Grafik 4. 26 . Respon Frekuensi Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.26, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak terpengaruh oleh gangguan *3 phase fault* yang diberikan di busbar 109 tersebut dan frekuensinya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan *3 phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100,4% dan terendah sekitar 99,6%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

d. Skenario Motor *Hoist*

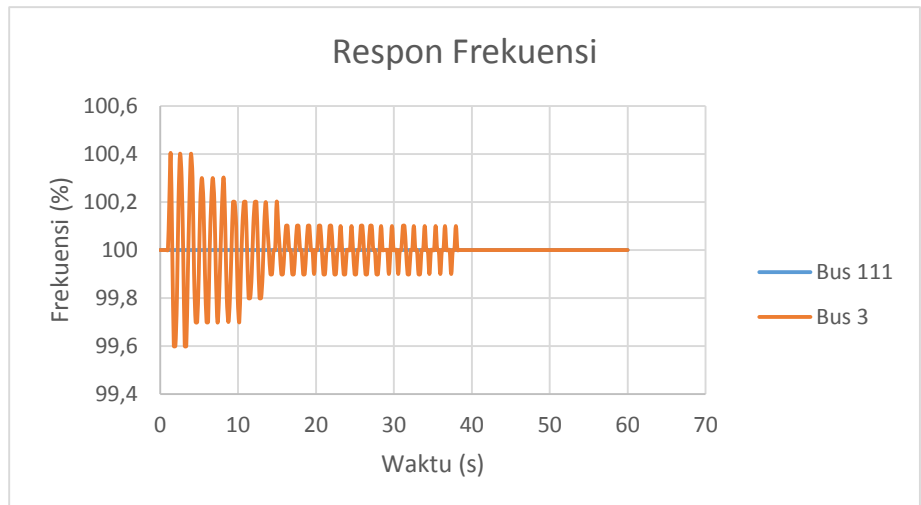


Grafik 4. 27 Respon Tegangan Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator dengan gangguan 0.3 detik.

Pada grafik 4.27, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 111/busbar yang terdekat dengan motor *hoist*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya beroperasi sebesar 99.53%. Sistemnya tetap stabil walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali ke 99.53%. Setelah itu tegangannya stabil di angka 99.53%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan busbar 3/busbar utama, dari awal beroperasi pada nilai 98.37%. Setelah terjadi gangguan 3 *phase fault*, respon tegangan dari busbar 3 terjadi osilasi/ naik turun tegangan. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 99.65% dan terendah yaitu sebesar 90.04%. Setelah mengalami gangguan 3 *phase fault*, tegangan berosilasi hingga menuju keadaan *steady state*/stabil dengan berada di angka 98%-99%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



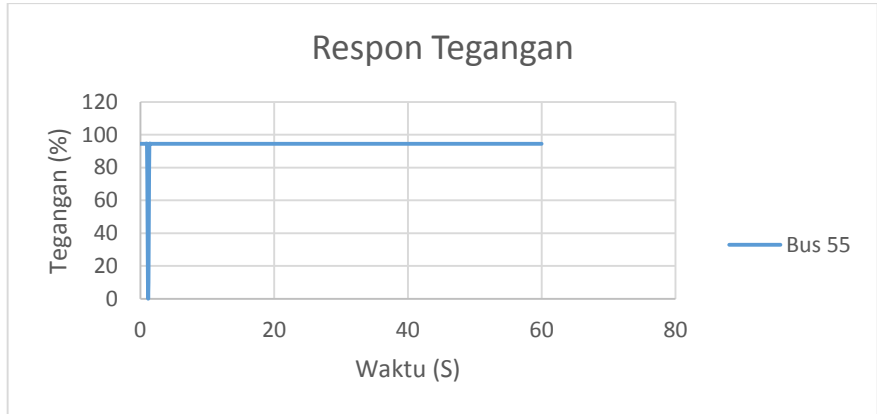
Grafik 4. 28 Respon Frekuensi Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PLN dan Generator Dengan Gangguan 0.3 detik.

Pada grafik 4.28, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111 dan busbar 3) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak terpengaruh oleh gangguan *3 phase fault* yang diberikan di busbar 111 tersebut dan frekuensinya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

Sedangkan pada busbar 3 (busbar utama), terjadi kondisi frekuensi yang naik turun setelah diberi gangguan *3 phase fault*. Nilai frekuensi tertinggi sekitar 100.4% dan terendah sekitar 99.6%. Nilai frekuensi berangsur menuju stabil dan pada akhirnya nilai frekuensi stabil pada angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

2. Suplai Dari PV

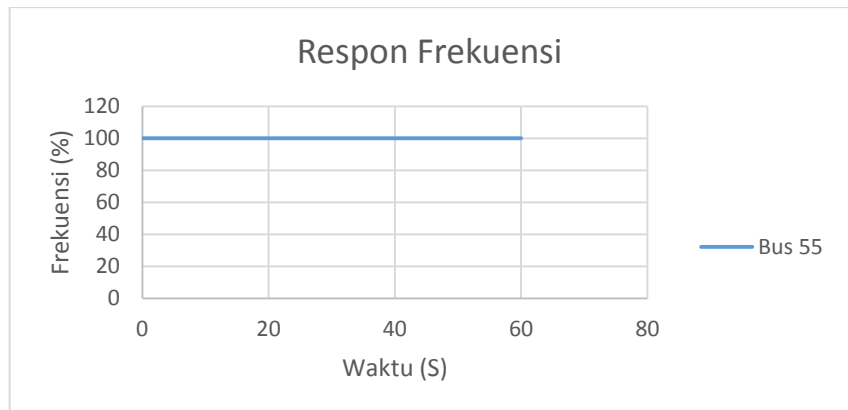
a. Skenario Motor *Gantry*



Grafik 4. 29 Respon Tegangan Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.29, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

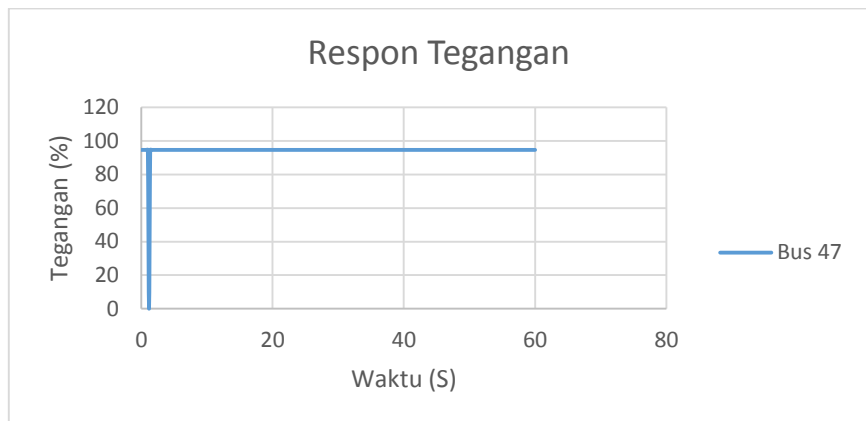
Dapat dilihat busbar 55/busbar yang terdekat dengan motor *gantry*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 94.5%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali di angka 94.5%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4. 30 Respon Frekuensi Skenario Motor *Gantry* Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.30, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 55) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 55 (busbar terdekat dengan motor *gantry*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 55 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

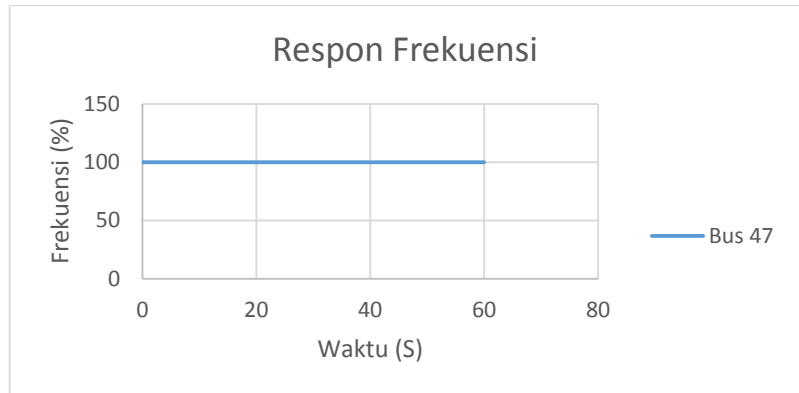
b. Skenario Motor *Boom*



Grafik 4. 31 Respon Tegangan Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.31, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

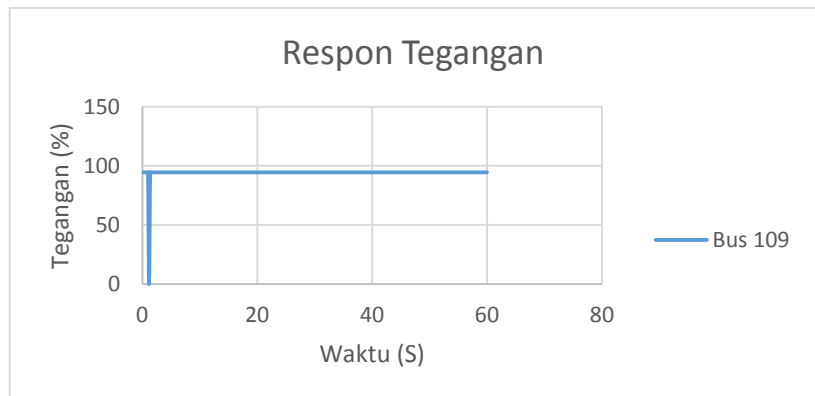
Dapat dilihat busbar 47/busbar yang terdekat dengan motor *boom*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 94.64%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali di angka 94.64%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4. 32 Respon Frekuensi Skenario Motor *Boom* Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.32, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 47) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *boom*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 47 (busbar terdekat dengan motor *boom*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 47 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

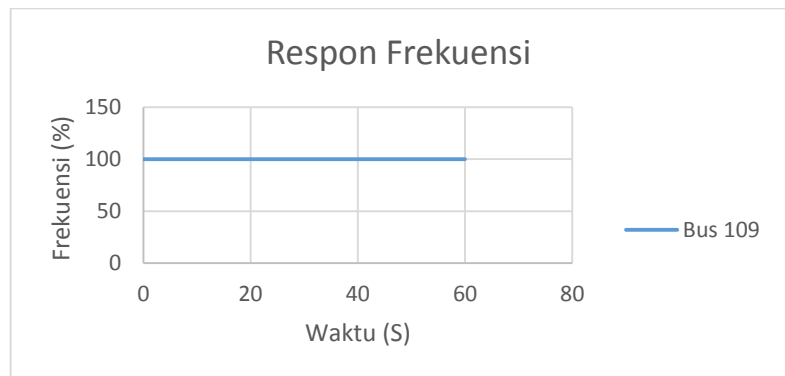
c. Skenario Motor *Trolley*



Grafik 4. 33 Respon Tegangan Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.33, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

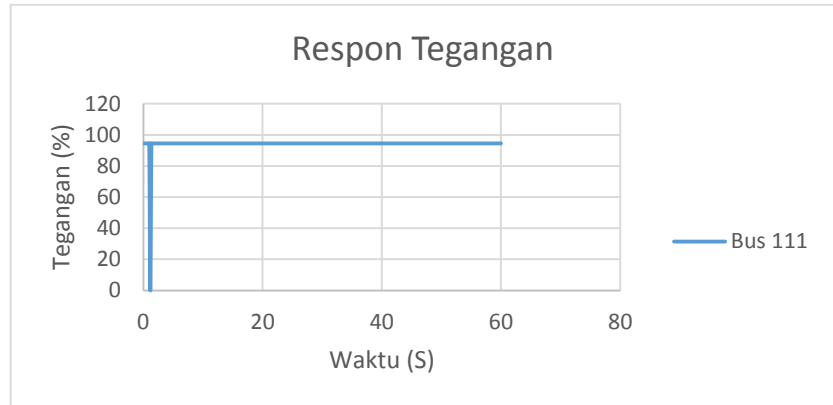
Dapat dilihat busbar 109/busbar yang terdekat dengan motor *trolley*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 94.48%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan *3 phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali di angka 94.48%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4. 34 Respon Frekuensi Skenario Motor *Trolley* Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.34, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 109) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 109 (busbar terdekat dengan motor *trolley*) tidak terpengaruh oleh gangguan *3 phase fault* yang diberikan di busbar 109 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

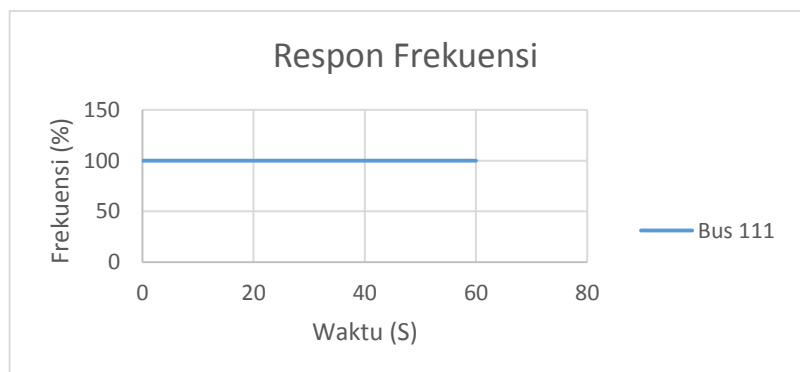
d. Skenario Motor *Hoist*



Grafik 4.35 Respon Tegangan Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PV dengan gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.35, dapat dilihat respon tegangan dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111) selama 0.3 detik. Kondisi busbar mengalami penurunan tegangan hingga 0% karena terjadi gangguan 3 *phase fault* yang mengakibatkan tegangan turun hingga ke 0.

Dapat dilihat busbar 111/busbar yang terdekat dengan motor *hoist*, tidak mengalami kondisi transien. Dari awal, tegangannya tidak berada di 94.51%. Sistemnya tetap stabil (tidak melebihi standar yang telah ditentukan IEEE) walaupun diberi gangguan 3 *phase fault*. Setelah detik ke 1.3 (setelah gangguan hilang), tegangannya kembali di angka 94.51%. Pada kondisi ini, nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.



