

**ANALISIS PENGARUH PENYAMBUNGAN *DISTRIBUTED*
GENERATION PADA RUGI – RUGI DAYA SALURAN DISTRIBUSI**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:
SEPTIAN KEVIN ADIATAMA
NIM. 105060300111008 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS PENGARUH PENYAMBUNGAN *DISTRIBUTED*
GENERATION PADA RUGI – RUGI DAYA SALURAN DISTRIBUSI**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

SEPTIAN KEVIN ADIATAMA

NIM. 105060300111008 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D
NIP.19730520 200801 1 013

Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.
NIP.19680122 199512 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PENYAMBUNGAN *DISTRIBUTED*
GENERATION PADA RUGI – RUGI DAYA SALURAN DISTRIBUSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

SEPTIAN KEVIN ADIATAMA

NIM. 105060300111008 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 22 Januari 2015

DOSEN PENGUJI

Ir. Mahfudz Shiddiq, M.T.
NIP. 19580609 198703 1 003

Ir. Unggul Wibawa, M.Sc.
NIP. 19630106 198802 1 001

Ir. Soemarwanto, M.T.
NIP. 19500715 198003 1 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena hanya dengan rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Pengaruh Penyambungan *Distributed Generation* pada Rugi-Rugi Daya Saluran Distribusi" dengan baik. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Rasulullah SAW sebagai tauladan dalam menghadapi permasalahan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

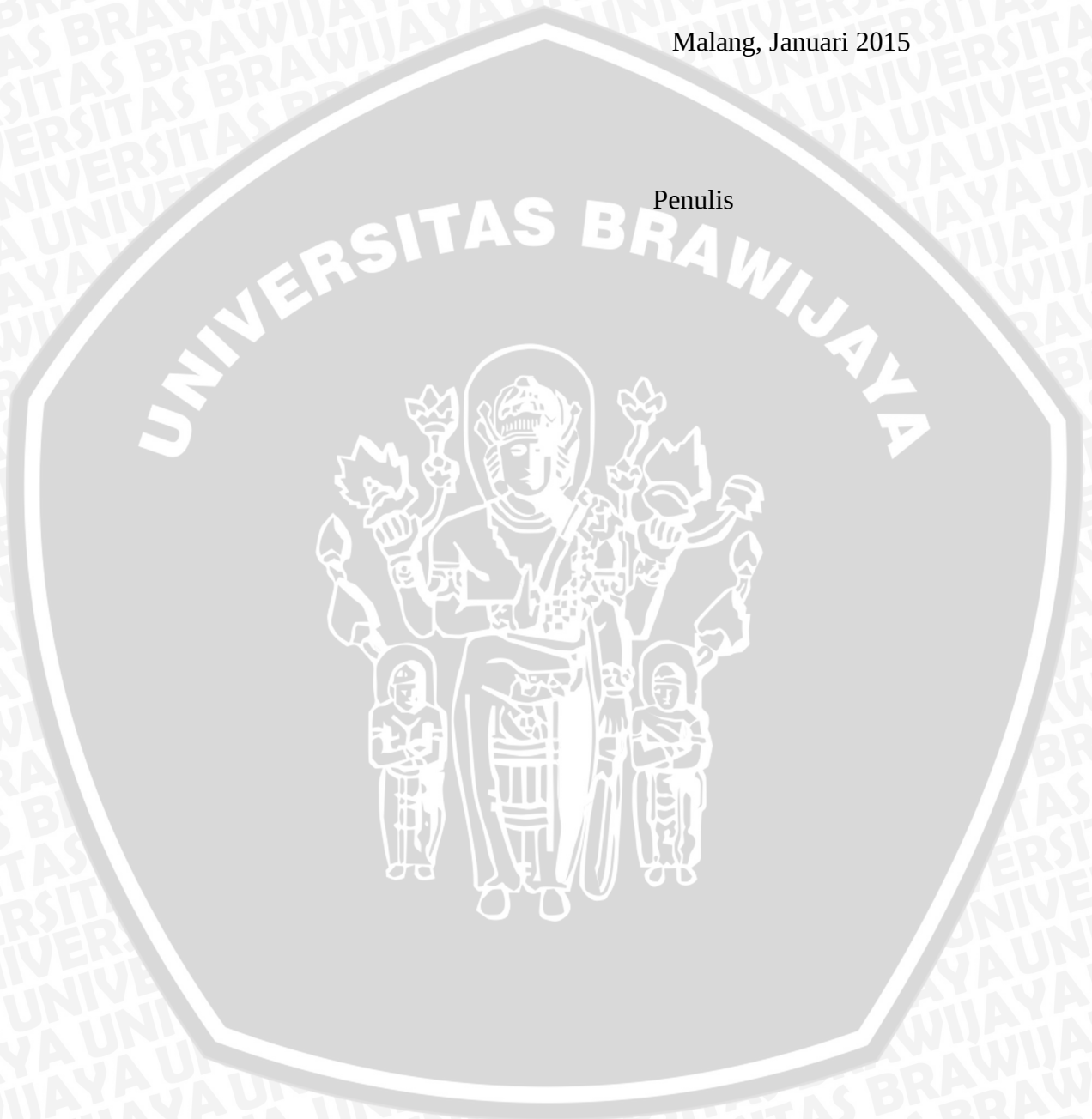
Disadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak, penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Kosim, Ibu Mufarricha, Dony Rizal, Elsa Zahra yang selalu mendoakan, memberi nasihat, perhatian, dorongan dan kesabaran selama ini.
2. Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan sabar memberikan banyak pengarahan dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro.
5. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc selaku KKDK Konsentrasi Teknik Energi Elektrik dan selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
6. Rekan SPASI, Nindy, Silvi, Baktiar, Mirwan, Agung, Edwin, Pras, Dawim, Emil, Safira, atas dukungan, do'a dan semangatnya.
7. Bapak Lukman yang telah menjadi pembimbing sekaligus rekan yang telah banyak memberikan masukan pada skripsi ini.
8. Hilal *e-pal* terbaik yang selalu mendoakan dan memberi dorongan semangat.
9. Teman-teman yang memberikan motivasi, semangat, dan bantuan yaitu Azis, mas Antok, Agam, Dheo, Azwar, Iqbal, Wahyu, Faisol, Safti serta teman-teman HMH, POWER'10, MAGNET'10.
10. Rekan laboratorium Sistem Daya Elektrik Punjung, Yoga, Mu'amar, Rize, Ajot, mas Budi, mas Temmy, mas Ari, mas Rio Thoriq, Calvin, Dhini.

Sekiranya Allah SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, Januari 2015

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vi
RINGKASAN	vii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II.....	5
2.1 Sistem Distribusi Listrik.....	5
2.1.1 Sistem Distribusi Primer.....	5
2.1.2 Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah 380/220V)	9
2.2 <i>Distributed Generation</i>	10
2.3 Jenis Teknologi DG.....	11
2.3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	11
2.3.2 <i>Wind Turbine</i>	11
2.3.3 Panel Surya (<i>solar photovoltaic</i>)	14
2.4 Analisis Daya Listrik.....	16
2.4.1 Daya Dalam Unsur Rangkaian	16
2.4.2 Studi Aliran Daya	18
2.4.3 Metode Newton-Raphson	19
BAB III.....	24
3.1 Studi Literatur.....	25
3.2 Pengambilan Data	25
3.3 Pemodelan.....	25
3.4 Analisis Perhitungan dan Simulasi.....	25
3.5 Kesimpulan dan Saran	28
BAB IV.....	29
4.1 Gambaran Umum Penyulang Pujon	29
4.2 Sistem Distribusi Daya.....	30

4.2.1	Data Generator.....	30
4.2.2	Data Saluran.....	31
4.2.3	Data Pembebanan Transformator	34
4.3	<i>Distributed Generation</i>	38
4.3.1	Mikrohidro	38
4.3.2	<i>Wind Turbine</i>	39
4.3.3	<i>Solar Photovoltaic</i>	40
4.4	Simulasi Aliran Daya	42
4.4.1	Simulasi Kondisi 1.....	42
4.4.2	Simulasi Kondisi 2.....	49
4.4.3	Simulasi Kondisi 3.....	55
4.4.4	Simulasi Kondisi 4.....	62
4.4.5	Simulasi Kondisi 5.....	68
4.5	Rugi-Rugi Daya	75
4.6	Nilai Tegangan	78
BAB V		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran	87
DAFTAR PUSTAKA		81
LAMPIRAN		83
Lampiran 1	Impedansi saluran.....	83
Lampiran 2	Radiasi matahari	84
Lampiran 3	Kecepatan angin	87
Lampiran 4	Spesifikasi dan performa turbin.....	91
Lampiran 5	Aliran daya beban maksimum.....	92
Lampiran 6	Aliran daya beban minimum	107
Lampiran 7	<i>Single line</i> dan gambar rangkaian Penyulang Pujon	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga komponen utama dalam penyaluran tenaga listrik	5
Gambar 2.2 Konfigurasi jaringan radial	6
Gambar 2.3 Konfigurasi jaringan hantaran penghubung.....	7
Gambar 2.4 Konfigurasi jaringan lingkaran	8
Gambar 2.5 Konfigurasi jaringan spindel.....	8
Gambar 2.6 Konfigurasi jaringan gugus.....	9
Gambar 2.7 Jaringan sekunder tegangan rendah	10
Gambar 2.8 Susunan sel surya.....	14
Gambar 2.9 Rangkaian ekivalen solar sel.....	15
Gambar 2.10 Model saluran transmisi untuk perhitungan aliran daya	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pengerjaan Penelitian Skripsi.....	24
Gambar 3.2 Diagram Alir Metode Newton - Raphson.....	27
Gambar 4.1 Single Line Diagram Gardu Induk Sengkaling.....	29
Gambar 4.2 Rugi daya pada tiap pengondisian saat beban maksimum.....	76
Gambar 4.3 Pengurangan rugi daya pada tiap kondisi untuk beban maksimum.....	76
Gambar 4.4 Rugi daya pada tiap pengondisian saat beban minimum	77
Gambar 4.5 Pengurangan rugi daya pada tiap kondisi untuk beban minimum	77
Gambar 4.6 Kenaikan nilai tegangan pada tiap kondisi beban maksimum.....	78
Gambar 4.7 Kenaikan nilai tegangan pada tiap kondisi beban minimum	79

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data parameter dinamik generator.....	30
Tabel 4.2 Data Saluran Penyulang Pujon	31
Tabel 4.3 Data Pembebanan Transformator	34
Tabel 4.4 Spesifikasi generator.....	38
Tabel 4.5 Kecepatan angin rata – rata setiap hari	39
Tabel 4.6 Radiasi per m ²	41
Tabel 4.7 Pengondisian sistem.....	42
Tabel 4.8 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum.....	42
Tabel 4.9 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum.....	46
Tabel 4.10 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum.....	49
Tabel 4.11 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum.....	52
Tabel 4.12 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum.....	56
Tabel 4.13 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum.....	59
Tabel 4.14 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum.....	62
Tabel 4.15 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum.....	65
Tabel 4.16 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum.....	69
Tabel 4.17 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum.....	72
Tabel 4.18 Rugi-rugi daya penyulang Pujon	75

RINGKASAN

Septian Kevin Adiatama, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, Analisis Pengaruh Penyambungan *Distributed Generation* Pada Rugi-Rugi Saluran Distribusi, Dosen Pembimbing: Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.

Sampai dengan saat ini, rugi-rugi energi adalah masalah yang belum dapat dipecahkan secara menyeluruh. Rugi-rugi energi hanya bisa diminimalisasi atau direduksi. Akhir-akhir ini telah dikembangkan sistem pembangkitan energi mandiri yang dapat dikoneksikan pada jaringan distribusi. Pembangkit tersebut adalah pembangkit tersebar atau *Distributed Generation* (DG). Pembangkit tersebut diantaranya adalah mikrohidro, turbin angin dan sel surya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besar dari rugi-rugi daya yang terjadi pada sistem sebelum dipasang DG dan mengetahui pengaruh penambahan *Distributed Generation* (DG) terhadap rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data diantaranya gambar *single line diagram*, spesifikasi generator dan transformator, data saluran dan data beban, daya pembangkitan, potensi mikrohidro, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Setelah data-data yang telah disebutkan didapatkan, hal yang dilakukan selanjutnya adalah memodelkan sistem jaringan distribusi penyulang Pujon menggunakan perangkat lunak PSAT, kemudian data-data potensi mikrohidro, kecepatan angin, dan radiasi matahari tersebut diproses dengan pendekatan matematis sehingga diketahui daya pada pembangkit mikrohidro, turbin angin, dan sel surya. Selanjutnya pembangkit-pembangkit tersebut disambungkan pada jaringan distribusi 20 kV dengan metode Newton-Raphson dan mensimulasikannya dengan bantuan perangkat lunak PSAT. Berdasarkan hasil simulasi tersebut dilakukan sebuah analisis bagaimana pengaruh penyambungan *distributed generation* tersebut terhadap rugi-rugi daya.

Kesimpulan yang dapat diambil dari skripsi ini adalah dari hasil simulasi, penyambungan *distributed generation* dapat mengurangi rugi daya pada saluran distribusi 20 kV pada penyulang Pujon dimana rugi-rugi daya sebelum disambungkan DG adalah 0,3122 MW dan 0,3752 MVAR pada saat beban maksimum dan pada saat beban minimum rugi dayanya adalah sebesar 0,0239 MW dan 0,0286 MVAR. Setelah penyambungan tiga pembangkit tadi rugi daya pada penyulang Pujon rugi-rugi daya berkurang menjadi 0,31 MW dan 0,3725 MVAR saat beban maksimum dan ketika beban minimum rugi dayanya berkurang menjadi 0,0232 MW dan 0,0279 MVAR. Penyambungan tiga pembangkit tersebut juga menaikkan nilai tegangan di ujung saluran distribusi 20 kV penyulang Pujon, dimana sebelum DG disambungkan nilai tegangan di ujung saluran saat beban maksimum adalah 17,8109 kV dan setelah DG disambungkan tegangan di ujung saluran naik menjadi 17,8344 kV.

Kata kunci : *Distributed Generation*, Rugi Daya, Metode Newton-Raphson, Saluran Distribusi.