Grafik 4.36 Respon Frekuensi Skenario Motor *Hoist* Beroperasi dengan Suplai PV Dengan Gangguan 0.3 detik

Pada grafik 4.34, dapat dilihat respon frekuensi dari busbar yang telah diberi gangguan (busbar 111) selama 0.3 detik. Kondisi busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak mengalami penurunan maupun naik. Busbar 111 (busbar terdekat dengan motor *hoist*) tidak terpengaruh oleh gangguan 3 *phase fault* yang diberikan di busbar 111 tersebut dan sistemnya selalu stabil di angka 100%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan frekuensi dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis yang didapatkan dari 5 skenario yang dilakukan, kestabilan transien dari rangkaian listrik *container crane* dengan suplai PLN & generator dan suplai PV berbeda. Tetapi baik suplai dengan PLN & generator maupun dengan PV, respon frekuensi dan tegangan keduanya memenuhi standar yang telah ditentukan oleh IEEE. Untuk standar operasi normal tegangan yaitu berkisar antara 90%-110% dan untuk standar operasi normal frekuensi yaitu sekitar 97%-101.67%. Hasil respon tegangan pada simulasi dengan suplai PV berbeda-beda tiap simulasinya. Pada simulasi motor *gantry*, respon tegangannya stabil sebesar 94.5%. Pada simulasi motor *boom*, respon tegangannya stabil sebesar 94.64%. Pada simulasi motor *trolley*, respon tegangannya stabil sebesar 94.48%. Pada simulasi motor hoist, respon tegangannya stabil sebesar 94.51%. Adapun untuk respon frekuensi, semua skenario respon frekuensinya sama yaitu stabil sebesar 100%. Dengan catatan untuk suplai dengan PV, pemasangan PVnya hanya terletak di busbar dengan motor-motor utama dan setiap busbar motor-motor utama (*hoist*, *gantry*, dan *trolley-boom*) dipasang 4 PV Array dimana setiap 1 PV Array terdapat PV panel sebanyak 4 panel. Penggunaan suplai PV pada rangkaian kelistrikan *container crane* tidak dapat berdiri sendiri, namun tetap dibantu oleh PLN. PV hanya akan menyuplai listrik untuk motor-motor utama, sedangkan PLN akan menyuplai untuk kebutuhan listrik komponen-komponen kelistrikan lainnya.
2. Pada analisis simulasi kestabilan transien dengan suplai PV tidak terjadi gangguan. Hasil kestabilan transien pada rangkaian kelistrikan *container crane* telah memenuhi standar yang telah ditentukan oleh IEEE. Untuk standar operasi normal tegangan yaitu berkisar antara 90%-110% dan untuk standar operasi normal frekuensi yaitu sekitar 97%-101.67%. Walaupun pada percobaan dengan suplai PV respon tegangannya stabil di angka 94%-95%, tetapi hal tersebut sesuai standar IEEE karena tegangannya tidak kurang dari 90% pada saat sistem berjalan. Sedangkan untuk respon frekuensinya, semua skenario sama yaitu sebesar 100%. Dengan catatan untuk suplai dengan PV, pemasangan PVnya hanya terletak di busbar dengan motor-motor utama dan setiap busbar motor-motor utama (*hoist*, *gantry*, dan *trolley-boom*) dipasang 4 PV Array dimana setiap 1 PV Array terdapat PV panel sebanyak 4 panel. Penggunaan suplai PV pada rangkaian kelistrikan *container crane* tidak dapat berdiri sendiri, namun tetap dibantu oleh PLN. Dapat disimpulkan bahwa PV tidak dapat berdiri sendiri untuk menyuplai kebutuhan listrik dari *container crane* sehingga dibantu oleh PLN.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan rekomendasi berupa saran sebagai berikut:

1. Perlunya menggunakan *software* lain untuk memvalidasi hasil yang didapatkan.
2. Pengambilan data sebaiknya dilakukan dengan melihat kondisi lapangan dan membandingkannya dengan data dari dokumen perusahaan agar hasil yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asshanti, F. F. (2017). *Analisis Kebutuhan Daya Listrik Container Crane Dalam Rangka Elektrifikasi Container Crane Untuk Mengoptimalkan Proses Bongkar Muat Di Terminal Petikemas Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bayan, N. (1999). *Harmonic Flow Analysis In Power Distribution Networks*. University Of Windsor.
- Erlita, S. Y. (2014). *Energy Supply Solar Cell Pada Sistem Pengendali Portal Parkir Otomatis Berbasis Mikrokontroler At89s52*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Hutagalung, B. R. (2004). *Dampak Aktivitas Pelabuhan Dan Sebaran Pencemaran Lingkungan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang Dan Kawasan Sekitarnya*. Universitas Diponegoro.
- Ichwan, M. N. (2019). *Analisis Transient Tegangan Pada Kapal Dynamic Positioning Dalam Rangkaian Tertutup Berbasis Skala Laboratorium*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. <https://doi.org/10.37700/0033-2909.I26.1.78>
- Ieee Standards Associations. The Ieee Standards.
- Iqbal, M. (2011). *Analisis Kapasitas Daya Listrik Container Crane Untuk Optimalisasi Proses Bongkar Muat*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kundur, P. (1994). *Power System Stability And Control*. California, Ca: Mcgraw Hill Inc.
- Mahon, L. L. J. (1992). *Diesel Generator*. Boston: Butterworth Heinemann Oxford.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, Huda, I. F., & Alimul, M. (2000). Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor*, 18(1), 10–14.
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. *Jptk Undiksha*, 9(1), 37–46.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

DATA FREKUENSI DAN TEGANGAN PER SATUAN WAKTU

Tabel 1. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi Gantry PLN dan Generator

Time	Busbar 55		Busbar 3	
	% V	% Hz	% V	% Hz
0	99.53	100	98.37	100
0.2	99.53	100	98.37	100
0.4	99.53	100	98.37	100
0.6	99.53	100	98.37	100
0.8	99.53	100	98.37	100
1	99.53	100	98.37	100
1.125	0	100	0	100.2
1.151	99.77	100	95.78	100.2
1.351	99.53	100	97.28	100.1
1.551	99.53	100	97.61	100
1.751	99.53	100	96.59	99.8
1.951	99.53	100	95.1	99.8
2.151	99.53	100	94.42	100
2.351	99.53	100	95.09	100.1
2.551	99.53	100	96.65	100.2
2.751	99.53	100	97.92	100.1
2.951	99.53	100	97.98	99.9
3.151	99.53	100	96.89	99.8
3.351	99.53	100	95.57	99.9
3.551	99.53	100	95.14	100
3.751	99.53	100	95.93	100.1
3.951	99.53	100	97.37	100.2
4.151	99.53	100	98.37	100.1
4.351	99.53	100	98.2	99.9
4.551	99.53	100	97.07	99.8
4.751	99.53	100	95.94	99.9
4.951	99.53	100	95.74	100
5.151	99.53	100	96.61	100.1
5.351	99.53	100	97.93	100.1

5.551	99.53	100	98.66	100
5.751	99.53	100	98.3	99.9
5.951	99.53	100	97.17	99.8
6.151	99.53	100	96.24	99.9
6.351	99.53	100	96.25	100
6.551	99.53	100	97.18	100.1
6.751	99.53	100	98.34	100.1
6.951	99.53	100	98.38	100
7.151	99.53	100	98.31	99.9
7.351	99.53	100	97.23	99.9
7.551	99.53	100	96.5	99.9
7.751	99.53	100	96.68	100.1
7.951	99.53	100	97.64	100.1
8.151	99.53	100	98.64	100.1
8.351	99.53	100	98.9	100
8.551	99.53	100	98.26	99.9
8.751	99.53	100	97.27	99.9
8.951	99.53	100	96.73	100
9.151	99.53	100	97.06	100.1
9.351	99.53	100	98.01	100.1
9.551	99.53	100	98.84	100.1
9.751	99.53	100	98.9	100
9.951	99.53	100	98.19	99.9
10.151	99.53	100	97.29	99.9
10.351	99.53	100	96.95	100
10.551	99.53	100	97.4	100.1
10.751	99.53	100	98.31	100.1
10.951	99.53	100	98.96	100
11.151	99.53	100	98.85	99.9
11.351	99.53	100	98.09	99.9
11.551	99.53	100	97.32	99.9
11.751	99.53	100	97.15	100
11.951	99.53	100	97.69	100.1
12.151	99.53	100	98.54	100.1
12.351	99.53	100	99.01	100
12.551	99.53	100	98.76	99.9
12.751	99.53	100	98	99.9
12.951	99.53	100	97.37	99.9
13.151	99.53	100	97.35	100

13.351	99.53	100	97.95	100.1
13.551	99.53	100	98.7	100.1
13.751	99.53	100	99.01	100
13.951	99.53	100	98.65	99.9
14.151	99.53	100	97.92	99.9
14.351	99.53	100	97.42	100
14.551	99.53	100	97.54	100
14.751	99.53	100	98.17	100.1
14.951	99.53	100	98.82	100.1
15.151	99.53	100	98.97	100
15.351	99.53	100	98.53	99.9
15.551	99.53	100	97.85	99.9
15.751	99.53	100	97.5	100
15.951	99.53	100	97.72	100.1
16.151	99.53	100	98.35	100.1
16.351	99.53	100	98.89	100
16.551	99.53	100	98.9	100
16.751	99.53	100	98.41	99.9
16.951	99.53	100	97.81	99.9
17.151	99.53	100	97.58	100
17.351	99.53	100	97.9	100.1
17.551	99.53	100	98.05	100.1
17.751	99.53	100	98.91	100
17.951	99.53	100	98.82	100
18.151	99.53	100	98.3	99.9
18.351	99.53	100	97.8	99.9
18.551	99.53	100	97.68	100
18.751	99.53	100	98.06	100.1
18.951	99.53	100	98.61	100.1
19.151	99.53	100	98.91	100
19.351	99.53	100	98.72	100
19.551	99.53	100	98.2	99.9
19.751	99.53	100	97.78	100
19.951	99.53	100	97.78	100
20.151	99.53	100	98.2	100.1
20.351	99.53	100	98.7	100.1
20.551	99.53	100	98.88	100
20.751	99.53	100	98.61	99.9
20.951	99.53	100	98.12	99.9

21.151	99.53	100	97.8	100
21.351	99.53	100	97.89	100
21.551	99.53	100	98.32	100.1
21.751	99.53	100	98.75	100
21.951	99.53	100	98.83	100
22.151	99.53	100	98.51	99.9
22.351	99.53	100	98.06	99.9
22.551	99.53	100	97.83	100
22.751	99.53	100	98	100
22.951	99.53	100	98.43	100.1
23.151	99.53	100	98.77	100
23.351	99.53	100	98.76	100
23.551	99.53	100	98.41	99.9
23.751	99.53	100	98.01	100
23.951	99.53	100	97.88	100
24.151	99.53	100	98.11	100
24.351	99.53	100	98.52	100.1
24.551	99.53	100	98.78	100
24.751	99.53	100	98.69	100
24.951	99.53	100	98.31	99.9
25.151	99.53	100	97.99	100
25.351	99.53	100	97.94	100
25.551	99.53	100	98.21	100
25.751	99.53	100	98.58	100
25.951	99.53	100	98.76	100
26.151	99.53	100	98.61	100
26.351	99.53	100	98.26	100
26.551	99.53	100	97.98	100
26.751	99.53	100	98.01	100
26.951	99.53	100	98.3	100
27.151	99.53	100	98.62	100
27.351	99.53	100	98.73	100
27.551	99.53	100	98.53	100
27.751	99.53	100	98.2	100
27.951	99.53	100	97.99	100
28.151	99.53	100	98.08	100
28.351	99.53	100	98.37	100
28.551	99.53	100	98.65	100
28.751	99.53	100	98.69	100

28.951	99.53	100	98.46	100
29.151	99.53	100	98.16	100
29.351	99.53	100	98.02	100
29.551	99.53	100	98.15	100
29.751	99.53	100	98.44	100
29.951	99.53	100	98.66	100
30.151	99.53	100	98.64	100
30.351	99.53	100	98.39	100
30.551	99.53	100	98.13	100
30.751	99.53	100	98.05	100
30.951	99.53	100	98.22	100
31.151	99.53	100	98.49	100
31.351	99.53	100	98.66	100
31.551	99.53	100	98.58	100
31.751	99.53	100	98.33	100
31.951	99.53	100	98.11	100
32.151	99.53	100	98.09	100
32.351	99.53	100	98.28	100
32.551	99.53	100	98.53	100
32.751	99.53	100	98.64	100
32.951	99.53	100	98.53	100
33.151	99.53	100	98.28	100
33.351	99.53	100	98.11	100
33.551	99.53	100	98.14	100
33.751	99.53	100	98.34	100
33.951	99.53	100	98.56	100
34.151	99.53	100	98.61	100
34.351	99.53	100	98.47	100
34.551	99.53	100	98.25	100
34.751	99.53	100	98.12	100
34.951	99.53	100	98.19	100
35.151	99.53	100	98.39	100
35.351	99.53	100	98.57	100
35.551	99.53	100	98.58	100
35.751	99.53	100	98.42	100
35.951	99.53	100	98.22	100
36.151	99.53	100	98.13	100
36.351	99.53	100	98.23	100
36.551	99.53	100	98.43	100

36.751	99.53	100	98.57	100
36.951	99.53	100	98.54	100
37.151	99.53	100	98.37	100
37.351	99.53	100	98.2	100
37.551	99.53	100	98.16	100
37.751	99.53	100	98.28	100
37.951	99.53	100	98.47	100
38.151	99.53	100	98.57	100
38.351	99.53	100	98.51	100
38.551	99.53	100	98.33	100
38.751	99.53	100	98.19	100
38.951	99.53	100	98.19	100
39.151	99.53	100	98.32	100
39.351	99.53	100	98.49	100
39.551	99.53	100	98.55	100
39.751	99.53	100	98.47	100
39.951	99.53	100	98.3	100
40.151	99.53	100	98.19	100
40.351	99.53	100	98.22	100
40.551	99.53	100	98.36	100
40.751	99.53	100	98.5	100
40.951	99.53	100	98.53	100
41.151	99.53	100	98.43	100
41.351	99.53	100	98.28	100
41.551	99.53	100	98.2	100
41.751	99.53	100	98.25	100
41.951	99.53	100	98.39	100
42.151	99.53	100	98.51	100
42.351	99.53	100	98.51	100
42.551	99.53	100	98.39	100
42.751	99.53	100	98.26	100
42.951	99.53	100	98.21	100
43.151	99.53	100	98.29	100
43.351	99.53	100	98.42	100
43.551	99.53	100	98.51	100
43.751	99.53	100	98.48	100
43.951	99.53	100	98.36	100
44.151	99.53	100	98.25	100
44.351	99.53	100	98.23	100

44.551	99.53	100	98.32	100
44.751	99.53	100	98.44	100
44.951	99.53	100	98.5	100
45.151	99.53	100	98.46	100
45.351	99.53	100	98.34	100
45.551	99.53	100	98.25	100
45.751	99.53	100	98.25	100
45.951	99.53	100	98.35	100
46.151	99.53	100	98.46	100
46.351	99.53	100	98.49	100
46.551	99.53	100	98.43	100
46.751	99.53	100	98.32	100
46.951	99.53	100	98.25	100
47.151	99.53	100	98.27	100
47.351	99.53	100	98.37	100
47.551	99.53	100	98.46	100
47.751	99.53	100	98.48	100
47.951	99.53	100	98.4	100
48.151	99.53	100	98.3	100
48.351	99.53	100	98.25	100
48.551	99.53	100	98.3	100
48.751	99.53	100	98.39	100
48.951	99.53	100	98.47	100
49.151	99.53	100	98.46	100
49.351	99.53	100	98.38	100
49.551	99.53	100	98.29	100
49.751	99.53	100	98.26	100
49.951	99.53	100	98.32	100
50.151	99.53	100	98.41	100
50.351	99.53	100	98.47	100
50.551	99.53	100	98.44	100
50.751	99.53	100	98.36	100
50.951	99.53	100	98.29	100
51.151	99.53	100	98.28	100
51.351	99.53	100	98.34	100
51.551	99.53	100	98.42	100
51.751	99.53	100	98.46	100
51.951	99.53	100	98.42	100
52.151	99.53	100	98.34	100

52.351	99.53	100	98.28	100
52.551	99.53	100	98.29	100
52.751	99.53	100	98.36	100
52.951	99.53	100	98.43	100
53.151	99.53	100	98.45	100
53.351	99.53	100	98.4	100
53.551	99.53	100	98.33	100
53.751	99.53	100	98.29	100
53.951	99.53	100	98.32	100
54.151	99.53	100	98.38	100
54.351	99.53	100	98.44	100
54.551	99.53	100	98.44	100
54.751	99.53	100	98.39	100
54.951	99.53	100	98.32	100
55.151	99.53	100	98.29	100
55.351	99.53	100	98.32	100
55.551	99.53	100	98.39	100
55.751	99.53	100	98.44	100
55.951	99.53	100	98.43	100
56.151	99.53	100	98.37	100
56.351	99.53	100	98.31	100
56.551	99.53	100	98.3	100
56.751	99.53	100	98.34	100
56.951	99.53	100	98.4	100
57.151	99.53	100	98.43	100
57.351	99.53	100	98.42	100
57.551	99.53	100	98.36	100
57.751	99.53	100	98.31	100
57.951	99.53	100	98.31	100
58.151	99.53	100	98.35	100
58.351	99.53	100	98.41	100
58.551	99.53	100	98.43	100
58.751	99.53	100	98.4	100
58.951	99.53	100	98.35	100
59.151	99.53	100	98.31	100
59.351	99.53	100	98.32	100
59.551	99.53	100	98.37	100
59.751	99.53	100	98.41	100
59.951	99.53	100	98.42	100

60	99.53	100	98.42	100
----	-------	-----	-------	-----

Tabel 2. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi Boom PLN dan Generator