SUMMARY

Septian Kevin Adiatama, Electrical Engineering Department, Engineering Faculty Brawijaya University, January 2015, Analysis of Electrical Power Losses Due to The Connection of Distributed Generation to Distribution System, Supervisor: Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.

Up to this time, the energy loss is a problem that can not be solved thoroughly. Energy losses only can be minimized or reduced. Lately it has been developed independently of energy generation system that can be connected in the distribution network. The generator known as Distributed Generation (DG). The generator such are micro-hydro plants, wind turbines and solar cells.

The aim of this research is to analyze large of power losses that occur in the system before being installed DG and determine the effect of Distributed Generation (DG) of the power loss that occurs at network distribution particularly in Pujon's feeders.

The method that use in this research is collecting of data including single line diagram, specification generator and transformer, the grid data and the load data, power of generation, the potential for micro-hydro, wind speed, and solar radiation. After the data that has been mentioned is obtained, the thing that to do is to model Pujon distribution network system using PSAT software, then the potential data of micro-hydro, wind speed, and solar radiation is processed by mathematical approach to know output power of micro-hydro, wind turbine, and solar cells. Furthermore, the power generator connected to the 20 kV distribution network with Newton-Raphson method and simulating it with PSAT software. Based on the results of the simulations carried out an analysis of how the influence of the connecting distributed generation on power loss.

The conclusions of this research from simulation is distributed generation connection can reduce power losses in the 20 kV distribution line on Pujon feeders where power loss before DG connected is 0,3122 MW and 0.3752 MVAR on the maximum load and minimum load current power loss is 0,0239 MW and 0,0286 MVAR. After connecting all generator to the system on maximum load, power losses reduced to 0,31 MW and 0,3725 MVAR and on minimum load, power loss reduced to 0,0232 MW and 0,0279 MVAR. Connecting all generator also increase the value of the voltage at the end of the 20 kV distribution line in Pujon's feeders, before DG connected voltage value at the end of the line when the maximum load is 17,8109 kV and after DG connected voltage at the end of the line rise to 17,8344 kV.

Keyword- Distributed Generation, Power Losses, Newton-Raphson Method, Distribution line.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai dengan saat ini, rugi-rugi energi adalah masalah yang belum dapat dipecahkan secara menyeluruh. Rugi-rugi energi hanya bisa diminimalisasi atau direduksi. Perkembangan baru dalam teknologi pembangkit tenaga listrik memungkinkan daya listrik yang akan dihasilkan oleh pembangkit listrik skala kecil relatif dekat dengan pusat-pusat konsumsi, yaitu langsung terhubung ke jaringan distribusi. Seiring dengan itu, sekarang telah dikembangkan sistem pembangkitan energi mandiri yang dapat dikoneksikan pada jaringan distribusi. Pembangkit tersebut adalah pembangkit tersebar atau *Distributed Generation* (DG). *Distributed Generation* (DG) dapat didefinisikan dan umumnya disepakati sebagai setiap pembangkit listrik yang terintegrasi dalam sistem distribusi. DG mencakup berbagai teknologi pembangkit seperti sistem fotovoltaik, turbin angin, sel bahan bakar, pembakaran internal mesin, turbin gas (Bawan, 2012:3). Integrasi DG sangat efektif dalam mengurangi kerugian daya di jaringan distribusi. Penelitian juga mengungkapkan bahwa manfaat maksimal dari DG dapat diperoleh jika perencanaan DG dilakukan dengan tepat (Ledwich dan Kashem, 2006: 2).

Keberadaan pembangkit ini dikembangkan karena potensi yang dimiliki suatu wilayah atau daerah yang berbeda. Karena setiap pembangkit skala kecil menghasilkan energi yang kecil maka untuk dapat digunakan dan memiliki nilai ekonomis harus digabung menjadi satu sistem pembangkit listrik. Pemikiran ini muncul karena tidak memungkinkan membuat pembangkit listrik dengan skala besar, karena sumber energi yang digunakan adalah energi terbarukan (bersumber dari kekayaan alam yang dapat diperbaharui). Sistem *Distributed Generation* mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan seperti energi matahari dan energi angin, dalam jaringan distribusi, ketika kapasitas pembangkit tidak cukup untuk melayani permintaan beban yang terus meningkat, pembangunan suatu sistem DG dapat memenuhi pasokan listrik akibat peningkatan beban dan mengurangi investasi fasilitas pembangkit listrik (Wang Bo dan Lan Ka, 2011: 5).

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar

(*bulk power source*) sampai ke konsumen. Daya listrik yang dikirim dan disalurkan dari gardu induk/trafo distribusi ke pemakai mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi, dan kapasitas. Karena saluran distribusi primer ataupun sekunder berjarak pendek maka kapasitas dapat diabaikan. Jika suatu penghantar dialiri arus listrik secara terus-menerus maka akan menimbulkan panas. Semakin lama arus tersebut mengalir maka semakin panas penghantar tersebut dan semakin banyak energi listrik yang hilang karena energi tersebut berubah menjadi panas. Hal inilah yang merugikan karena jika energi itu hilang maka tegangan pada ujung penghantar tersebut akan berkurang. Berkurangnya tegangan sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi daya, semakin besar tegangan pada suatu saluran, maka semakin kecil arus pada saluran tersebut. Arus adalah salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya rugi-rugi daya pada suatu saluran. Ketika DG dipasang dekat dengan gardu, kerugian saluran listrik berkurang. Namun, jika jarak antara DG dan beban lebih panjang, kerugian daya cenderung meningkat (Chiradeja dan Ngaopitakul, 2013: 4).

Tugas akhir ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui besar dari rugi-rugi daya yang terjadi pada sistem sebelum dipasang DG dan mengetahui pengaruh penambahan *Distributed Generation* (DG) terhadap rugi-rugi daya yang terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang disusun adalah sebagai berikut:

1. Apa pengaruh penyambungan *Distributed Generation* pada saluran distribusi terhadap nilai tegangan pada tiap bus.
2. Berapa rugi – rugi daya pada saluran distribusi sebelum dan sesudah disambungkannya *Distributed Generation* (DG).

1.3 Batasan Masalah

Penyusunan penelitian ini menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek yang dianalisis adalah rugi daya pada saluran distribusi penyulang Pujon.
2. Data saluran didapat dari Gardu Induk Sengkaling.
3. Simulasi menggunakan perangkat lunak matlab.
4. *Distributed Generation* berupa *wind turbin*, *photovoltaic* dan mikrohidro.
5. Penyambungan DG berada pada lokasi yang terdekat dengan pembangkit.
6. Metode yang digunakan adalah Newton–Raphson.
7. Faktor harmonisa akibat DG diabaikan.
8. Dalam tugas akhir ini faktor ekonomis tidak diperhitungkan.
9. Hasil dari tugas akhir ini berupa analisa dan simulasi.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besar dari rugi-rugi daya yang terjadi pada sistem sebelum dipasang DG dan mengetahui pengaruh penambahan *Distributed Generation* (DG) terhadap rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling.

1.5 Manfaat

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia sebagai sumber daya energi terbarukan guna mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi di saluran distribusi penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang digunakan sebagai dasar penelitian yang akan dilakukan atau dasar teori untuk mendukung permasalahan yang diangkat.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tahapan penyelesaian skripsi ini yang meliputi studi literatur, pengambilan data, perancangan program, simulai perhitungan, analisis hasil perhitungan, serta pengambilan kesimpulan dari hasil analisis.

BAB IV : PEMBAHASAN

Berisi simulai perhitungan pengaruh *distributed generation* pada saluran distribusi dan analisis kerugian daya setelah *distributed generation* disambungkan.

BAB V : PENUTUP

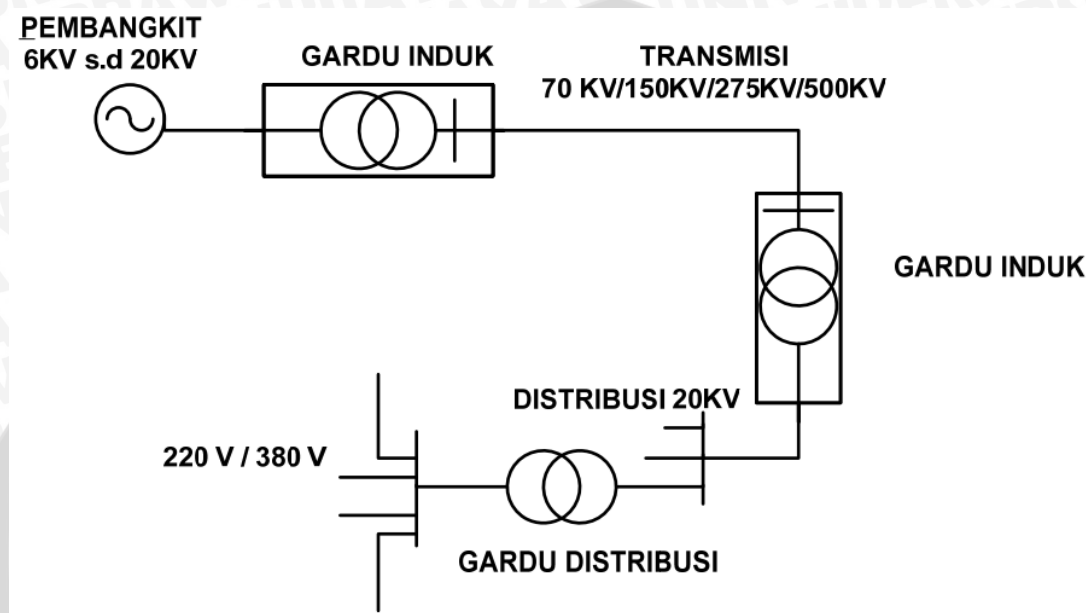
Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan beserta saran dari penulis.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Listrik

Ada tiga bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik yaitu pembangkitan, penyaluran (transmisi), dan distribusi seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tiga komponen utama dalam penyaluran tenaga listrik
sumber : Sitepu, 2014:16

Secara umum suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Energi listrik dihasilkan oleh pusat – pusat pembangkit kemudian diteruskan oleh saluran transmisi menuju sistem distribusi. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain dengan saluran transmisi. Hal ini terjadi pada gardu induk (*substantion*) dimana juga dilaksanakan transformasi tegangan dan fungsi–fungsi pemutusan dan penghubungan beban (*switching*) (Sasmito, 2011: 3).

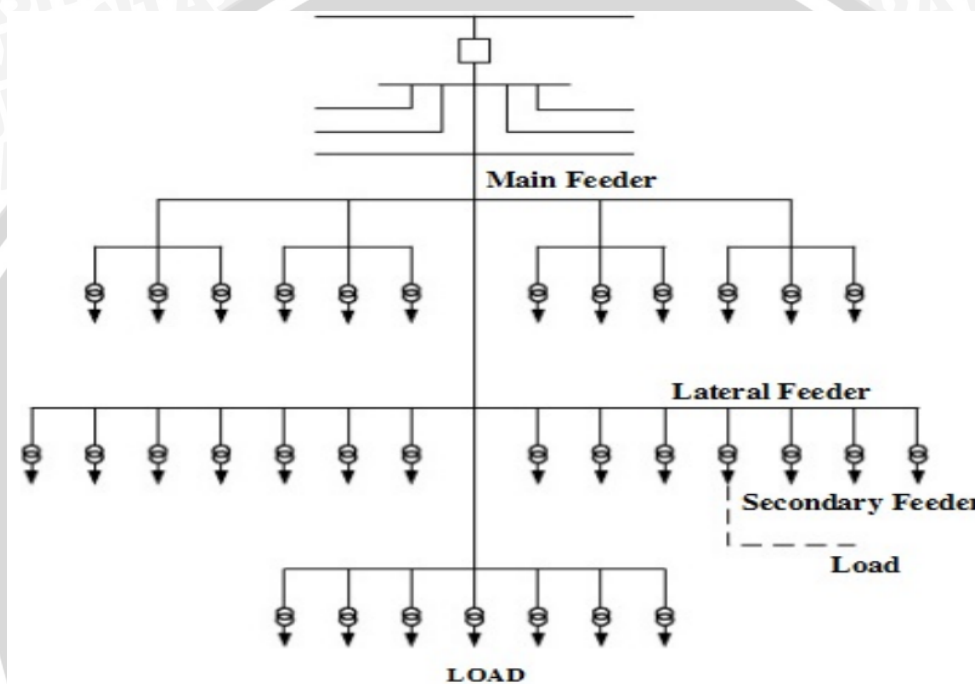
2.1.1 Sistem Distribusi Primer

Di dalam merencanakan sistem distribusi tenaga listrik sangat diperlukan adanya pedoman untuk menetapkan suatu kriteria bagi perencanaan saluran udara tegangan menengah (SUTM) dan tegangan rendah. Jaringan tegangan menengah adalah jaringan tenaga listrik yang berfungsi untuk menghubungkan gardu induk sebagai suplai tenaga listrik dengan gardu-gardu distribusi maupun ke pelanggan yang memakai tegangan menengah seperti industri. Jaringan pada sistem distribusi

tegangan menengah (primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model yaitu jaringan radial, jaringan hantaran penghubung (*tie line*), jaringan lingkaran (*loop*), jaringan spindle, dan jaringan gugus (*cluster*) (Sianipar, 2011:20).

a. Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola radial seperti Gambar 2.2 adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