Time	Busbar 47		Busbar 3	
	% V	% Hz	% V	% Hz
0	99.66	100	98.37	100
0.2	99.66	100	98.37	100
0.4	99.66	100	98.37	100
0.6	99.66	100	98.37	100
0.8	99.66	100	98.37	100
1	99.66	100	98.37	100
1.081	0	100	0	100.2
1.151	99.72	100	95.78	100.2
1.351	99.66	100	97.28	100.1
1.551	99.66	100	97.61	100
1.751	99.66	100	96.59	99.8
1.951	99.66	100	95.1	99.8
2.151	99.66	100	94.42	100
2.351	99.66	100	95.09	100.1
2.551	99.66	100	96.65	100.2
2.751	99.66	100	97.92	100.1
2.951	99.66	100	97.98	99.9
3.151	99.66	100	96.89	99.8
3.351	99.66	100	95.57	99.9
3.551	99.66	100	95.14	100
3.751	99.66	100	95.93	100.1
3.951	99.66	100	97.37	100.2
4.151	99.66	100	98.37	100.1
4.351	99.66	100	98.2	99.9
4.551	99.66	100	97.07	99.8
4.751	99.66	100	95.94	99.9
4.951	99.66	100	95.74	100
5.151	99.66	100	96.61	100.1
5.351	99.66	100	97.93	100.1
5.551	99.66	100	98.66	100
5.751	99.66	100	98.3	99.9
5.951	99.66	100	97.17	99.8

6.151	99.66	100	96.24	99.9
6.351	99.66	100	96.25	100
6.551	99.66	100	97.18	100.1
6.751	99.66	100	98.34	100.1
6.951	99.66	100	98.38	100
7.151	99.66	100	98.31	99.9
7.351	99.66	100	97.23	99.9
7.551	99.66	100	96.5	99.9
7.751	99.66	100	96.68	100.1
7.951	99.66	100	97.64	100.1
8.151	99.66	100	98.64	100.1
8.351	99.66	100	98.9	100
8.551	99.66	100	98.26	99.9
8.751	99.66	100	97.27	99.9
8.951	99.66	100	96.73	100
9.151	99.66	100	97.06	100.1
9.351	99.66	100	98.01	100.1
9.551	99.66	100	98.84	100.1
9.751	99.66	100	98.9	100
9.951	99.66	100	98.19	99.9
10.151	99.66	100	97.29	99.9
10.351	99.66	100	96.95	100
10.551	99.66	100	97.4	100.1
10.751	99.66	100	98.31	100.1
10.951	99.66	100	98.96	100
11.151	99.66	100	98.85	99.9
11.351	99.66	100	98.09	99.9
11.551	99.66	100	97.32	99.9
11.751	99.66	100	97.15	100
11.951	99.66	100	97.69	100.1
12.151	99.66	100	98.54	100.1
12.351	99.66	100	99.01	100
12.551	99.66	100	98.76	99.9
12.751	99.66	100	98	99.9
12.951	99.66	100	97.37	99.9
13.151	99.66	100	97.35	100
13.351	99.66	100	97.95	100.1
13.551	99.66	100	98.7	100.1
13.751	99.66	100	99.01	100

13.951	99.66	100	98.65	99.9
14.151	99.66	100	97.92	99.9
14.351	99.66	100	97.42	100
14.551	99.66	100	97.54	100
14.751	99.66	100	98.17	100.1
14.951	99.66	100	98.82	100.1
15.151	99.66	100	98.97	100
15.351	99.66	100	98.53	99.9
15.551	99.66	100	97.85	99.9
15.751	99.66	100	97.5	100
15.951	99.66	100	97.72	100.1
16.151	99.66	100	98.35	100.1
16.351	99.66	100	98.89	100
16.551	99.66	100	98.9	100
16.751	99.66	100	98.41	99.9
16.951	99.66	100	97.81	99.9
17.151	99.66	100	97.58	100
17.351	99.66	100	97.9	100.1
17.551	99.66	100	98.05	100.1
17.751	99.66	100	98.91	100
17.951	99.66	100	98.82	100
18.151	99.66	100	98.3	99.9
18.351	99.66	100	97.8	99.9
18.551	99.66	100	97.68	100
18.751	99.66	100	98.06	100.1
18.951	99.66	100	98.61	100.1
19.151	99.66	100	98.91	100
19.351	99.66	100	98.72	100
19.551	99.66	100	98.2	99.9
19.751	99.66	100	97.78	100
19.951	99.66	100	97.78	100
20.151	99.66	100	98.2	100.1
20.351	99.66	100	98.7	100.1
20.551	99.66	100	98.88	100
20.751	99.66	100	98.61	99.9
20.951	99.66	100	98.12	99.9
21.151	99.66	100	97.8	100
21.351	99.66	100	97.89	100
21.551	99.66	100	98.32	100.1

21.751	99.66	100	98.75	100
21.951	99.66	100	98.83	100
22.151	99.66	100	98.51	99.9
22.351	99.66	100	98.06	99.9
22.551	99.66	100	97.83	100
22.751	99.66	100	98	100
22.951	99.66	100	98.43	100.1
23.151	99.66	100	98.77	100
23.351	99.66	100	98.76	100
23.551	99.66	100	98.41	99.9
23.751	99.66	100	98.01	100
23.951	99.66	100	97.88	100
24.151	99.66	100	98.11	100
24.351	99.66	100	98.52	100.1
24.551	99.66	100	98.78	100
24.751	99.66	100	98.69	100
24.951	99.66	100	98.31	99.9
25.151	99.66	100	97.99	100
25.351	99.66	100	97.94	100
25.551	99.66	100	98.21	100
25.751	99.66	100	98.58	100
25.951	99.66	100	98.76	100
26.151	99.66	100	98.61	100
26.351	99.66	100	98.26	100
26.551	99.66	100	97.98	100
26.751	99.66	100	98.01	100
26.951	99.66	100	98.3	100
27.151	99.66	100	98.62	100
27.351	99.66	100	98.73	100
27.551	99.66	100	98.53	100
27.751	99.66	100	98.2	100
27.951	99.66	100	97.99	100
28.151	99.66	100	98.08	100
28.351	99.66	100	98.37	100
28.551	99.66	100	98.65	100
28.751	99.66	100	98.69	100
28.951	99.66	100	98.46	100
29.151	99.66	100	98.16	100
29.351	99.66	100	98.02	100

29.551	99.66	100	98.15	100
29.751	99.66	100	98.44	100
29.951	99.66	100	98.66	100
30.151	99.66	100	98.64	100
30.351	99.66	100	98.39	100
30.551	99.66	100	98.13	100
30.751	99.66	100	98.05	100
30.951	99.66	100	98.22	100
31.151	99.66	100	98.49	100
31.351	99.66	100	98.66	100
31.551	99.66	100	98.58	100
31.751	99.66	100	98.33	100
31.951	99.66	100	98.11	100
32.151	99.66	100	98.09	100
32.351	99.66	100	98.28	100
32.551	99.66	100	98.53	100
32.751	99.66	100	98.64	100
32.951	99.66	100	98.53	100
33.151	99.66	100	98.28	100
33.351	99.66	100	98.11	100
33.551	99.66	100	98.14	100
33.751	99.66	100	98.34	100
33.951	99.66	100	98.56	100
34.151	99.66	100	98.61	100
34.351	99.66	100	98.47	100
34.551	99.66	100	98.25	100
34.751	99.66	100	98.12	100
34.951	99.66	100	98.19	100
35.151	99.66	100	98.39	100
35.351	99.66	100	98.57	100
35.551	99.66	100	98.58	100
35.751	99.66	100	98.42	100
35.951	99.66	100	98.22	100
36.151	99.66	100	98.13	100
36.351	99.66	100	98.23	100
36.551	99.66	100	98.43	100
36.751	99.66	100	98.57	100
36.951	99.66	100	98.54	100
37.151	99.66	100	98.37	100

37.351	99.66	100	98.2	100
37.551	99.66	100	98.16	100
37.751	99.66	100	98.28	100
37.951	99.66	100	98.47	100
38.151	99.66	100	98.57	100
38.351	99.66	100	98.51	100
38.551	99.66	100	98.33	100
38.751	99.66	100	98.19	100
38.951	99.66	100	98.19	100
39.151	99.66	100	98.32	100
39.351	99.66	100	98.49	100
39.551	99.66	100	98.55	100
39.751	99.66	100	98.47	100
39.951	99.66	100	98.3	100
40.151	99.66	100	98.19	100
40.351	99.66	100	98.22	100
40.551	99.66	100	98.36	100
40.751	99.66	100	98.5	100
40.951	99.66	100	98.53	100
41.151	99.66	100	98.43	100
41.351	99.66	100	98.28	100
41.551	99.66	100	98.2	100
41.751	99.66	100	98.25	100
41.951	99.66	100	98.39	100
42.151	99.66	100	98.51	100
42.351	99.66	100	98.51	100
42.551	99.66	100	98.39	100
42.751	99.66	100	98.26	100
42.951	99.66	100	98.21	100
43.151	99.66	100	98.29	100
43.351	99.66	100	98.42	100
43.551	99.66	100	98.51	100
43.751	99.66	100	98.48	100
43.951	99.66	100	98.36	100
44.151	99.66	100	98.25	100
44.351	99.66	100	98.23	100
44.551	99.66	100	98.32	100
44.751	99.66	100	98.44	100
44.951	99.66	100	98.5	100

45.151	99.66	100	98.46	100
45.351	99.66	100	98.34	100
45.551	99.66	100	98.25	100
45.751	99.66	100	98.25	100
45.951	99.66	100	98.35	100
46.151	99.66	100	98.46	100
46.351	99.66	100	98.49	100
46.551	99.66	100	98.43	100
46.751	99.66	100	98.32	100
46.951	99.66	100	98.25	100
47.151	99.66	100	98.27	100
47.351	99.66	100	98.37	100
47.551	99.66	100	98.46	100
47.751	99.66	100	98.48	100
47.951	99.66	100	98.4	100
48.151	99.66	100	98.3	100
48.351	99.66	100	98.25	100
48.551	99.66	100	98.3	100
48.751	99.66	100	98.39	100
48.951	99.66	100	98.47	100
49.151	99.66	100	98.46	100
49.351	99.66	100	98.38	100
49.551	99.66	100	98.29	100
49.751	99.66	100	98.26	100
49.951	99.66	100	98.32	100
50.151	99.66	100	98.41	100
50.351	99.66	100	98.47	100
50.551	99.66	100	98.44	100
50.751	99.66	100	98.36	100
50.951	99.66	100	98.29	100
51.151	99.66	100	98.28	100
51.351	99.66	100	98.34	100
51.551	99.66	100	98.42	100
51.751	99.66	100	98.46	100
51.951	99.66	100	98.42	100
52.151	99.66	100	98.34	100
52.351	99.66	100	98.28	100
52.551	99.66	100	98.29	100
52.751	99.66	100	98.36	100

52.951	99.66	100	98.43	100
53.151	99.66	100	98.45	100
53.351	99.66	100	98.4	100
53.551	99.66	100	98.33	100
53.751	99.66	100	98.29	100
53.951	99.66	100	98.32	100
54.151	99.66	100	98.38	100
54.351	99.66	100	98.44	100
54.551	99.66	100	98.44	100
54.751	99.66	100	98.39	100
54.951	99.66	100	98.32	100
55.151	99.66	100	98.29	100
55.351	99.66	100	98.32	100
55.551	99.66	100	98.39	100
55.751	99.66	100	98.44	100
55.951	99.66	100	98.43	100
56.151	99.66	100	98.37	100
56.351	99.66	100	98.31	100
56.551	99.66	100	98.3	100
56.751	99.66	100	98.34	100
56.951	99.66	100	98.4	100
57.151	99.66	100	98.43	100
57.351	99.66	100	98.42	100
57.551	99.66	100	98.36	100
57.751	99.66	100	98.31	100
57.951	99.66	100	98.31	100
58.151	99.66	100	98.35	100
58.351	99.66	100	98.41	100
58.551	99.66	100	98.43	100
58.751	99.66	100	98.4	100
58.951	99.66	100	98.35	100
59.151	99.66	100	98.31	100
59.351	99.66	100	98.32	100
59.551	99.66	100	98.37	100
59.751	99.66	100	98.41	100
59.951	99.66	100	98.42	100
60	99.66	100	98.42	100

Tabel 3. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi Trolley PLN dan Generator

Time	Busbar 47		Busbar 3	
	% V	%Hz	% V	%Hz
0	99.5	100	98.37	100
0.2	99.5	100	98.37	100
0.4	99.5	100	98.37	100
0.6	99.5	100	98.37	100
0.8	99.5	100	98.37	100
1	99.5	100	98.37	100
1.081	0	100	0	100.2
1.151	99.6	100	95.78	100.2
1.351	99.5	100	97.28	100.1
1.551	99.5	100	97.61	100
1.751	99.5	100	96.59	99.8
1.951	99.5	100	95.1	99.8
2.151	99.5	100	94.42	100
2.351	99.5	100	95.09	100.1
2.551	99.5	100	96.65	100.2
2.751	99.5	100	97.92	100.1
2.951	99.5	100	97.98	99.9
3.151	99.5	100	96.89	99.8
3.351	99.5	100	95.57	99.9
3.551	99.5	100	95.14	100
3.751	99.5	100	95.93	100.1
3.951	99.5	100	97.37	100.2
4.151	99.5	100	98.37	100.1
4.351	99.5	100	98.2	99.9
4.551	99.5	100	97.07	99.8
4.751	99.5	100	95.94	99.9
4.951	99.5	100	95.74	100
5.151	99.5	100	96.61	100.1
5.351	99.5	100	97.93	100.1
5.551	99.5	100	98.66	100
5.751	99.5	100	98.3	99.9
5.951	99.5	100	97.17	99.8
6.151	99.5	100	96.24	99.9
6.351	99.5	100	96.25	100
6.551	99.5	100	97.18	100.1

6.751	99.5	100	98.34	100.1
6.951	99.5	100	98.38	100
7.151	99.5	100	98.31	99.9
7.351	99.5	100	97.23	99.9
7.551	99.5	100	96.5	99.9
7.751	99.5	100	96.68	100.1
7.951	99.5	100	97.64	100.1
8.151	99.5	100	98.64	100.1
8.351	99.5	100	98.9	100
8.551	99.5	100	98.26	99.9
8.751	99.5	100	97.27	99.9
8.951	99.5	100	96.73	100
9.151	99.5	100	97.06	100.1
9.351	99.5	100	98.01	100.1
9.551	99.5	100	98.84	100.1
9.751	99.5	100	98.9	100
9.951	99.5	100	98.19	99.9
10.151	99.5	100	97.29	99.9
10.351	99.5	100	96.95	100
10.551	99.5	100	97.4	100.1
10.751	99.5	100	98.31	100.1
10.951	99.5	100	98.96	100
11.151	99.5	100	98.85	99.9
11.351	99.5	100	98.09	99.9
11.551	99.5	100	97.32	99.9
11.751	99.5	100	97.15	100
11.951	99.5	100	97.69	100.1
12.151	99.5	100	98.54	100.1
12.351	99.5	100	99.01	100
12.551	99.5	100	98.76	99.9
12.751	99.5	100	98	99.9
12.951	99.5	100	97.37	99.9
13.151	99.5	100	97.35	100
13.351	99.5	100	97.95	100.1
13.551	99.5	100	98.7	100.1
13.751	99.5	100	99.01	100
13.951	99.5	100	98.65	99.9
14.151	99.5	100	97.92	99.9
14.351	99.5	100	97.42	100