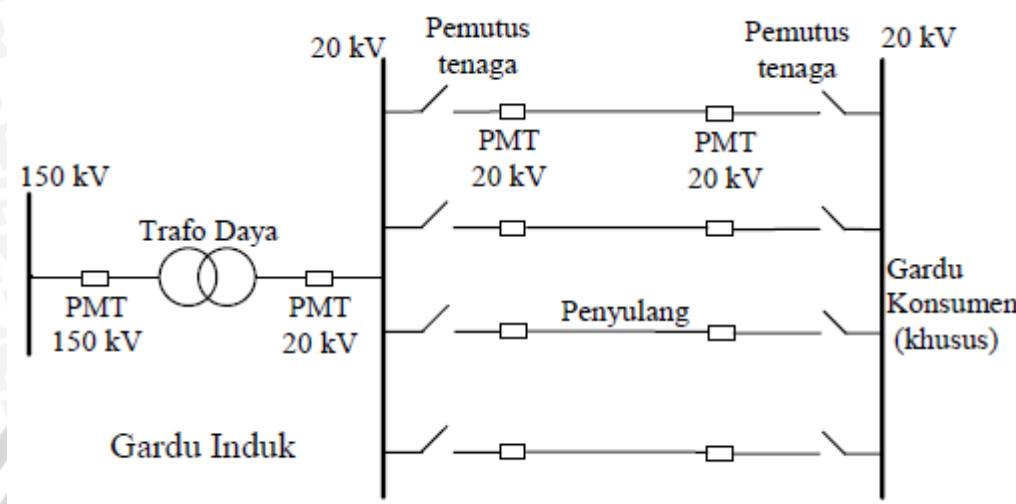
Gambar 2.2 Konfigurasi jaringan radial

sumber : Sitepu, 2014:18

Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Gardu distribusi adalah tempat di mana transformator untuk konsumen dipasang. Bisa dalam bangunan beton atau diletakan di atas tiang. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibandingkan dengan sistem yang lain. Namun, keandalan sistem ini lebih rendah dibandingkan dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran (Sitepu, 2014:19).

b. Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

Sistem distribusi *Tie Line* seperti Gambar 2.3 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (bandar udara, rumah sakit, dan lain lain).



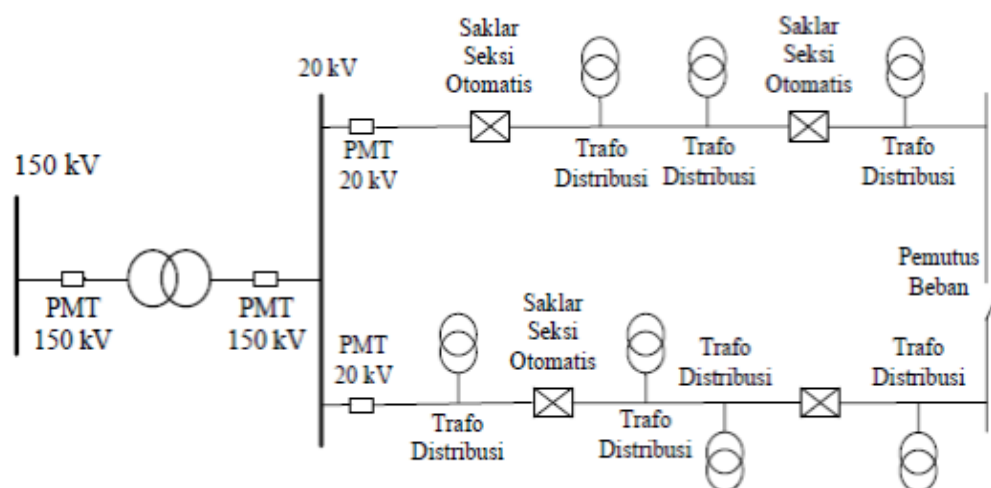
Gambar 2.3 Konfigurasi jaringan hantaran penghubung

sumber : Sitepu, 2014:21

Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan *Automatic Change Over Switch/Automatic Transfer Switch*, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan dipindah ke penyulang lain.

c. Jaringan Lingkaran (*Loop*)

Pada jaringan tegangan menengah struktur lingkaran (*loop*) seperti Gambar 2.4 dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik.

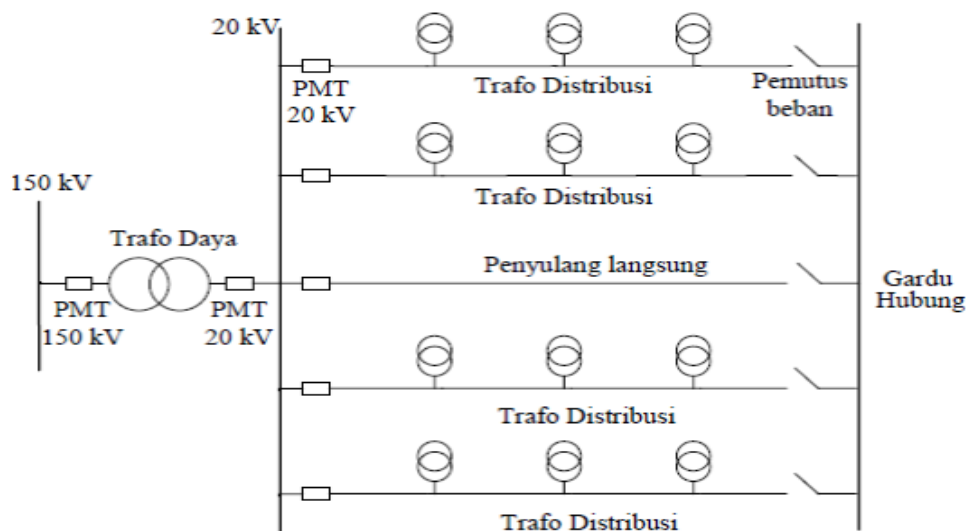


Gambar 2.4 Konfigurasi jaringan lingkaran

sumber : Sitepu, 2014:19

d. Jaringan Spindel

Sistem spindel seperti pada Gambar 2.5 adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola radial dan ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (*feeder*) yang tegangannya diberikan dari gardu induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah gardu hubung (GH).



Gambar 2.5 Konfigurasi jaringan spindel

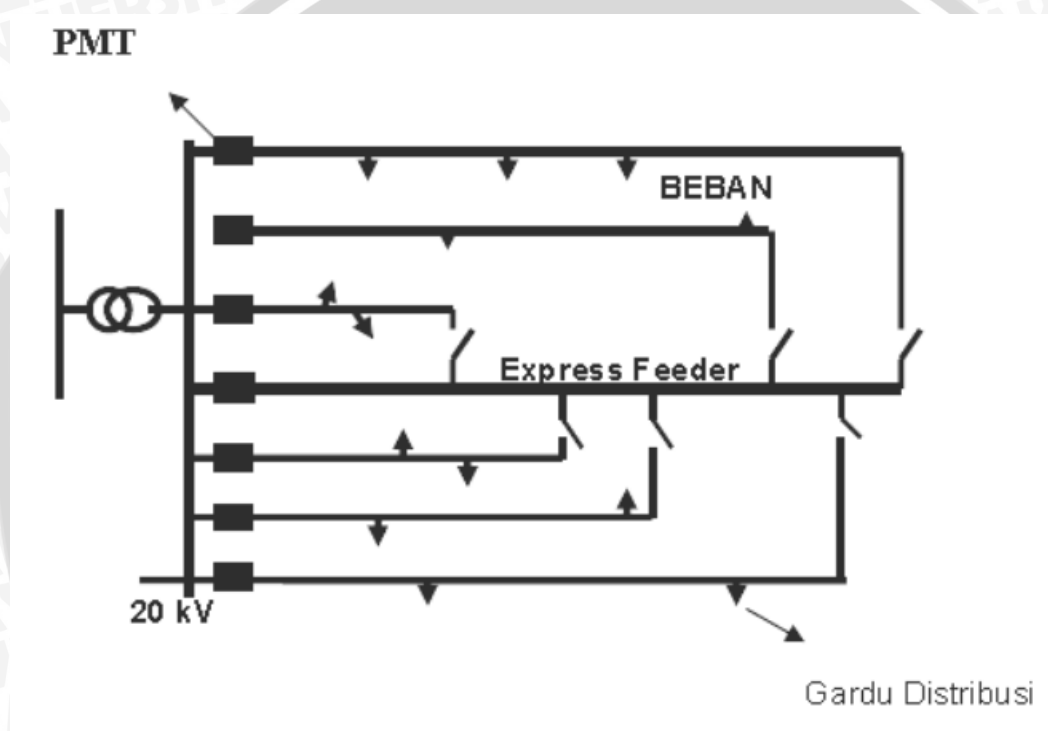
sumber : Sitepu, 2014:20

Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM).