14.551	99.5	100	97.54	100
14.751	99.5	100	98.17	100.1
14.951	99.5	100	98.82	100.1
15.151	99.5	100	98.97	100
15.351	99.5	100	98.53	99.9
15.551	99.5	100	97.85	99.9
15.751	99.5	100	97.5	100
15.951	99.5	100	97.72	100.1
16.151	99.5	100	98.35	100.1
16.351	99.5	100	98.89	100
16.551	99.5	100	98.9	100
16.751	99.5	100	98.41	99.9
16.951	99.5	100	97.81	99.9
17.151	99.5	100	97.58	100
17.351	99.5	100	97.9	100.1
17.551	99.5	100	98.05	100.1
17.751	99.5	100	98.91	100
17.951	99.5	100	98.82	100
18.151	99.5	100	98.3	99.9
18.351	99.5	100	97.8	99.9
18.551	99.5	100	97.68	100
18.751	99.5	100	98.06	100.1
18.951	99.5	100	98.61	100.1
19.151	99.5	100	98.91	100
19.351	99.5	100	98.72	100
19.551	99.5	100	98.2	99.9
19.751	99.5	100	97.78	100
19.951	99.5	100	97.78	100
20.151	99.5	100	98.2	100.1
20.351	99.5	100	98.7	100.1
20.551	99.5	100	98.88	100
20.751	99.5	100	98.61	99.9
20.951	99.5	100	98.12	99.9
21.151	99.5	100	97.8	100
21.351	99.5	100	97.89	100
21.551	99.5	100	98.32	100.1
21.751	99.5	100	98.75	100
21.951	99.5	100	98.83	100
22.151	99.5	100	98.51	99.9

22.351	99.5	100	98.06	99.9
22.551	99.5	100	97.83	100
22.751	99.5	100	98	100
22.951	99.5	100	98.43	100.1
23.151	99.5	100	98.77	100
23.351	99.5	100	98.76	100
23.551	99.5	100	98.41	99.9
23.751	99.5	100	98.01	100
23.951	99.5	100	97.88	100
24.151	99.5	100	98.11	100
24.351	99.5	100	98.52	100.1
24.551	99.5	100	98.78	100
24.751	99.5	100	98.69	100
24.951	99.5	100	98.31	99.9
25.151	99.5	100	97.99	100
25.351	99.5	100	97.94	100
25.551	99.5	100	98.21	100
25.751	99.5	100	98.58	100
25.951	99.5	100	98.76	100
26.151	99.5	100	98.61	100
26.351	99.5	100	98.26	100
26.551	99.5	100	97.98	100
26.751	99.5	100	98.01	100
26.951	99.5	100	98.3	100
27.151	99.5	100	98.62	100
27.351	99.5	100	98.73	100
27.551	99.5	100	98.53	100
27.751	99.5	100	98.2	100
27.951	99.5	100	97.99	100
28.151	99.5	100	98.08	100
28.351	99.5	100	98.37	100
28.551	99.5	100	98.65	100
28.751	99.5	100	98.69	100
28.951	99.5	100	98.46	100
29.151	99.5	100	98.16	100
29.351	99.5	100	98.02	100
29.551	99.5	100	98.15	100
29.751	99.5	100	98.44	100
29.951	99.5	100	98.66	100

30.151	99.5	100	98.64	100
30.351	99.5	100	98.39	100
30.551	99.5	100	98.13	100
30.751	99.5	100	98.05	100
30.951	99.5	100	98.22	100
31.151	99.5	100	98.49	100
31.351	99.5	100	98.66	100
31.551	99.5	100	98.58	100
31.751	99.5	100	98.33	100
31.951	99.5	100	98.11	100
32.151	99.5	100	98.09	100
32.351	99.5	100	98.28	100
32.551	99.5	100	98.53	100
32.751	99.5	100	98.64	100
32.951	99.5	100	98.53	100
33.151	99.5	100	98.28	100
33.351	99.5	100	98.11	100
33.551	99.5	100	98.14	100
33.751	99.5	100	98.34	100
33.951	99.5	100	98.56	100
34.151	99.5	100	98.61	100
34.351	99.5	100	98.47	100
34.551	99.5	100	98.25	100
34.751	99.5	100	98.12	100
34.951	99.5	100	98.19	100
35.151	99.5	100	98.39	100
35.351	99.5	100	98.57	100
35.551	99.5	100	98.58	100
35.751	99.5	100	98.42	100
35.951	99.5	100	98.22	100
36.151	99.5	100	98.13	100
36.351	99.5	100	98.23	100
36.551	99.5	100	98.43	100
36.751	99.5	100	98.57	100
36.951	99.5	100	98.54	100
37.151	99.5	100	98.37	100
37.351	99.5	100	98.2	100
37.551	99.5	100	98.16	100
37.751	99.5	100	98.28	100

37.951	99.5	100	98.47	100
38.151	99.5	100	98.57	100
38.351	99.5	100	98.51	100
38.551	99.5	100	98.33	100
38.751	99.5	100	98.19	100
38.951	99.5	100	98.19	100
39.151	99.5	100	98.32	100
39.351	99.5	100	98.49	100
39.551	99.5	100	98.55	100
39.751	99.5	100	98.47	100
39.951	99.5	100	98.3	100
40.151	99.5	100	98.19	100
40.351	99.5	100	98.22	100
40.551	99.5	100	98.36	100
40.751	99.5	100	98.5	100
40.951	99.5	100	98.53	100
41.151	99.5	100	98.43	100
41.351	99.5	100	98.28	100
41.551	99.5	100	98.2	100
41.751	99.5	100	98.25	100
41.951	99.5	100	98.39	100
42.151	99.5	100	98.51	100
42.351	99.5	100	98.51	100
42.551	99.5	100	98.39	100
42.751	99.5	100	98.26	100
42.951	99.5	100	98.21	100
43.151	99.5	100	98.29	100
43.351	99.5	100	98.42	100
43.551	99.5	100	98.51	100
43.751	99.5	100	98.48	100
43.951	99.5	100	98.36	100
44.151	99.5	100	98.25	100
44.351	99.5	100	98.23	100
44.551	99.5	100	98.32	100
44.751	99.5	100	98.44	100
44.951	99.5	100	98.5	100
45.151	99.5	100	98.46	100
45.351	99.5	100	98.34	100
45.551	99.5	100	98.25	100

45.751	99.5	100	98.25	100
45.951	99.5	100	98.35	100
46.151	99.5	100	98.46	100
46.351	99.5	100	98.49	100
46.551	99.5	100	98.43	100
46.751	99.5	100	98.32	100
46.951	99.5	100	98.25	100
47.151	99.5	100	98.27	100
47.351	99.5	100	98.37	100
47.551	99.5	100	98.46	100
47.751	99.5	100	98.48	100
47.951	99.5	100	98.4	100
48.151	99.5	100	98.3	100
48.351	99.5	100	98.25	100
48.551	99.5	100	98.3	100
48.751	99.5	100	98.39	100
48.951	99.5	100	98.47	100
49.151	99.5	100	98.46	100
49.351	99.5	100	98.38	100
49.551	99.5	100	98.29	100
49.751	99.5	100	98.26	100
49.951	99.5	100	98.32	100
50.151	99.5	100	98.41	100
50.351	99.5	100	98.47	100
50.551	99.5	100	98.44	100
50.751	99.5	100	98.36	100
50.951	99.5	100	98.29	100
51.151	99.5	100	98.28	100
51.351	99.5	100	98.34	100
51.551	99.5	100	98.42	100
51.751	99.5	100	98.46	100
51.951	99.5	100	98.42	100
52.151	99.5	100	98.34	100
52.351	99.5	100	98.28	100
52.551	99.5	100	98.29	100
52.751	99.5	100	98.36	100
52.951	99.5	100	98.43	100
53.151	99.5	100	98.45	100
53.351	99.5	100	98.4	100

53.551	99.5	100	98.33	100
53.751	99.5	100	98.29	100
53.951	99.5	100	98.32	100
54.151	99.5	100	98.38	100
54.351	99.5	100	98.44	100
54.551	99.5	100	98.44	100
54.751	99.5	100	98.39	100
54.951	99.5	100	98.32	100
55.151	99.5	100	98.29	100
55.351	99.5	100	98.32	100
55.551	99.5	100	98.39	100
55.751	99.5	100	98.44	100
55.951	99.5	100	98.43	100
56.151	99.5	100	98.37	100
56.351	99.5	100	98.31	100
56.551	99.5	100	98.3	100
56.751	99.5	100	98.34	100
56.951	99.5	100	98.4	100
57.151	99.5	100	98.43	100
57.351	99.5	100	98.42	100
57.551	99.5	100	98.36	100
57.751	99.5	100	98.31	100
57.951	99.5	100	98.31	100
58.151	99.5	100	98.35	100
58.351	99.5	100	98.41	100
58.551	99.5	100	98.43	100
58.751	99.5	100	98.4	100
58.951	99.5	100	98.35	100
59.151	99.5	100	98.31	100
59.351	99.5	100	98.32	100
59.551	99.5	100	98.37	100
59.751	99.5	100	98.41	100
59.951	99.5	100	98.42	100
60	99.5	100	98.42	100

Tabel 4. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi Hoist PLN dan Generator

Time	Busbar 111		Busbar 3	
	% V	% Hz	% V	% Hz
0	99.53	100	98.37	100
0.2	99.53	100	98.37	100
0.4	99.53	100	98.37	100
0.6	99.53	100	98.37	100
0.8	99.53	100	98.37	100
1	99.53	100	98.37	100
1.081	0	100	0	100.2
1.151	99.78	100	95.78	100.2
1.351	99.53	100	97.28	100.1
1.551	99.53	100	97.61	100
1.751	99.53	100	96.59	99.8
1.951	99.53	100	95.1	99.8
2.151	99.53	100	94.42	100
2.351	99.53	100	95.09	100.1
2.551	99.53	100	96.65	100.2
2.751	99.53	100	97.92	100.1
2.951	99.53	100	97.98	99.9
3.151	99.53	100	96.89	99.8
3.351	99.53	100	95.57	99.9
3.551	99.53	100	95.14	100
3.751	99.53	100	95.93	100.1
3.951	99.53	100	97.37	100.2
4.151	99.53	100	98.37	100.1
4.351	99.53	100	98.2	99.9
4.551	99.53	100	97.07	99.8
4.751	99.53	100	95.94	99.9
4.951	99.53	100	95.74	100
5.151	99.53	100	96.61	100.1
5.351	99.53	100	97.93	100.1
5.551	99.53	100	98.66	100
5.751	99.53	100	98.3	99.9
5.951	99.53	100	97.17	99.8
6.151	99.53	100	96.24	99.9
6.351	99.53	100	96.25	100
6.551	99.53	100	97.18	100.1

6.751	99.53	100	98.34	100.1
6.951	99.53	100	98.38	100
7.151	99.53	100	98.31	99.9
7.351	99.53	100	97.23	99.9
7.551	99.53	100	96.5	99.9
7.751	99.53	100	96.68	100.1
7.951	99.53	100	97.64	100.1
8.151	99.53	100	98.64	100.1
8.351	99.53	100	98.9	100
8.551	99.53	100	98.26	99.9
8.751	99.53	100	97.27	99.9
8.951	99.53	100	96.73	100
9.151	99.53	100	97.06	100.1
9.351	99.53	100	98.01	100.1
9.551	99.53	100	98.84	100.1
9.751	99.53	100	98.9	100
9.951	99.53	100	98.19	99.9
10.151	99.53	100	97.29	99.9
10.351	99.53	100	96.95	100
10.551	99.53	100	97.4	100.1
10.751	99.53	100	98.31	100.1
10.951	99.53	100	98.96	100
11.151	99.53	100	98.85	99.9
11.351	99.53	100	98.09	99.9
11.551	99.53	100	97.32	99.9
11.751	99.53	100	97.15	100
11.951	99.53	100	97.69	100.1
12.151	99.53	100	98.54	100.1
12.351	99.53	100	99.01	100
12.551	99.53	100	98.76	99.9
12.751	99.53	100	98	99.9
12.951	99.53	100	97.37	99.9
13.151	99.53	100	97.35	100
13.351	99.53	100	97.95	100.1
13.551	99.53	100	98.7	100.1
13.751	99.53	100	99.01	100
13.951	99.53	100	98.65	99.9
14.151	99.53	100	97.92	99.9
14.351	99.53	100	97.42	100

14.551	99.53	100	97.54	100
14.751	99.53	100	98.17	100.1
14.951	99.53	100	98.82	100.1
15.151	99.53	100	98.97	100
15.351	99.53	100	98.53	99.9
15.551	99.53	100	97.85	99.9
15.751	99.53	100	97.5	100
15.951	99.53	100	97.72	100.1
16.151	99.53	100	98.35	100.1
16.351	99.53	100	98.89	100
16.551	99.53	100	98.9	100
16.751	99.53	100	98.41	99.9
16.951	99.53	100	97.81	99.9
17.151	99.53	100	97.58	100
17.351	99.53	100	97.9	100.1
17.551	99.53	100	98.05	100.1
17.751	99.53	100	98.91	100
17.951	99.53	100	98.82	100
18.151	99.53	100	98.3	99.9
18.351	99.53	100	97.8	99.9
18.551	99.53	100	97.68	100
18.751	99.53	100	98.06	100.1
18.951	99.53	100	98.61	100.1
19.151	99.53	100	98.91	100
19.351	99.53	100	98.72	100
19.551	99.53	100	98.2	99.9
19.751	99.53	100	97.78	100
19.951	99.53	100	97.78	100
20.151	99.53	100	98.2	100.1
20.351	99.53	100	98.7	100.1
20.551	99.53	100	98.88	100
20.751	99.53	100	98.61	99.9
20.951	99.53	100	98.12	99.9
21.151	99.53	100	97.8	100
21.351	99.53	100	97.89	100
21.551	99.53	100	98.32	100.1
21.751	99.53	100	98.75	100
21.951	99.53	100	98.83	100
22.151	99.53	100	98.51	99.9

22.351	99.53	100	98.06	99.9
22.551	99.53	100	97.83	100
22.751	99.53	100	98	100
22.951	99.53	100	98.43	100.1
23.151	99.53	100	98.77	100
23.351	99.53	100	98.76	100
23.551	99.53	100	98.41	99.9
23.751	99.53	100	98.01	100
23.951	99.53	100	97.88	100
24.151	99.53	100	98.11	100
24.351	99.53	100	98.52	100.1
24.551	99.53	100	98.78	100
24.751	99.53	100	98.69	100
24.951	99.53	100	98.31	99.9
25.151	99.53	100	97.99	100
25.351	99.53	100	97.94	100
25.551	99.53	100	98.21	100
25.751	99.53	100	98.58	100
25.951	99.53	100	98.76	100
26.151	99.53	100	98.61	100
26.351	99.53	100	98.26	100
26.551	99.53	100	97.98	100
26.751	99.53	100	98.01	100
26.951	99.53	100	98.3	100
27.151	99.53	100	98.62	100
27.351	99.53	100	98.73	100
27.551	99.53	100	98.53	100
27.751	99.53	100	98.2	100
27.951	99.53	100	97.99	100
28.151	99.53	100	98.08	100
28.351	99.53	100	98.37	100
28.551	99.53	100	98.65	100
28.751	99.53	100	98.69	100
28.951	99.53	100	98.46	100
29.151	99.53	100	98.16	100
29.351	99.53	100	98.02	100
29.551	99.53	100	98.15	100
29.751	99.53	100	98.44	100
29.951	99.53	100	98.66	100

30.151	99.53	100	98.64	100
30.351	99.53	100	98.39	100
30.551	99.53	100	98.13	100
30.751	99.53	100	98.05	100
30.951	99.53	100	98.22	100
31.151	99.53	100	98.49	100
31.351	99.53	100	98.66	100
31.551	99.53	100	98.58	100
31.751	99.53	100	98.33	100
31.951	99.53	100	98.11	100
32.151	99.53	100	98.09	100
32.351	99.53	100	98.28	100
32.551	99.53	100	98.53	100
32.751	99.53	100	98.64	100
32.951	99.53	100	98.53	100
33.151	99.53	100	98.28	100
33.351	99.53	100	98.11	100
33.551	99.53	100	98.14	100
33.751	99.53	100	98.34	100
33.951	99.53	100	98.56	100
34.151	99.53	100	98.61	100
34.351	99.53	100	98.47	100
34.551	99.53	100	98.25	100
34.751	99.53	100	98.12	100
34.951	99.53	100	98.19	100
35.151	99.53	100	98.39	100
35.351	99.53	100	98.57	100
35.551	99.53	100	98.58	100
35.751	99.53	100	98.42	100
35.951	99.53	100	98.22	100
36.151	99.53	100	98.13	100
36.351	99.53	100	98.23	100
36.551	99.53	100	98.43	100
36.751	99.53	100	98.57	100
36.951	99.53	100	98.54	100
37.151	99.53	100	98.37	100
37.351	99.53	100	98.2	100
37.551	99.53	100	98.16	100
37.751	99.53	100	98.28	100

37.951	99.53	100	98.47	100
38.151	99.53	100	98.57	100
38.351	99.53	100	98.51	100
38.551	99.53	100	98.33	100
38.751	99.53	100	98.19	100
38.951	99.53	100	98.19	100
39.151	99.53	100	98.32	100
39.351	99.53	100	98.49	100
39.551	99.53	100	98.55	100
39.751	99.53	100	98.47	100
39.951	99.53	100	98.3	100
40.151	99.53	100	98.19	100
40.351	99.53	100	98.22	100
40.551	99.53	100	98.36	100
40.751	99.53	100	98.5	100
40.951	99.53	100	98.53	100
41.151	99.53	100	98.43	100
41.351	99.53	100	98.28	100
41.551	99.53	100	98.2	100
41.751	99.53	100	98.25	100
41.951	99.53	100	98.39	100
42.151	99.53	100	98.51	100
42.351	99.53	100	98.51	100
42.551	99.53	100	98.39	100
42.751	99.53	100	98.26	100
42.951	99.53	100	98.21	100
43.151	99.53	100	98.29	100
43.351	99.53	100	98.42	100
43.551	99.53	100	98.51	100
43.751	99.53	100	98.48	100
43.951	99.53	100	98.36	100
44.151	99.53	100	98.25	100
44.351	99.53	100	98.23	100
44.551	99.53	100	98.32	100
44.751	99.53	100	98.44	100
44.951	99.53	100	98.5	100
45.151	99.53	100	98.46	100
45.351	99.53	100	98.34	100
45.551	99.53	100	98.25	100

45.751	99.53	100	98.25	100
45.951	99.53	100	98.35	100
46.151	99.53	100	98.46	100
46.351	99.53	100	98.49	100
46.551	99.53	100	98.43	100
46.751	99.53	100	98.32	100
46.951	99.53	100	98.25	100
47.151	99.53	100	98.27	100
47.351	99.53	100	98.37	100
47.551	99.53	100	98.46	100
47.751	99.53	100	98.48	100
47.951	99.53	100	98.4	100
48.151	99.53	100	98.3	100
48.351	99.53	100	98.25	100
48.551	99.53	100	98.3	100
48.751	99.53	100	98.39	100
48.951	99.53	100	98.47	100
49.151	99.53	100	98.46	100
49.351	99.53	100	98.38	100
49.551	99.53	100	98.29	100
49.751	99.53	100	98.26	100
49.951	99.53	100	98.32	100
50.151	99.53	100	98.41	100
50.351	99.53	100	98.47	100
50.551	99.53	100	98.44	100
50.751	99.53	100	98.36	100
50.951	99.53	100	98.29	100
51.151	99.53	100	98.28	100
51.351	99.53	100	98.34	100
51.551	99.53	100	98.42	100
51.751	99.53	100	98.46	100
51.951	99.53	100	98.42	100
52.151	99.53	100	98.34	100
52.351	99.53	100	98.28	100
52.551	99.53	100	98.29	100
52.751	99.53	100	98.36	100
52.951	99.53	100	98.43	100
53.151	99.53	100	98.45	100
53.351	99.53	100	98.4	100

53.551	99.53	100	98.33	100
53.751	99.53	100	98.29	100
53.951	99.53	100	98.32	100
54.151	99.53	100	98.38	100
54.351	99.53	100	98.44	100
54.551	99.53	100	98.44	100
54.751	99.53	100	98.39	100
54.951	99.53	100	98.32	100
55.151	99.53	100	98.29	100
55.351	99.53	100	98.32	100
55.551	99.53	100	98.39	100
55.751	99.53	100	98.44	100
55.951	99.53	100	98.43	100
56.151	99.53	100	98.37	100
56.351	99.53	100	98.31	100
56.551	99.53	100	98.3	100
56.751	99.53	100	98.34	100
56.951	99.53	100	98.4	100
57.151	99.53	100	98.43	100
57.351	99.53	100	98.42	100
57.551	99.53	100	98.36	100
57.751	99.53	100	98.31	100
57.951	99.53	100	98.31	100
58.151	99.53	100	98.35	100
58.351	99.53	100	98.41	100
58.551	99.53	100	98.43	100
58.751	99.53	100	98.4	100
58.951	99.53	100	98.35	100
59.151	99.53	100	98.31	100
59.351	99.53	100	98.32	100
59.551	99.53	100	98.37	100
59.751	99.53	100	98.41	100
59.951	99.53	100	98.42	100
60	99.53	100	98.42	100

**Tabel 5. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi
Hoist + Trolley PLN dan Generator**

Time	Busbar 111		Busbar 3		Busbar 109	
	% V	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz
0	99.53	100	98.37	100	99.5	100
0.2	99.53	100	98.37	100	99.5	100
0.4	99.53	100	98.37	100	99.5	100
0.6	99.53	100	98.37	100	99.5	100
0.8	99.53	100	98.37	100	99.5	100
1	99.53	100	98.37	100	99.5	100
1.081	0	100	0	100.2	0	100
1.151	99.78	100	95.78	100.2	99.6	100
1.351	99.53	100	97.28	100.1	99.5	100
1.551	99.53	100	97.61	100	99.5	100
1.751	99.53	100	96.59	99.8	99.5	100
1.951	99.53	100	95.1	99.8	99.5	100
2.151	99.53	100	94.42	100	99.5	100
2.351	99.53	100	95.09	100.1	99.5	100
2.551	99.53	100	96.65	100.2	99.5	100
2.751	99.53	100	97.92	100.1	99.5	100
2.951	99.53	100	97.98	99.9	99.5	100
3.151	99.53	100	96.89	99.8	99.5	100
3.351	99.53	100	95.57	99.9	99.5	100
3.551	99.53	100	95.14	100	99.5	100
3.751	99.53	100	95.93	100.1	99.5	100
3.951	99.53	100	97.37	100.2	99.5	100
4.151	99.53	100	98.37	100.1	99.5	100
4.351	99.53	100	98.2	99.9	99.5	100
4.551	99.53	100	97.07	99.8	99.5	100
4.751	99.53	100	95.94	99.9	99.5	100
4.951	99.53	100	95.74	100	99.5	100
5.151	99.53	100	96.61	100.1	99.5	100
5.351	99.53	100	97.93	100.1	99.5	100
5.551	99.53	100	98.66	100	99.5	100
5.751	99.53	100	98.3	99.9	99.5	100
5.951	99.53	100	97.17	99.8	99.5	100
6.151	99.53	100	96.24	99.9	99.5	100
6.351	99.53	100	96.25	100	99.5	100
6.551	99.53	100	97.18	100.1	99.5	100

6.751	99.53	100	98.34	100.1	99.5	100
6.951	99.53	100	98.38	100	99.5	100
7.151	99.53	100	98.31	99.9	99.5	100
7.351	99.53	100	97.23	99.9	99.5	100
7.551	99.53	100	96.5	99.9	99.5	100
7.751	99.53	100	96.68	100.1	99.5	100
7.951	99.53	100	97.64	100.1	99.5	100
8.151	99.53	100	98.64	100.1	99.5	100
8.351	99.53	100	98.9	100	99.5	100
8.551	99.53	100	98.26	99.9	99.5	100
8.751	99.53	100	97.27	99.9	99.5	100
8.951	99.53	100	96.73	100	99.5	100
9.151	99.53	100	97.06	100.1	99.5	100
9.351	99.53	100	98.01	100.1	99.5	100
9.551	99.53	100	98.84	100.1	99.5	100
9.751	99.53	100	98.9	100	99.5	100
9.951	99.53	100	98.19	99.9	99.5	100
10.151	99.53	100	97.29	99.9	99.5	100
10.351	99.53	100	96.95	100	99.5	100
10.551	99.53	100	97.4	100.1	99.5	100
10.751	99.53	100	98.31	100.1	99.5	100
10.951	99.53	100	98.96	100	99.5	100
11.151	99.53	100	98.85	99.9	99.5	100
11.351	99.53	100	98.09	99.9	99.5	100
11.551	99.53	100	97.32	99.9	99.5	100
11.751	99.53	100	97.15	100	99.5	100
11.951	99.53	100	97.69	100.1	99.5	100
12.151	99.53	100	98.54	100.1	99.5	100
12.351	99.53	100	99.01	100	99.5	100
12.551	99.53	100	98.76	99.9	99.5	100
12.751	99.53	100	98	99.9	99.5	100
12.951	99.53	100	97.37	99.9	99.5	100
13.151	99.53	100	97.35	100	99.5	100
13.351	99.53	100	97.95	100.1	99.5	100
13.551	99.53	100	98.7	100.1	99.5	100
13.751	99.53	100	99.01	100	99.5	100
13.951	99.53	100	98.65	99.9	99.5	100
14.151	99.53	100	97.92	99.9	99.5	100
14.351	99.53	100	97.42	100	99.5	100

14.551	99.53	100	97.54	100	99.5	100
14.751	99.53	100	98.17	100.1	99.5	100
14.951	99.53	100	98.82	100.1	99.5	100
15.151	99.53	100	98.97	100	99.5	100
15.351	99.53	100	98.53	99.9	99.5	100
15.551	99.53	100	97.85	99.9	99.5	100
15.751	99.53	100	97.5	100	99.5	100
15.951	99.53	100	97.72	100.1	99.5	100
16.151	99.53	100	98.35	100.1	99.5	100
16.351	99.53	100	98.89	100	99.5	100
16.551	99.53	100	98.9	100	99.5	100
16.751	99.53	100	98.41	99.9	99.5	100
16.951	99.53	100	97.81	99.9	99.5	100
17.151	99.53	100	97.58	100	99.5	100
17.351	99.53	100	97.9	100.1	99.5	100
17.551	99.53	100	98.05	100.1	99.5	100
17.751	99.53	100	98.91	100	99.5	100
17.951	99.53	100	98.82	100	99.5	100
18.151	99.53	100	98.3	99.9	99.5	100
18.351	99.53	100	97.8	99.9	99.5	100
18.551	99.53	100	97.68	100	99.5	100
18.751	99.53	100	98.06	100.1	99.5	100
18.951	99.53	100	98.61	100.1	99.5	100
19.151	99.53	100	98.91	100	99.5	100
19.351	99.53	100	98.72	100	99.5	100
19.551	99.53	100	98.2	99.9	99.5	100
19.751	99.53	100	97.78	100	99.5	100
19.951	99.53	100	97.78	100	99.5	100
20.151	99.53	100	98.2	100.1	99.5	100
20.351	99.53	100	98.7	100.1	99.5	100
20.551	99.53	100	98.88	100	99.5	100
20.751	99.53	100	98.61	99.9	99.5	100
20.951	99.53	100	98.12	99.9	99.5	100
21.151	99.53	100	97.8	100	99.5	100
21.351	99.53	100	97.89	100	99.5	100
21.551	99.53	100	98.32	100.1	99.5	100
21.751	99.53	100	98.75	100	99.5	100
21.951	99.53	100	98.83	100	99.5	100
22.151	99.53	100	98.51	99.9	99.5	100

22.351	99.53	100	98.06	99.9	99.5	100
22.551	99.53	100	97.83	100	99.5	100
22.751	99.53	100	98	100	99.5	100
22.951	99.53	100	98.43	100.1	99.5	100
23.151	99.53	100	98.77	100	99.5	100
23.351	99.53	100	98.76	100	99.5	100
23.551	99.53	100	98.41	99.9	99.5	100
23.751	99.53	100	98.01	100	99.5	100
23.951	99.53	100	97.88	100	99.5	100
24.151	99.53	100	98.11	100	99.5	100
24.351	99.53	100	98.52	100.1	99.5	100
24.551	99.53	100	98.78	100	99.5	100
24.751	99.53	100	98.69	100	99.5	100
24.951	99.53	100	98.31	99.9	99.5	100
25.151	99.53	100	97.99	100	99.5	100
25.351	99.53	100	97.94	100	99.5	100
25.551	99.53	100	98.21	100	99.5	100
25.751	99.53	100	98.58	100	99.5	100
25.951	99.53	100	98.76	100	99.5	100
26.151	99.53	100	98.61	100	99.5	100
26.351	99.53	100	98.26	100	99.5	100
26.551	99.53	100	97.98	100	99.5	100
26.751	99.53	100	98.01	100	99.5	100
26.951	99.53	100	98.3	100	99.5	100
27.151	99.53	100	98.62	100	99.5	100
27.351	99.53	100	98.73	100	99.5	100
27.551	99.53	100	98.53	100	99.5	100
27.751	99.53	100	98.2	100	99.5	100
27.951	99.53	100	97.99	100	99.5	100
28.151	99.53	100	98.08	100	99.5	100
28.351	99.53	100	98.37	100	99.5	100
28.551	99.53	100	98.65	100	99.5	100
28.751	99.53	100	98.69	100	99.5	100
28.951	99.53	100	98.46	100	99.5	100
29.151	99.53	100	98.16	100	99.5	100
29.351	99.53	100	98.02	100	99.5	100
29.551	99.53	100	98.15	100	99.5	100
29.751	99.53	100	98.44	100	99.5	100
29.951	99.53	100	98.66	100	99.5	100

30.151	99.53	100	98.64	100	99.5	100
30.351	99.53	100	98.39	100	99.5	100
30.551	99.53	100	98.13	100	99.5	100
30.751	99.53	100	98.05	100	99.5	100
30.951	99.53	100	98.22	100	99.5	100
31.151	99.53	100	98.49	100	99.5	100
31.351	99.53	100	98.66	100	99.5	100
31.551	99.53	100	98.58	100	99.5	100
31.751	99.53	100	98.33	100	99.5	100
31.951	99.53	100	98.11	100	99.5	100
32.151	99.53	100	98.09	100	99.5	100
32.351	99.53	100	98.28	100	99.5	100
32.551	99.53	100	98.53	100	99.5	100
32.751	99.53	100	98.64	100	99.5	100
32.951	99.53	100	98.53	100	99.5	100
33.151	99.53	100	98.28	100	99.5	100
33.351	99.53	100	98.11	100	99.5	100
33.551	99.53	100	98.14	100	99.5	100
33.751	99.53	100	98.34	100	99.5	100
33.951	99.53	100	98.56	100	99.5	100
34.151	99.53	100	98.61	100	99.5	100
34.351	99.53	100	98.47	100	99.5	100
34.551	99.53	100	98.25	100	99.5	100
34.751	99.53	100	98.12	100	99.5	100
34.951	99.53	100	98.19	100	99.5	100
35.151	99.53	100	98.39	100	99.5	100
35.351	99.53	100	98.57	100	99.5	100
35.551	99.53	100	98.58	100	99.5	100
35.751	99.53	100	98.42	100	99.5	100
35.951	99.53	100	98.22	100	99.5	100
36.151	99.53	100	98.13	100	99.5	100
36.351	99.53	100	98.23	100	99.5	100
36.551	99.53	100	98.43	100	99.5	100
36.751	99.53	100	98.57	100	99.5	100
36.951	99.53	100	98.54	100	99.5	100
37.151	99.53	100	98.37	100	99.5	100
37.351	99.53	100	98.2	100	99.5	100
37.551	99.53	100	98.16	100	99.5	100
37.751	99.53	100	98.28	100	99.5	100