Namun pada pengoperasiannya, sistem spindel berfungsi sebagai sistem radial. Di dalam sebuah penyulang aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah (TR) atau tegangan menengah (TM).

e. Jaringan Gugus (*Cluster*)

Konfigurasi gugus seperti pada Gambar 2.6 banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan.



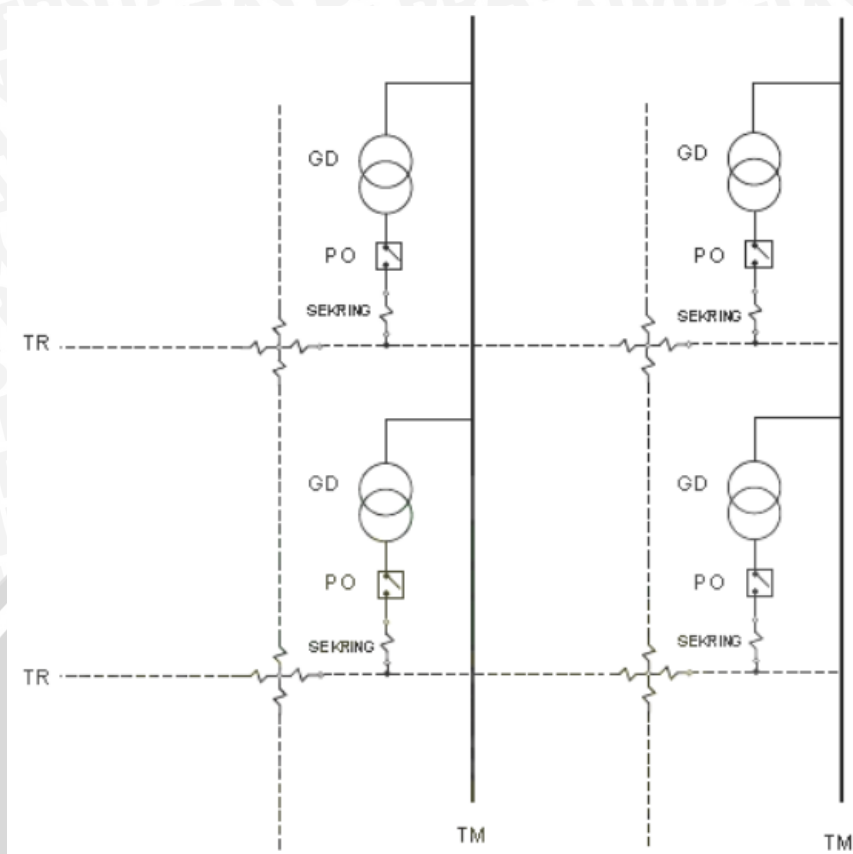
Gambar 2.6 Konfigurasi jaringan gugus

sumber : Sianipar, 2011: 23

Penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai kekonsumen.

2.1.2 Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah 380/220V)

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 2.7 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi yaitu mulai dari gardu transformator sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.7 Jaringan sekunder tegangan rendah

sumber : Sianipar, 2011:24

Pada Gambar 2.7 dimana GD adalah gardu distribusi, PO adalah proteksi otomatis, TM adalah tegangan menengah, TR adalah jaringan sekunder tegangan rendah. Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (transformator distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan. Jatuh tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar.

2.2 Distributed Generation

Pembangkit listrik tersebar (DG) berkaitan dengan penggunaan unit pembangkit kecil pada titik-titik strategis dari suatu sistem tenaga listrik atau yang dekat dengan lokasi pusat beban. DG dapat digunakan dengan cara yang terisolasi, memasok permintaan konsumen lokal atau diintegrasikan ke dalam *grid* untuk memasok energi sistem tenaga listrik. Teknologi DG dapat berjalan pada sumber

energi terbarukan, seperti bahan bakar fosil atau limbah panas. Peralatan berkisar dalam ukuran kurang dari satu kilowatt atau megawatt. DG dapat memenuhi semua atau sebagian dari kebutuhan listrik pelanggan jika terhubung ke saluran distribusi atau saluran transmisi, kemudian daya dapat dijual kepada pihak ketiga (Lai dan Chan, 2007:8).

2.3 Jenis Teknologi DG

Beberapa jenis teknologi DG yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah mikrohidro, *wind turbin* dan tenaga surya. Ketiga jenis teknologi tersebut sesuai dengan kondisi alam di Indonesia.

2.3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan energi air sebagai penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai, atau air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya (*head*) dan jumlah debit airnya. Kondisi energi air yang dimanfaatkan sebagai sumber daya penghasil listrik memiliki kapasitas aliran maupun ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya maka semakin besar energi yang dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro bekerja dengan cara memanfaatkan semaksimal mungkin energi potensial air. Energi ini secara perlahan diubah menjadi energi mekanik untuk memutar sudut-sudut turbin. Energi mekanis dari putaran turbin akhirnya diubah menjadi energi listrik melalui putaran generator).

Untuk menghitung daya mekanik yang dibangkitkan oleh turbin adalah (Utomo, 2010:28):

$$P = 9,8 \eta H Q \quad (2.1)$$

dimana P = daya terbangkit (kW)

H = tinggi terjun air (m)

Q = debit air (m³/detik)

η = efisiensi turbin generator

2.3.2 Wind Turbine

Sistem energi angin memanfaatkan energi kinetik angin dan mengubahnya menjadi energi listrik atau menggunakannya untuk melakukan pekerjaan lain, seperti

pompa air dan menggiling biji-bijian. Energi kinetik angin dengan massa udara m bergerak dengan kecepatan v dapat dinyatakan sebagai (Dubey dan Tiwari, 2012: 3):

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2.2)$$

dimana E_k = energi kinetik

m = massa udara

v = kecepatan angin

Energi kinetik dari perpindahan udara horisontal diubah menjadi energi kinetik rotasi turbin melalui sejumlah baling-baling yang porosnya terhubung. Rotasi ini kemudian diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator tenaga listrik. Energi angin merupakan sumber baru yang paling terlihat dari energi listrik. Pembangkit ini dihubungkan sebagai instalasi kecil ke jaringan tegangan rendah atau menengah (Bollen dan Hassan, 2011:2).

Turbin angin dirancang untuk menangkap energi kinetik yang dihasilkan oleh angin dan mengubahnya menjadi energi listrik. Sebuah analogi dapat ditarik antara turbin angin dan unit pembangkit konvensional yang memanfaatkan energi kinetik uap. Dari sudut pandang pemodelan, turbin angin dengan kecepatan tetap terdiri dari komponen-komponen berikut:

- Turbin rotor dan perakitan baling-baling (penggerak utama)
- Poros dan Unit girboks (pengubah dorongan dan kecepatan)
- Induksi Generator
- Sistem kontrol

Energi listrik yang diproduksi turbin angin tergantung pada interaksi antara rotor turbin angin dan angin. Berarti keluaran daya ditentukan oleh kecepatan angin rata-rata, sehingga aerodinamis *steady-state* telah dianggap menjadi penting dalam proyek ini dan turbulensi telah diabaikan. Daya yang tersedia dalam angin dapat ditentukan dari persamaan di bawah ini:

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho A v^3_{wind} \quad (2.3)$$

dimana P_{wind} = daya yang dibangkitkan oleh angin (watt)

ρ = kerapatan udara (ds)

A = luas baling – baling (m^2)

v = kecepatan angin (m/s)

Dalam persamaan di atas, ρ adalah densitas udara, A adalah luas baling-baling, dan V_{wind} adalah kecepatan angin. Betz membuktikan bahwa daya maksimum dihasilkan oleh rotor turbin yang ideal dengan baling tak terbatas dari angin di bawah kondisi ideal adalah 59,26% (0,5926 kali) dari daya angin yang tersedia. Batas ini dikenal sebagai batas Betz. Dalam praktiknya, turbin angin terbatas pada dua atau tiga bilah karena kombinasi dari pertimbangan struktur dan ekonomi, dan karenanya, jumlah daya yang dapat mereka hasilkan sekitar 50% (0,5 kali) dari daya yang tersedia. Rasio daya yang dihasilkan untuk daya yang tersedia dinyatakan sebagai C_p koefisien daya rotor. Daya yang dapat dihasilkan demikian ditulis sebagai (Singh dan Santoso, 2011: 3):

$$P_{wind} = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3_{wind} \quad (2.4)$$

dimana P_{wind} = daya yang dibangkitkan oleh angin

C_p = koefisien daya rotor

ρ = kerapatan udara

A = luas baling – baling

v = kecepatan angin

Nilai dari C_p tergantung dari perbandingan kecepatan *downstream* dan *upstream* dari angin. Suatu analisis menunjukkan bahwa dalam suatu desain yang praktis nilai maksimum yang dapat dicapai oleh C_p berkisar antara 0,4 – 0,5 untuk turbin modern berkecepatan tinggi dengan dua baling-baling, sedangkan untuk turbin berkecepatan rendah dengan baling-baling lebih dari dua nilai C_p berkisar antara 0,2 – 0,4 (Patel, 2006:30).

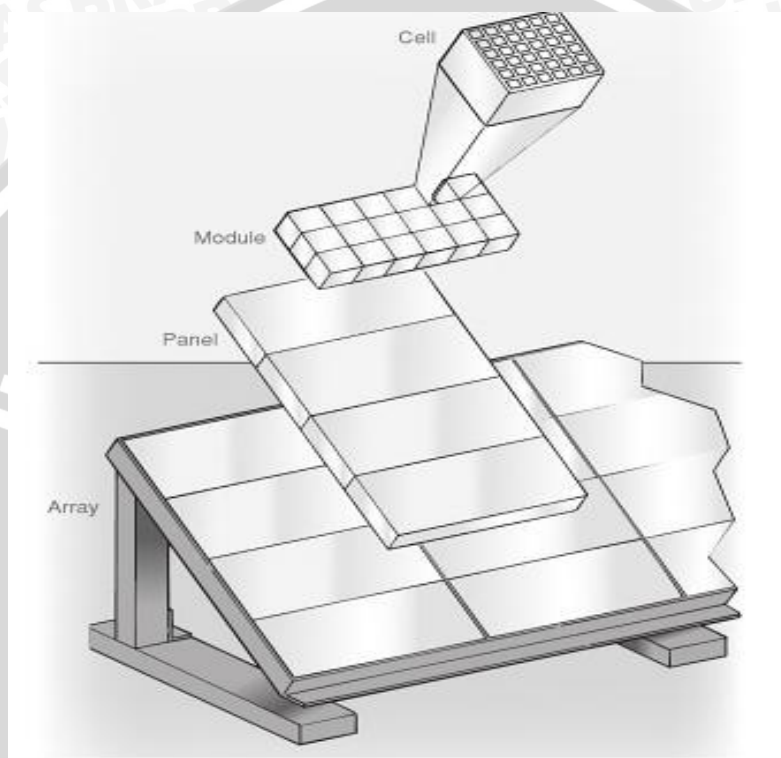
Produksi tenaga angin mempunyai variasi sangat sedikit dalam jangka waktu detik, lebih bervariasi dalam jangka waktu menit dan sangat bervariasi dalam jangka waktu jam (Bollen dan Hassan, 2011:2).

Analisis rekor kecepatan angin dari Brookhaven, new york (418), pada tahun 1950 menunjukkan spektrum daya dengan tiga macam puncak yang berbeda sebagai berikut :

- puncak *turbulance* antara 30 detik dan 3 menit
- puncak harian antara 12 jam
- puncak *synoptic* antara 2 dan 10 hari

2.3.3 Panel Surya (*solar photovoltaic*)

Tenaga sel surya adalah istilah umum yang digunakan untuk tenaga listrik yang dihasilkan dari sinar matahari. Sel surya adalah suatu perangkat mandiri yang memproduksi listrik yang menghasilkan tegangan arus searah (DC). Sistem panel surya mengubah sinar matahari menjadi listrik. Sel yang disusun secara paralel dan seri membentuk suatu modul atau panel. Gabungan modul atau panel yang terhubung secara seri, paralel, atau kombinasi keduanya disebut *array* (Gambar 2.8).

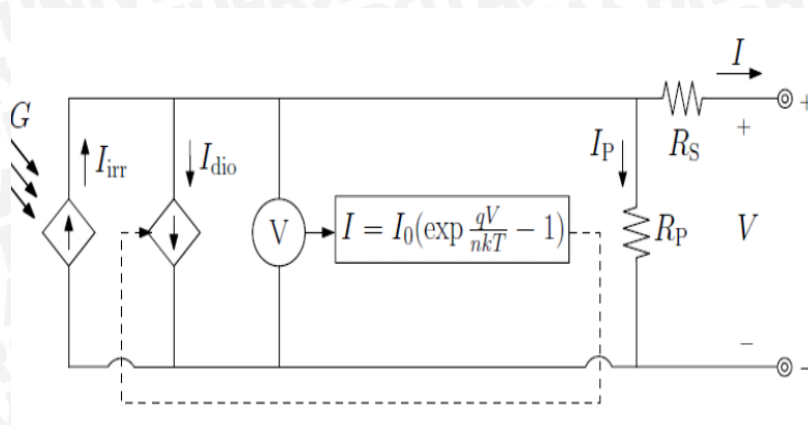


Gambar 2.8 Susunan sel surya

sumber : Massey, 2010:71

Sel surya biasanya menghasilkan 1 atau 2 watt setiap selnya. Beberapa sel elektrik saling berhubungan dan dikemas sebagai modul surya. Modul surya atau panel surya biasanya memiliki selembar kaca di bagian depan atau sisi menghadap matahari dan penghalang resin tembus belakang, memungkinkan cahaya untuk melewati sekaligus melindungi wafer semikonduktor dari elemen seperti hujan salju dan hujan es. Panel surya adalah komponen terkecil fotovoltaik yang tersedia secara komersial dan berbagai keluaran daya dari sekitar 10 sampai 300 watt. Panel surya dapat dikelompokkan dalam konfigurasi seri dan paralel untuk membentuk *array* surya atau *photovoltaic* dan dapat digunakan untuk menyediakan jumlah yang sangat besar (Massey, 2010:71).