37.951	99.53	100	98.47	100	99.5	100
38.151	99.53	100	98.57	100	99.5	100
38.351	99.53	100	98.51	100	99.5	100
38.551	99.53	100	98.33	100	99.5	100
38.751	99.53	100	98.19	100	99.5	100
38.951	99.53	100	98.19	100	99.5	100
39.151	99.53	100	98.32	100	99.5	100
39.351	99.53	100	98.49	100	99.5	100
39.551	99.53	100	98.55	100	99.5	100
39.751	99.53	100	98.47	100	99.5	100
39.951	99.53	100	98.3	100	99.5	100
40.151	99.53	100	98.19	100	99.5	100
40.351	99.53	100	98.22	100	99.5	100
40.551	99.53	100	98.36	100	99.5	100
40.751	99.53	100	98.5	100	99.5	100
40.951	99.53	100	98.53	100	99.5	100
41.151	99.53	100	98.43	100	99.5	100
41.351	99.53	100	98.28	100	99.5	100
41.551	99.53	100	98.2	100	99.5	100
41.751	99.53	100	98.25	100	99.5	100
41.951	99.53	100	98.39	100	99.5	100
42.151	99.53	100	98.51	100	99.5	100
42.351	99.53	100	98.51	100	99.5	100
42.551	99.53	100	98.39	100	99.5	100
42.751	99.53	100	98.26	100	99.5	100
42.951	99.53	100	98.21	100	99.5	100
43.151	99.53	100	98.29	100	99.5	100
43.351	99.53	100	98.42	100	99.5	100
43.551	99.53	100	98.51	100	99.5	100
43.751	99.53	100	98.48	100	99.5	100
43.951	99.53	100	98.36	100	99.5	100
44.151	99.53	100	98.25	100	99.5	100
44.351	99.53	100	98.23	100	99.5	100
44.551	99.53	100	98.32	100	99.5	100
44.751	99.53	100	98.44	100	99.5	100
44.951	99.53	100	98.5	100	99.5	100
45.151	99.53	100	98.46	100	99.5	100
45.351	99.53	100	98.34	100	99.5	100
45.551	99.53	100	98.25	100	99.5	100

45.751	99.53	100	98.25	100	99.5	100
45.951	99.53	100	98.35	100	99.5	100
46.151	99.53	100	98.46	100	99.5	100
46.351	99.53	100	98.49	100	99.5	100
46.551	99.53	100	98.43	100	99.5	100
46.751	99.53	100	98.32	100	99.5	100
46.951	99.53	100	98.25	100	99.5	100
47.151	99.53	100	98.27	100	99.5	100
47.351	99.53	100	98.37	100	99.5	100
47.551	99.53	100	98.46	100	99.5	100
47.751	99.53	100	98.48	100	99.5	100
47.951	99.53	100	98.4	100	99.5	100
48.151	99.53	100	98.3	100	99.5	100
48.351	99.53	100	98.25	100	99.5	100
48.551	99.53	100	98.3	100	99.5	100
48.751	99.53	100	98.39	100	99.5	100
48.951	99.53	100	98.47	100	99.5	100
49.151	99.53	100	98.46	100	99.5	100
49.351	99.53	100	98.38	100	99.5	100
49.551	99.53	100	98.29	100	99.5	100
49.751	99.53	100	98.26	100	99.5	100
49.951	99.53	100	98.32	100	99.5	100
50.151	99.53	100	98.41	100	99.5	100
50.351	99.53	100	98.47	100	99.5	100
50.551	99.53	100	98.44	100	99.5	100
50.751	99.53	100	98.36	100	99.5	100
50.951	99.53	100	98.29	100	99.5	100
51.151	99.53	100	98.28	100	99.5	100
51.351	99.53	100	98.34	100	99.5	100
51.551	99.53	100	98.42	100	99.5	100
51.751	99.53	100	98.46	100	99.5	100
51.951	99.53	100	98.42	100	99.5	100
52.151	99.53	100	98.34	100	99.5	100
52.351	99.53	100	98.28	100	99.5	100
52.551	99.53	100	98.29	100	99.5	100
52.751	99.53	100	98.36	100	99.5	100
52.951	99.53	100	98.43	100	99.5	100
53.151	99.53	100	98.45	100	99.5	100
53.351	99.53	100	98.4	100	99.5	100

53.551	99.53	100	98.33	100	99.5	100
53.751	99.53	100	98.29	100	99.5	100
53.951	99.53	100	98.32	100	99.5	100
54.151	99.53	100	98.38	100	99.5	100
54.351	99.53	100	98.44	100	99.5	100
54.551	99.53	100	98.44	100	99.5	100
54.751	99.53	100	98.39	100	99.5	100
54.951	99.53	100	98.32	100	99.5	100
55.151	99.53	100	98.29	100	99.5	100
55.351	99.53	100	98.32	100	99.5	100
55.551	99.53	100	98.39	100	99.5	100
55.751	99.53	100	98.44	100	99.5	100
55.951	99.53	100	98.43	100	99.5	100
56.151	99.53	100	98.37	100	99.5	100
56.351	99.53	100	98.31	100	99.5	100
56.551	99.53	100	98.3	100	99.5	100
56.751	99.53	100	98.34	100	99.5	100
56.951	99.53	100	98.4	100	99.5	100
57.151	99.53	100	98.43	100	99.5	100
57.351	99.53	100	98.42	100	99.5	100
57.551	99.53	100	98.36	100	99.5	100
57.751	99.53	100	98.31	100	99.5	100
57.951	99.53	100	98.31	100	99.5	100
58.151	99.53	100	98.35	100	99.5	100
58.351	99.53	100	98.41	100	99.5	100
58.551	99.53	100	98.43	100	99.5	100
58.751	99.53	100	98.4	100	99.5	100
58.951	99.53	100	98.35	100	99.5	100
59.151	99.53	100	98.31	100	99.5	100
59.351	99.53	100	98.32	100	99.5	100
59.551	99.53	100	98.37	100	99.5	100
59.751	99.53	100	98.41	100	99.5	100
59.951	99.53	100	98.42	100	99.5	100
60	99.53	100	98.42	100	99.5	100

Tabel 6. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi Gantry dan Simulasi Boom PLN dan PV

Simulasi Gantry			Simulasi Boom		
Time	Busbar 55		Time	Busbar 47	
	%V	%Hz		%V	%Hz
0	94.5	100	0	94.64	100
0.2	94.5	100	0.2	94.64	100
0.4	94.5	100	0.4	94.64	100
0.6	94.5	100	0.6	94.64	100
0.8	94.5	100	0.8	94.64	100
1	94.5	100	1	94.64	100
1.125	0	100	1.125	0	100
1.151	96.1	100	1.151	94.86	100
1.351	94.5	100	1.351	94.64	100
1.551	94.5	100	1.551	94.64	100
1.751	94.5	100	1.751	94.64	100
1.951	94.5	100	1.951	94.64	100
2.151	94.5	100	2.151	94.64	100
2.351	94.5	100	2.351	94.64	100
2.551	94.5	100	2.551	94.64	100
2.751	94.5	100	2.751	94.64	100
2.951	94.5	100	2.951	94.64	100
3.151	94.5	100	3.151	94.64	100
3.351	94.5	100	3.351	94.64	100
3.551	94.5	100	3.551	94.64	100
3.751	94.5	100	3.751	94.64	100
3.951	94.5	100	3.951	94.64	100
4.151	94.5	100	4.151	94.64	100
4.351	94.5	100	4.351	94.64	100
4.551	94.5	100	4.551	94.64	100
4.751	94.5	100	4.751	94.64	100
4.951	94.5	100	4.951	94.64	100
5.151	94.5	100	5.151	94.64	100
5.351	94.5	100	5.351	94.64	100
5.551	94.5	100	5.551	94.64	100
5.751	94.5	100	5.751	94.64	100
5.951	94.5	100	5.951	94.64	100
6.151	94.5	100	6.151	94.64	100

6.351	94.5	100	6.351	94.64	100
6.551	94.5	100	6.551	94.64	100
6.751	94.5	100	6.751	94.64	100
6.951	94.5	100	6.951	94.64	100
7.151	94.5	100	7.151	94.64	100
7.351	94.5	100	7.351	94.64	100
7.551	94.5	100	7.551	94.64	100
7.751	94.5	100	7.751	94.64	100
7.951	94.5	100	7.951	94.64	100
8.151	94.5	100	8.151	94.64	100
8.351	94.5	100	8.351	94.64	100
8.551	94.5	100	8.551	94.64	100
8.751	94.5	100	8.751	94.64	100
8.951	94.5	100	8.951	94.64	100
9.151	94.5	100	9.151	94.64	100
9.351	94.5	100	9.351	94.64	100
9.551	94.5	100	9.551	94.64	100
9.751	94.5	100	9.751	94.64	100
9.951	94.5	100	9.951	94.64	100
10.151	94.5	100	10.151	94.64	100
10.351	94.5	100	10.351	94.64	100
10.551	94.5	100	10.551	94.64	100
10.751	94.5	100	10.751	94.64	100
10.951	94.5	100	10.951	94.64	100
11.151	94.5	100	11.151	94.64	100
11.351	94.5	100	11.351	94.64	100
11.551	94.5	100	11.551	94.64	100
11.751	94.5	100	11.751	94.64	100
11.951	94.5	100	11.951	94.64	100
12.151	94.5	100	12.151	94.64	100
12.351	94.5	100	12.351	94.64	100
12.551	94.5	100	12.551	94.64	100
12.751	94.5	100	12.751	94.64	100
12.951	94.5	100	12.951	94.64	100
13.151	94.5	100	13.151	94.64	100
13.351	94.5	100	13.351	94.64	100
13.551	94.5	100	13.551	94.64	100
13.751	94.5	100	13.751	94.64	100
13.951	94.5	100	13.951	94.64	100

14.151	94.5	100	14.151	94.64	100
14.351	94.5	100	14.351	94.64	100
14.551	94.5	100	14.551	94.64	100
14.751	94.5	100	14.751	94.64	100
14.951	94.5	100	14.951	94.64	100
15.151	94.5	100	15.151	94.64	100
15.351	94.5	100	15.351	94.64	100
15.551	94.5	100	15.551	94.64	100
15.751	94.5	100	15.751	94.64	100
15.951	94.5	100	15.951	94.64	100
16.151	94.5	100	16.151	94.64	100
16.351	94.5	100	16.351	94.64	100
16.551	94.5	100	16.551	94.64	100
16.751	94.5	100	16.751	94.64	100
16.951	94.5	100	16.951	94.64	100
17.151	94.5	100	17.151	94.64	100
17.351	94.5	100	17.351	94.64	100
17.551	94.5	100	17.551	94.64	100
17.751	94.5	100	17.751	94.64	100
17.951	94.5	100	17.951	94.64	100
18.151	94.5	100	18.151	94.64	100
18.351	94.5	100	18.351	94.64	100
18.551	94.5	100	18.551	94.64	100
18.751	94.5	100	18.751	94.64	100
18.951	94.5	100	18.951	94.64	100
19.151	94.5	100	19.151	94.64	100
19.351	94.5	100	19.351	94.64	100
19.551	94.5	100	19.551	94.64	100
19.751	94.5	100	19.751	94.64	100
19.951	94.5	100	19.951	94.64	100
20.151	94.5	100	20.151	94.64	100
20.351	94.5	100	20.351	94.64	100
20.551	94.5	100	20.551	94.64	100
20.751	94.5	100	20.751	94.64	100
20.951	94.5	100	20.951	94.64	100
21.151	94.5	100	21.151	94.64	100
21.351	94.5	100	21.351	94.64	100
21.551	94.5	100	21.551	94.64	100
21.751	94.5	100	21.751	94.64	100

21.951	94.5	100	21.951	94.64	100
22.151	94.5	100	22.151	94.64	100
22.351	94.5	100	22.351	94.64	100
22.551	94.5	100	22.551	94.64	100
22.751	94.5	100	22.751	94.64	100
22.951	94.5	100	22.951	94.64	100
23.151	94.5	100	23.151	94.64	100
23.351	94.5	100	23.351	94.64	100
23.551	94.5	100	23.551	94.64	100
23.751	94.5	100	23.751	94.64	100
23.951	94.5	100	23.951	94.64	100
24.151	94.5	100	24.151	94.64	100
24.351	94.5	100	24.351	94.64	100
24.551	94.5	100	24.551	94.64	100
24.751	94.5	100	24.751	94.64	100
24.951	94.5	100	24.951	94.64	100
25.151	94.5	100	25.151	94.64	100
25.351	94.5	100	25.351	94.64	100
25.551	94.5	100	25.551	94.64	100
25.751	94.5	100	25.751	94.64	100
25.951	94.5	100	25.951	94.64	100
26.151	94.5	100	26.151	94.64	100
26.351	94.5	100	26.351	94.64	100
26.551	94.5	100	26.551	94.64	100
26.751	94.5	100	26.751	94.64	100
26.951	94.5	100	26.951	94.64	100
27.151	94.5	100	27.151	94.64	100
27.351	94.5	100	27.351	94.64	100
27.551	94.5	100	27.551	94.64	100
27.751	94.5	100	27.751	94.64	100
27.951	94.5	100	27.951	94.64	100
28.151	94.5	100	28.151	94.64	100
28.351	94.5	100	28.351	94.64	100
28.551	94.5	100	28.551	94.64	100
28.751	94.5	100	28.751	94.64	100
28.951	94.5	100	28.951	94.64	100
29.151	94.5	100	29.151	94.64	100
29.351	94.5	100	29.351	94.64	100
29.551	94.5	100	29.551	94.64	100

29.751	94.5	100	29.751	94.64	100
29.951	94.5	100	29.951	94.64	100
30.151	94.5	100	30.151	94.64	100
30.351	94.5	100	30.351	94.64	100
30.551	94.5	100	30.551	94.64	100
30.751	94.5	100	30.751	94.64	100
30.951	94.5	100	30.951	94.64	100
31.151	94.5	100	31.151	94.64	100
31.351	94.5	100	31.351	94.64	100
31.551	94.5	100	31.551	94.64	100
31.751	94.5	100	31.751	94.64	100
31.951	94.5	100	31.951	94.64	100
32.151	94.5	100	32.151	94.64	100
32.351	94.5	100	32.351	94.64	100
32.551	94.5	100	32.551	94.64	100
32.751	94.5	100	32.751	94.64	100
32.951	94.5	100	32.951	94.64	100
33.151	94.5	100	33.151	94.64	100
33.351	94.5	100	33.351	94.64	100
33.551	94.5	100	33.551	94.64	100
33.751	94.5	100	33.751	94.64	100
33.951	94.5	100	33.951	94.64	100
34.151	94.5	100	34.151	94.64	100
34.351	94.5	100	34.351	94.64	100
34.551	94.5	100	34.551	94.64	100
34.751	94.5	100	34.751	94.64	100
34.951	94.5	100	34.951	94.64	100
35.151	94.5	100	35.151	94.64	100
35.351	94.5	100	35.351	94.64	100
35.551	94.5	100	35.551	94.64	100
35.751	94.5	100	35.751	94.64	100
35.951	94.5	100	35.951	94.64	100
36.151	94.5	100	36.151	94.64	100
36.351	94.5	100	36.351	94.64	100
36.551	94.5	100	36.551	94.64	100
36.751	94.5	100	36.751	94.64	100
36.951	94.5	100	36.951	94.64	100
37.151	94.5	100	37.151	94.64	100
37.351	94.5	100	37.351	94.64	100

37.551	94.5	100	37.551	94.64	100
37.751	94.5	100	37.751	94.64	100
37.951	94.5	100	37.951	94.64	100
38.151	94.5	100	38.151	94.64	100
38.351	94.5	100	38.351	94.64	100
38.551	94.5	100	38.551	94.64	100
38.751	94.5	100	38.751	94.64	100
38.951	94.5	100	38.951	94.64	100
39.151	94.5	100	39.151	94.64	100
39.351	94.5	100	39.351	94.64	100
39.551	94.5	100	39.551	94.64	100
39.751	94.5	100	39.751	94.64	100
39.951	94.5	100	39.951	94.64	100
40.151	94.5	100	40.151	94.64	100
40.351	94.5	100	40.351	94.64	100
40.551	94.5	100	40.551	94.64	100
40.751	94.5	100	40.751	94.64	100
40.951	94.5	100	40.951	94.64	100
41.151	94.5	100	41.151	94.64	100
41.351	94.5	100	41.351	94.64	100
41.551	94.5	100	41.551	94.64	100
41.751	94.5	100	41.751	94.64	100
41.951	94.5	100	41.951	94.64	100
42.151	94.5	100	42.151	94.64	100
42.351	94.5	100	42.351	94.64	100
42.551	94.5	100	42.551	94.64	100
42.751	94.5	100	42.751	94.64	100
42.951	94.5	100	42.951	94.64	100
43.151	94.5	100	43.151	94.64	100
43.351	94.5	100	43.351	94.64	100
43.551	94.5	100	43.551	94.64	100
43.751	94.5	100	43.751	94.64	100
43.951	94.5	100	43.951	94.64	100
44.151	94.5	100	44.151	94.64	100
44.351	94.5	100	44.351	94.64	100
44.551	94.5	100	44.551	94.64	100
44.751	94.5	100	44.751	94.64	100
44.951	94.5	100	44.951	94.64	100
45.151	94.5	100	45.151	94.64	100

45.351	94.5	100	45.351	94.64	100
45.551	94.5	100	45.551	94.64	100
45.751	94.5	100	45.751	94.64	100
45.951	94.5	100	45.951	94.64	100
46.151	94.5	100	46.151	94.64	100
46.351	94.5	100	46.351	94.64	100
46.551	94.5	100	46.551	94.64	100
46.751	94.5	100	46.751	94.64	100
46.951	94.5	100	46.951	94.64	100
47.151	94.5	100	47.151	94.64	100
47.351	94.5	100	47.351	94.64	100
47.551	94.5	100	47.551	94.64	100
47.751	94.5	100	47.751	94.64	100
47.951	94.5	100	47.951	94.64	100
48.151	94.5	100	48.151	94.64	100
48.351	94.5	100	48.351	94.64	100
48.551	94.5	100	48.551	94.64	100
48.751	94.5	100	48.751	94.64	100
48.951	94.5	100	48.951	94.64	100
49.151	94.5	100	49.151	94.64	100
49.351	94.5	100	49.351	94.64	100
49.551	94.5	100	49.551	94.64	100
49.751	94.5	100	49.751	94.64	100
49.951	94.5	100	49.951	94.64	100
50.151	94.5	100	50.151	94.64	100
50.351	94.5	100	50.351	94.64	100
50.551	94.5	100	50.551	94.64	100
50.751	94.5	100	50.751	94.64	100
50.951	94.5	100	50.951	94.64	100
51.151	94.5	100	51.151	94.64	100
51.351	94.5	100	51.351	94.64	100
51.551	94.5	100	51.551	94.64	100
51.751	94.5	100	51.751	94.64	100
51.951	94.5	100	51.951	94.64	100
52.151	94.5	100	52.151	94.64	100
52.351	94.5	100	52.351	94.64	100
52.551	94.5	100	52.551	94.64	100
52.751	94.5	100	52.751	94.64	100
52.951	94.5	100	52.951	94.64	100

53.151	94.5	100	53.151	94.64	100
53.351	94.5	100	53.351	94.64	100
53.551	94.5	100	53.551	94.64	100
53.751	94.5	100	53.751	94.64	100
53.951	94.5	100	53.951	94.64	100
54.151	94.5	100	54.151	94.64	100
54.351	94.5	100	54.351	94.64	100
54.551	94.5	100	54.551	94.64	100
54.751	94.5	100	54.751	94.64	100
54.951	94.5	100	54.951	94.64	100
55.151	94.5	100	55.151	94.64	100
55.351	94.5	100	55.351	94.64	100
55.551	94.5	100	55.551	94.64	100
55.751	94.5	100	55.751	94.64	100
55.951	94.5	100	55.951	94.64	100
56.151	94.5	100	56.151	94.64	100
56.351	94.5	100	56.351	94.64	100
56.551	94.5	100	56.551	94.64	100
56.751	94.5	100	56.751	94.64	100
56.951	94.5	100	56.951	94.64	100
57.151	94.5	100	57.151	94.64	100
57.351	94.5	100	57.351	94.64	100
57.551	94.5	100	57.551	94.64	100
57.751	94.5	100	57.751	94.64	100
57.951	94.5	100	57.951	94.64	100
58.151	94.5	100	58.151	94.64	100
58.351	94.5	100	58.351	94.64	100
58.551	94.5	100	58.551	94.64	100
58.751	94.5	100	58.751	94.64	100
58.951	94.5	100	58.951	94.64	100
59.151	94.5	100	59.151	94.64	100
59.351	94.5	100	59.351	94.64	100
59.551	94.5	100	59.551	94.64	100
59.751	94.5	100	59.751	94.64	100
59.951	94.5	100	59.951	94.64	100
60	94.5	100	60	94.64	100

Tabel 7. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi Boom dan Simulasi Trolley PLN dan PV

Simulasi Trolley			Simulasi Hoist		
Time	Busbar 109		Time	Busbar 111	
	%V	%Hz		%V	%Hz
0	94.48	100	0	94.51	100
0.2	94.48	100	0.2	94.51	100
0.4	94.48	100	0.4	94.51	100
0.6	94.48	100	0.6	94.51	100
0.8	94.48	100	0.8	94.51	100
1	94.48	100	1	94.51	100
1.125	0	100	1.125	0	100
1.151	94.74	100	1.151	97.18	100
1.351	94.48	100	1.351	94.51	100
1.551	94.48	100	1.551	94.51	100
1.751	94.48	100	1.751	94.51	100
1.951	94.48	100	1.951	94.51	100
2.151	94.48	100	2.151	94.51	100
2.351	94.48	100	2.351	94.51	100
2.551	94.48	100	2.551	94.51	100
2.751	94.48	100	2.751	94.51	100
2.951	94.48	100	2.951	94.51	100
3.151	94.48	100	3.151	94.51	100
3.351	94.48	100	3.351	94.51	100
3.551	94.48	100	3.551	94.51	100
3.751	94.48	100	3.751	94.51	100
3.951	94.48	100	3.951	94.51	100
4.151	94.48	100	4.151	94.51	100
4.351	94.48	100	4.351	94.51	100
4.551	94.48	100	4.551	94.51	100
4.751	94.48	100	4.751	94.51	100
4.951	94.48	100	4.951	94.51	100
5.151	94.48	100	5.151	94.51	100
5.351	94.48	100	5.351	94.51	100
5.551	94.48	100	5.551	94.51	100
5.751	94.48	100	5.751	94.51	100
5.951	94.48	100	5.951	94.51	100
6.151	94.48	100	6.151	94.51	100

6.351	94.48	100	6.351	94.51	100
6.551	94.48	100	6.551	94.51	100
6.751	94.48	100	6.751	94.51	100
6.951	94.48	100	6.951	94.51	100
7.151	94.48	100	7.151	94.51	100
7.351	94.48	100	7.351	94.51	100
7.551	94.48	100	7.551	94.51	100
7.751	94.48	100	7.751	94.51	100
7.951	94.48	100	7.951	94.51	100
8.151	94.48	100	8.151	94.51	100
8.351	94.48	100	8.351	94.51	100
8.551	94.48	100	8.551	94.51	100
8.751	94.48	100	8.751	94.51	100
8.951	94.48	100	8.951	94.51	100
9.151	94.48	100	9.151	94.51	100
9.351	94.48	100	9.351	94.51	100
9.551	94.48	100	9.551	94.51	100
9.751	94.48	100	9.751	94.51	100
9.951	94.48	100	9.951	94.51	100
10.151	94.48	100	10.151	94.51	100
10.351	94.48	100	10.351	94.51	100
10.551	94.48	100	10.551	94.51	100
10.751	94.48	100	10.751	94.51	100
10.951	94.48	100	10.951	94.51	100
11.151	94.48	100	11.151	94.51	100
11.351	94.48	100	11.351	94.51	100
11.551	94.48	100	11.551	94.51	100
11.751	94.48	100	11.751	94.51	100
11.951	94.48	100	11.951	94.51	100
12.151	94.48	100	12.151	94.51	100
12.351	94.48	100	12.351	94.51	100
12.551	94.48	100	12.551	94.51	100
12.751	94.48	100	12.751	94.51	100
12.951	94.48	100	12.951	94.51	100
13.151	94.48	100	13.151	94.51	100
13.351	94.48	100	13.351	94.51	100
13.551	94.48	100	13.551	94.51	100
13.751	94.48	100	13.751	94.51	100
13.951	94.48	100	13.951	94.51	100

14.151	94.48	100	14.151	94.51	100
14.351	94.48	100	14.351	94.51	100
14.551	94.48	100	14.551	94.51	100
14.751	94.48	100	14.751	94.51	100
14.951	94.48	100	14.951	94.51	100
15.151	94.48	100	15.151	94.51	100
15.351	94.48	100	15.351	94.51	100
15.551	94.48	100	15.551	94.51	100
15.751	94.48	100	15.751	94.51	100
15.951	94.48	100	15.951	94.51	100
16.151	94.48	100	16.151	94.51	100
16.351	94.48	100	16.351	94.51	100
16.551	94.48	100	16.551	94.51	100
16.751	94.48	100	16.751	94.51	100
16.951	94.48	100	16.951	94.51	100
17.151	94.48	100	17.151	94.51	100
17.351	94.48	100	17.351	94.51	100
17.551	94.48	100	17.551	94.51	100
17.751	94.48	100	17.751	94.51	100
17.951	94.48	100	17.951	94.51	100
18.151	94.48	100	18.151	94.51	100
18.351	94.48	100	18.351	94.51	100
18.551	94.48	100	18.551	94.51	100
18.751	94.48	100	18.751	94.51	100
18.951	94.48	100	18.951	94.51	100
19.151	94.48	100	19.151	94.51	100
19.351	94.48	100	19.351	94.51	100
19.551	94.48	100	19.551	94.51	100
19.751	94.48	100	19.751	94.51	100
19.951	94.48	100	19.951	94.51	100
20.151	94.48	100	20.151	94.51	100
20.351	94.48	100	20.351	94.51	100
20.551	94.48	100	20.551	94.51	100
20.751	94.48	100	20.751	94.51	100
20.951	94.48	100	20.951	94.51	100
21.151	94.48	100	21.151	94.51	100
21.351	94.48	100	21.351	94.51	100
21.551	94.48	100	21.551	94.51	100
21.751	94.48	100	21.751	94.51	100

21.951	94.48	100	21.951	94.51	100
22.151	94.48	100	22.151	94.51	100
22.351	94.48	100	22.351	94.51	100
22.551	94.48	100	22.551	94.51	100
22.751	94.48	100	22.751	94.51	100
22.951	94.48	100	22.951	94.51	100
23.151	94.48	100	23.151	94.51	100
23.351	94.48	100	23.351	94.51	100
23.551	94.48	100	23.551	94.51	100
23.751	94.48	100	23.751	94.51	100
23.951	94.48	100	23.951	94.51	100
24.151	94.48	100	24.151	94.51	100
24.351	94.48	100	24.351	94.51	100
24.551	94.48	100	24.551	94.51	100
24.751	94.48	100	24.751	94.51	100
24.951	94.48	100	24.951	94.51	100
25.151	94.48	100	25.151	94.51	100
25.351	94.48	100	25.351	94.51	100
25.551	94.48	100	25.551	94.51	100
25.751	94.48	100	25.751	94.51	100
25.951	94.48	100	25.951	94.51	100
26.151	94.48	100	26.151	94.51	100
26.351	94.48	100	26.351	94.51	100
26.551	94.48	100	26.551	94.51	100
26.751	94.48	100	26.751	94.51	100
26.951	94.48	100	26.951	94.51	100
27.151	94.48	100	27.151	94.51	100
27.351	94.48	100	27.351	94.51	100
27.551	94.48	100	27.551	94.51	100
27.751	94.48	100	27.751	94.51	100
27.951	94.48	100	27.951	94.51	100
28.151	94.48	100	28.151	94.51	100
28.351	94.48	100	28.351	94.51	100
28.551	94.48	100	28.551	94.51	100
28.751	94.48	100	28.751	94.51	100
28.951	94.48	100	28.951	94.51	100
29.151	94.48	100	29.151	94.51	100
29.351	94.48	100	29.351	94.51	100
29.551	94.48	100	29.551	94.51	100

29.751	94.48	100	29.751	94.51	100
29.951	94.48	100	29.951	94.51	100
30.151	94.48	100	30.151	94.51	100
30.351	94.48	100	30.351	94.51	100
30.551	94.48	100	30.551	94.51	100
30.751	94.48	100	30.751	94.51	100
30.951	94.48	100	30.951	94.51	100
31.151	94.48	100	31.151	94.51	100
31.351	94.48	100	31.351	94.51	100
31.551	94.48	100	31.551	94.51	100
31.751	94.48	100	31.751	94.51	100
31.951	94.48	100	31.951	94.51	100
32.151	94.48	100	32.151	94.51	100
32.351	94.48	100	32.351	94.51	100
32.551	94.48	100	32.551	94.51	100
32.751	94.48	100	32.751	94.51	100
32.951	94.48	100	32.951	94.51	100
33.151	94.48	100	33.151	94.51	100
33.351	94.48	100	33.351	94.51	100
33.551	94.48	100	33.551	94.51	100
33.751	94.48	100	33.751	94.51	100
33.951	94.48	100	33.951	94.51	100
34.151	94.48	100	34.151	94.51	100
34.351	94.48	100	34.351	94.51	100
34.551	94.48	100	34.551	94.51	100
34.751	94.48	100	34.751	94.51	100
34.951	94.48	100	34.951	94.51	100
35.151	94.48	100	35.151	94.51	100
35.351	94.48	100	35.351	94.51	100
35.551	94.48	100	35.551	94.51	100
35.751	94.48	100	35.751	94.51	100
35.951	94.48	100	35.951	94.51	100
36.151	94.48	100	36.151	94.51	100
36.351	94.48	100	36.351	94.51	100
36.551	94.48	100	36.551	94.51	100
36.751	94.48	100	36.751	94.51	100
36.951	94.48	100	36.951	94.51	100
37.151	94.48	100	37.151	94.51	100
37.351	94.48	100	37.351	94.51	100

37.551	94.48	100	37.551	94.51	100
37.751	94.48	100	37.751	94.51	100
37.951	94.48	100	37.951	94.51	100
38.151	94.48	100	38.151	94.51	100
38.351	94.48	100	38.351	94.51	100
38.551	94.48	100	38.551	94.51	100
38.751	94.48	100	38.751	94.51	100
38.951	94.48	100	38.951	94.51	100
39.151	94.48	100	39.151	94.51	100
39.351	94.48	100	39.351	94.51	100
39.551	94.48	100	39.551	94.51	100
39.751	94.48	100	39.751	94.51	100
39.951	94.48	100	39.951	94.51	100
40.151	94.48	100	40.151	94.51	100
40.351	94.48	100	40.351	94.51	100
40.551	94.48	100	40.551	94.51	100
40.751	94.48	100	40.751	94.51	100
40.951	94.48	100	40.951	94.51	100
41.151	94.48	100	41.151	94.51	100
41.351	94.48	100	41.351	94.51	100
41.551	94.48	100	41.551	94.51	100
41.751	94.48	100	41.751	94.51	100
41.951	94.48	100	41.951	94.51	100
42.151	94.48	100	42.151	94.51	100
42.351	94.48	100	42.351	94.51	100
42.551	94.48	100	42.551	94.51	100
42.751	94.48	100	42.751	94.51	100
42.951	94.48	100	42.951	94.51	100
43.151	94.48	100	43.151	94.51	100
43.351	94.48	100	43.351	94.51	100
43.551	94.48	100	43.551	94.51	100
43.751	94.48	100	43.751	94.51	100
43.951	94.48	100	43.951	94.51	100
44.151	94.48	100	44.151	94.51	100
44.351	94.48	100	44.351	94.51	100
44.551	94.48	100	44.551	94.51	100
44.751	94.48	100	44.751	94.51	100
44.951	94.48	100	44.951	94.51	100
45.151	94.48	100	45.151	94.51	100

45.351	94.48	100	45.351	94.51	100
45.551	94.48	100	45.551	94.51	100
45.751	94.48	100	45.751	94.51	100
45.951	94.48	100	45.951	94.51	100
46.151	94.48	100	46.151	94.51	100
46.351	94.48	100	46.351	94.51	100
46.551	94.48	100	46.551	94.51	100
46.751	94.48	100	46.751	94.51	100
46.951	94.48	100	46.951	94.51	100
47.151	94.48	100	47.151	94.51	100
47.351	94.48	100	47.351	94.51	100
47.551	94.48	100	47.551	94.51	100
47.751	94.48	100	47.751	94.51	100
47.951	94.48	100	47.951	94.51	100
48.151	94.48	100	48.151	94.51	100
48.351	94.48	100	48.351	94.51	100
48.551	94.48	100	48.551	94.51	100
48.751	94.48	100	48.751	94.51	100
48.951	94.48	100	48.951	94.51	100
49.151	94.48	100	49.151	94.51	100
49.351	94.48	100	49.351	94.51	100
49.551	94.48	100	49.551	94.51	100
49.751	94.48	100	49.751	94.51	100
49.951	94.48	100	49.951	94.51	100
50.151	94.48	100	50.151	94.51	100
50.351	94.48	100	50.351	94.51	100
50.551	94.48	100	50.551	94.51	100
50.751	94.48	100	50.751	94.51	100
50.951	94.48	100	50.951	94.51	100
51.151	94.48	100	51.151	94.51	100
51.351	94.48	100	51.351	94.51	100
51.551	94.48	100	51.551	94.51	100
51.751	94.48	100	51.751	94.51	100
51.951	94.48	100	51.951	94.51	100
52.151	94.48	100	52.151	94.51	100
52.351	94.48	100	52.351	94.51	100
52.551	94.48	100	52.551	94.51	100
52.751	94.48	100	52.751	94.51	100
52.951	94.48	100	52.951	94.51	100

53.151	94.48	100	53.151	94.51	100
53.351	94.48	100	53.351	94.51	100
53.551	94.48	100	53.551	94.51	100
53.751	94.48	100	53.751	94.51	100
53.951	94.48	100	53.951	94.51	100
54.151	94.48	100	54.151	94.51	100
54.351	94.48	100	54.351	94.51	100
54.551	94.48	100	54.551	94.51	100
54.751	94.48	100	54.751	94.51	100
54.951	94.48	100	54.951	94.51	100
55.151	94.48	100	55.151	94.51	100
55.351	94.48	100	55.351	94.51	100
55.551	94.48	100	55.551	94.51	100
55.751	94.48	100	55.751	94.51	100
55.951	94.48	100	55.951	94.51	100
56.151	94.48	100	56.151	94.51	100
56.351	94.48	100	56.351	94.51	100
56.551	94.48	100	56.551	94.51	100
56.751	94.48	100	56.751	94.51	100
56.951	94.48	100	56.951	94.51	100
57.151	94.48	100	57.151	94.51	100
57.351	94.48	100	57.351	94.51	100
57.551	94.48	100	57.551	94.51	100
57.751	94.48	100	57.751	94.51	100
57.951	94.48	100	57.951	94.51	100
58.151	94.48	100	58.151	94.51	100
58.351	94.48	100	58.351	94.51	100
58.551	94.48	100	58.551	94.51	100
58.751	94.48	100	58.751	94.51	100
58.951	94.48	100	58.951	94.51	100
59.151	94.48	100	59.151	94.51	100
59.351	94.48	100	59.351	94.51	100
59.551	94.48	100	59.551	94.51	100
59.751	94.48	100	59.751	94.51	100
59.951	94.48	100	59.951	94.51	100
60	94.48	100	60	94.51	100

**Tabel 8. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Simulasi Hoist +
Trolley PLN dan PV**

Time	Busbar 109		Busbar 111	
	% V	% Hz	% V	% Hz
0	94.48	100	94.51	100
0.2	94.48	100	94.51	100
0.4	94.48	100	94.51	100
0.6	94.48	100	94.51	100
0.8	94.48	100	94.51	100
1	94.48	100	94.51	100
1.125	0	100	0	100
1.151	94.74	100	97.18	100
1.351	94.48	100	94.51	100
1.551	94.48	100	94.51	100
1.751	94.48	100	94.51	100
1.951	94.48	100	94.51	100
2.151	94.48	100	94.51	100
2.351	94.48	100	94.51	100
2.551	94.48	100	94.51	100
2.751	94.48	100	94.51	100
2.951	94.48	100	94.51	100
3.151	94.48	100	94.51	100
3.351	94.48	100	94.51	100
3.551	94.48	100	94.51	100
3.751	94.48	100	94.51	100
3.951	94.48	100	94.51	100
4.151	94.48	100	94.51	100
4.351	94.48	100	94.51	100
4.551	94.48	100	94.51	100
4.751	94.48	100	94.51	100
4.951	94.48	100	94.51	100
5.151	94.48	100	94.51	100
5.351	94.48	100	94.51	100
5.551	94.48	100	94.51	100
5.751	94.48	100	94.51	100
5.951	94.48	100	94.51	100
6.151	94.48	100	94.51	100
6.351	94.48	100	94.51	100

6.551	94.48	100	94.51	100
6.751	94.48	100	94.51	100
6.951	94.48	100	94.51	100
7.151	94.48	100	94.51	100
7.351	94.48	100	94.51	100
7.551	94.48	100	94.51	100
7.751	94.48	100	94.51	100
7.951	94.48	100	94.51	100
8.151	94.48	100	94.51	100
8.351	94.48	100	94.51	100
8.551	94.48	100	94.51	100
8.751	94.48	100	94.51	100
8.951	94.48	100	94.51	100
9.151	94.48	100	94.51	100
9.351	94.48	100	94.51	100
9.551	94.48	100	94.51	100
9.751	94.48	100	94.51	100
9.951	94.48	100	94.51	100
10.151	94.48	100	94.51	100
10.351	94.48	100	94.51	100
10.551	94.48	100	94.51	100
10.751	94.48	100	94.51	100
10.951	94.48	100	94.51	100
11.151	94.48	100	94.51	100
11.351	94.48	100	94.51	100
11.551	94.48	100	94.51	100
11.751	94.48	100	94.51	100
11.951	94.48	100	94.51	100
12.151	94.48	100	94.51	100
12.351	94.48	100	94.51	100
12.551	94.48	100	94.51	100
12.751	94.48	100	94.51	100
12.951	94.48	100	94.51	100
13.151	94.48	100	94.51	100
13.351	94.48	100	94.51	100
13.551	94.48	100	94.51	100
13.751	94.48	100	94.51	100
13.951	94.48	100	94.51	100
14.151	94.48	100	94.51	100

14.351	94.48	100	94.51	100
14.551	94.48	100	94.51	100
14.751	94.48	100	94.51	100
14.951	94.48	100	94.51	100
15.151	94.48	100	94.51	100
15.351	94.48	100	94.51	100
15.551	94.48	100	94.51	100
15.751	94.48	100	94.51	100
15.951	94.48	100	94.51	100
16.151	94.48	100	94.51	100
16.351	94.48	100	94.51	100
16.551	94.48	100	94.51	100
16.751	94.48	100	94.51	100
16.951	94.48	100	94.51	100
17.151	94.48	100	94.51	100
17.351	94.48	100	94.51	100
17.551	94.48	100	94.51	100
17.751	94.48	100	94.51	100
17.951	94.48	100	94.51	100
18.151	94.48	100	94.51	100
18.351	94.48	100	94.51	100
18.551	94.48	100	94.51	100
18.751	94.48	100	94.51	100
18.951	94.48	100	94.51	100
19.151	94.48	100	94.51	100
19.351	94.48	100	94.51	100
19.551	94.48	100	94.51	100
19.751	94.48	100	94.51	100
19.951	94.48	100	94.51	100
20.151	94.48	100	94.51	100
20.351	94.48	100	94.51	100
20.551	94.48	100	94.51	100
20.751	94.48	100	94.51	100
20.951	94.48	100	94.51	100
21.151	94.48	100	94.51	100
21.351	94.48	100	94.51	100
21.551	94.48	100	94.51	100
21.751	94.48	100	94.51	100
21.951	94.48	100	94.51	100

22.151	94.48	100	94.51	100
22.351	94.48	100	94.51	100
22.551	94.48	100	94.51	100
22.751	94.48	100	94.51	100
22.951	94.48	100	94.51	100
23.151	94.48	100	94.51	100
23.351	94.48	100	94.51	100
23.551	94.48	100	94.51	100
23.751	94.48	100	94.51	100
23.951	94.48	100	94.51	100
24.151	94.48	100	94.51	100
24.351	94.48	100	94.51	100
24.551	94.48	100	94.51	100
24.751	94.48	100	94.51	100
24.951	94.48	100	94.51	100
25.151	94.48	100	94.51	100
25.351	94.48	100	94.51	100
25.551	94.48	100	94.51	100
25.751	94.48	100	94.51	100
25.951	94.48	100	94.51	100
26.151	94.48	100	94.51	100
26.351	94.48	100	94.51	100
26.551	94.48	100	94.51	100
26.751	94.48	100	94.51	100
26.951	94.48	100	94.51	100
27.151	94.48	100	94.51	100
27.351	94.48	100	94.51	100
27.551	94.48	100	94.51	100
27.751	94.48	100	94.51	100
27.951	94.48	100	94.51	100
28.151	94.48	100	94.51	100
28.351	94.48	100	94.51	100
28.551	94.48	100	94.51	100
28.751	94.48	100	94.51	100
28.951	94.48	100	94.51	100
29.151	94.48	100	94.51	100
29.351	94.48	100	94.51	100
29.551	94.48	100	94.51	100
29.751	94.48	100	94.51	100

29.951	94.48	100	94.51	100
30.151	94.48	100	94.51	100
30.351	94.48	100	94.51	100
30.551	94.48	100	94.51	100
30.751	94.48	100	94.51	100
30.951	94.48	100	94.51	100
31.151	94.48	100	94.51	100
31.351	94.48	100	94.51	100
31.551	94.48	100	94.51	100
31.751	94.48	100	94.51	100
31.951	94.48	100	94.51	100
32.151	94.48	100	94.51	100
32.351	94.48	100	94.51	100
32.551	94.48	100	94.51	100
32.751	94.48	100	94.51	100
32.951	94.48	100	94.51	100
33.151	94.48	100	94.51	100
33.351	94.48	100	94.51	100
33.551	94.48	100	94.51	100
33.751	94.48	100	94.51	100
33.951	94.48	100	94.51	100
34.151	94.48	100	94.51	100
34.351	94.48	100	94.51	100
34.551	94.48	100	94.51	100
34.751	94.48	100	94.51	100
34.951	94.48	100	94.51	100
35.151	94.48	100	94.51	100
35.351	94.48	100	94.51	100
35.551	94.48	100	94.51	100
35.751	94.48	100	94.51	100
35.951	94.48	100	94.51	100
36.151	94.48	100	94.51	100
36.351	94.48	100	94.51	100
36.551	94.48	100	94.51	100
36.751	94.48	100	94.51	100
36.951	94.48	100	94.51	100
37.151	94.48	100	94.51	100
37.351	94.48	100	94.51	100
37.551	94.48	100	94.51	100

37.751	94.48	100	94.51	100
37.951	94.48	100	94.51	100
38.151	94.48	100	94.51	100
38.351	94.48	100	94.51	100
38.551	94.48	100	94.51	100
38.751	94.48	100	94.51	100
38.951	94.48	100	94.51	100
39.151	94.48	100	94.51	100
39.351	94.48	100	94.51	100
39.551	94.48	100	94.51	100
39.751	94.48	100	94.51	100
39.951	94.48	100	94.51	100
40.151	94.48	100	94.51	100
40.351	94.48	100	94.51	100
40.551	94.48	100	94.51	100
40.751	94.48	100	94.51	100
40.951	94.48	100	94.51	100
41.151	94.48	100	94.51	100
41.351	94.48	100	94.51	100
41.551	94.48	100	94.51	100
41.751	94.48	100	94.51	100
41.951	94.48	100	94.51	100
42.151	94.48	100	94.51	100
42.351	94.48	100	94.51	100
42.551	94.48	100	94.51	100
42.751	94.48	100	94.51	100
42.951	94.48	100	94.51	100
43.151	94.48	100	94.51	100
43.351	94.48	100	94.51	100
43.551	94.48	100	94.51	100
43.751	94.48	100	94.51	100
43.951	94.48	100	94.51	100
44.151	94.48	100	94.51	100
44.351	94.48	100	94.51	100
44.551	94.48	100	94.51	100
44.751	94.48	100	94.51	100
44.951	94.48	100	94.51	100
45.151	94.48	100	94.51	100
45.351	94.48	100	94.51	100

45.551	94.48	100	94.51	100
45.751	94.48	100	94.51	100
45.951	94.48	100	94.51	100
46.151	94.48	100	94.51	100
46.351	94.48	100	94.51	100
46.551	94.48	100	94.51	100
46.751	94.48	100	94.51	100
46.951	94.48	100	94.51	100
47.151	94.48	100	94.51	100
47.351	94.48	100	94.51	100
47.551	94.48	100	94.51	100
47.751	94.48	100	94.51	100
47.951	94.48	100	94.51	100
48.151	94.48	100	94.51	100
48.351	94.48	100	94.51	100
48.551	94.48	100	94.51	100
48.751	94.48	100	94.51	100
48.951	94.48	100	94.51	100
49.151	94.48	100	94.51	100
49.351	94.48	100	94.51	100
49.551	94.48	100	94.51	100
49.751	94.48	100	94.51	100
49.951	94.48	100	94.51	100
50.151	94.48	100	94.51	100
50.351	94.48	100	94.51	100
50.551	94.48	100	94.51	100
50.751	94.48	100	94.51	100
50.951	94.48	100	94.51	100
51.151	94.48	100	94.51	100
51.351	94.48	100	94.51	100
51.551	94.48	100	94.51	100
51.751	94.48	100	94.51	100
51.951	94.48	100	94.51	100
52.151	94.48	100	94.51	100
52.351	94.48	100	94.51	100
52.551	94.48	100	94.51	100
52.751	94.48	100	94.51	100
52.951	94.48	100	94.51	100
53.151	94.48	100	94.51	100

53.351	94.48	100	94.51	100
53.551	94.48	100	94.51	100
53.751	94.48	100	94.51	100
53.951	94.48	100	94.51	100
54.151	94.48	100	94.51	100
54.351	94.48	100	94.51	100
54.551	94.48	100	94.51	100
54.751	94.48	100	94.51	100
54.951	94.48	100	94.51	100
55.151	94.48	100	94.51	100
55.351	94.48	100	94.51	100
55.551	94.48	100	94.51	100
55.751	94.48	100	94.51	100
55.951	94.48	100	94.51	100
56.151	94.48	100	94.51	100
56.351	94.48	100	94.51	100
56.551	94.48	100	94.51	100
56.751	94.48	100	94.51	100
56.951	94.48	100	94.51	100
57.151	94.48	100	94.51	100
57.351	94.48	100	94.51	100
57.551	94.48	100	94.51	100
57.751	94.48	100	94.51	100
57.951	94.48	100	94.51	100
58.151	94.48	100	94.51	100
58.351	94.48	100	94.51	100
58.551	94.48	100	94.51	100
58.751	94.48	100	94.51	100
58.951	94.48	100	94.51	100
59.151	94.48	100	94.51	100
59.351	94.48	100	94.51	100
59.551	94.48	100	94.51	100
59.751	94.48	100	94.51	100
59.951	94.48	100	94.51	100
60	94.48	100	94.51	100

BIODATA PENULIS



Syafri Octa Ferdiansyah, penulis dilahirkan di Surabaya pada 27 Oktober 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kaliasin IV Surabaya pada tahun 2004 – 2010, setelah itu penulis menempuh pendidikan formal di SMPN 6 Surabaya pada tahun 2010 - 2013, dan juga penulis melanjutkan pendidikan formal di SMAN 6 Surabaya pada tahun 2013 – 2016. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat yang lebih tinggi yaitu menuju perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, dengan Nomor Mahasiswa 04211640000017. Selama Berkuliah, penulis aktif berorganisasi dari semester pertama sampai semester terakhir. Berbagai Kepanitiaan juga diikuti ketika sedang ada *event event* di lingkungan ITS. Seperti contohnya penulis pernah mengikuti kepanitiaan Gerigi ITS 2017 dan 2018. Juga pernah mengikuti kepanitiaan Marine Icon yang merupakan event besar dari Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS. Penulis juga pernah melakukan suatu Kerja Praktek di PT Yasa Wahana Tirta Samudera (Semarang) pada tahun 2017, dan Melanjutkan Kerja Praktek di PT Indonesia Power (Grati-Pasuruan) pada tahun berikutnya yaitu tahun 2018.

E-mail : syafriocta@gmail.com

No Telp : (+62) 81232256356