Solar sel dapat dimodelkan dengan suatu rangkaian ekivalen yang terdiri dari sumber arus yang diparalelkan dengan suatu diode (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Rangkaian ekivalen solar sel

sumber : Singh dan Gevorgian, 2013:3

Gambar 2.9 menunjukkan representasi rangkaian ekivalen dari sel surya. Persamaan yang mengatur internal arus dapat dinyatakan berdasarkan hukum arus Kirchhoff sebagai berikut (Singh dan Gevorgian, 2013:3):

$$I = I_{irr} - I_{dio} - I_P \quad (2.5)$$

dimana I_{irr} adalah nilai arus radiasi, yang dihasilkan ketika sel terkena paparan sinar matahari.

I_{dio} adalah nilai arus yang mengalir melalui dioda anti paralel, yang menginduksi karakteristik non-linier sel surya.

I_P adalah arus shunt karena cabang shunt resistor R_P .

Pada solar sel terdapat suhu sel saat pemakaian yang dapat diperoleh dari persamaan (Daud, 2012:30):

$$T_c = T_{amb} + (0.0256 \times G) \quad (2.6)$$

dimana T_{amb} adalah suhu lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

G adalah radiasi solar sel (W/m^2)

Nilai T_c pada Persamaan (2.6) digunakan untuk mencari daya keluaran solar sel yang diperoleh dari persamaan berikut:

$$P_{PV-out} = P_{R-PV} \times (G/G_{ref}) \times [1 + K_T(T_c - T_{ref})] \quad (2.7)$$

dimana P_{R-PV} adalah rating daya solar sel

G adalah radiasi solar sel (W/m^2)

G_{ref} adalah referensi radiasi solar sel ($G_{\text{ref}} = 1000 \text{ W/m}^2$)

K_T adalah koefisiensi suhu solar sel ($K_T = - 3.7 \times 10^{-3} (1/^\circ\text{C})$)

T_c adalah suhu sel ($^\circ\text{C}$)

T_{ref} adalah suhu referensi sel ($T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$)

2.4 Analisis Daya Listrik

2.4.1 Daya Dalam Unsur Rangkaian

Tegangan pada rel suatu sistem tenaga dapat kita anggap berbentuk sinusoida murni dan berfrekuensi konstan. Dalam mengembangkan sebagian besar teori akan digunakan representasi fasor dari tegangan dan arus sinusoida, dan digunakan huruf besar V dan I untuk menyatakan fasor-fasor ini. Penggunaan lambang $|V|$ dan $|I|$ menyatakan besarnya fasor tersebut. Huruf kecil menyatakan nilai sesaat. Sedangkan untuk tegangan yang dibangkitkan digunakan huruf E sebagai ganti dari V untuk membedakan antara tegangan yang dibangkitkan dengan selisih potensial biasa antara titik. Jika suatu tegangan dan arus dinyatakan sebagai fungsi dari waktu adalah

$$V(t) = 141,4 \cos(\omega t + 30^\circ) \text{ dan } i(t) = 7,07 \cos \omega t$$

Satuan unit daya adalah watt. Daya dalam watt yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat sama dengan jatuh tegangan pada beban tersebut dalam volt dikalikan dengan arus yang mengalir lewat beban dalam ampere.

$$\begin{aligned} v(t) &= V \cos \omega t & \text{dan} & & i(t) &= I \cos(\omega t - \theta) \\ P(t) &= v(t) i(t) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Sudut θ dalam persamaan-persamaan di atas adalah positif untuk arus yang tertinggal terhadap tegangan dan negatif untuk arus yang mendahului tegangan. Suatu nilai p yang positif menunjukkan kecepatan berubahnya energi yang diserap oleh bagian sistem. Sudah tentu daya sesaat bernilai positif jika $v(t)$ dan $i(t)$ bernilai positif dan akan bernilai negatif jika nilai $v(t)$ dan $i(t)$ negatif. Daya positif yang dihitung dari $v(t) i(t)$ terjadi jika arus mengalir searah dengan jatuh tegangan, sebaliknya daya negatif yang dihitung dari $v(t) i(t)$ terjadi jika arus mengalir searah dengan naik tegangan, dengan menggunakan persamaan geometrik maka Persamaan (2.8) dapat diubah menjadi

$$P = \frac{VI}{2} \cos \theta (1 + \cos 2\omega t) + \frac{VI}{2} \sin \theta \sin 2\omega t \quad (2.9)$$

Jika Persamaan (2.9) diteliti lebih lanjut, akan terlihat bahwa bagian pertama di mana terdapat $\cos \theta$ akan selalu positif dan nilai rata-ratanya adalah

$$P = V I \cos \theta \quad (2.10)$$

Atau dengan memasukkan nilai-nilai rms dari tegangan dan arus

$$P = |V| |I| \cos \theta \quad (2.11)$$

dan

$$Q = |V| |I| \sin \theta \quad (2.12)$$

Akar dari jumlah kuadrat P dan Q sama dengan perkalian $|V|$ dan $|I|$, karena

$$\sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(|V| |I| \cos \theta)^2 + (|V| |I| \sin \theta)^2} = |V| |I| \quad (2.13)$$

Pada suatu rangkaian seri yang sederhana di mana Z sama dengan $R + j X$, kita dapat mengganti $|I| \cdot |Z|$ dengan $|V|$ untuk mendapatkan

$$P = |I|^2 |Z| \cos \theta \quad (2.14)$$

dan

$$Q = |I|^2 |Z| \sin \theta \quad (2.15)$$

Kemudian dengan mengingat bahwa $R = |Z| \cos \theta$ dan $X = |Z| \sin \theta$, kita mendapatkan

$$P = |I|^2 R \text{ dan } Q = |I|^2 X \quad (2.16)$$

Persamaan (2.11) dan (2.12) memberikan metode lain untuk menghitung faktor daya karena kita lihat bahwa $P/Q = \cos \theta$. Karena itu faktor daya adalah

$$\cos \theta = \cos \tan^{-1} \frac{Q}{P} \quad (2.17)$$

atau dari Persamaan (2.11) dan (2.13)

$$\cos \theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2.18)$$

Jika dalam Persamaan (2.14) berupa daya pada rangkaian yang hampir seluruhnya kapasitif sehingga tegangan yang terpasang sama, θ akan menjadi negatif sehingga $\sin \theta$ dan Q juga negatif. Jika rangkaian-rangkaian kapasitif dan induktif dihubungkan paralel, daya reaktif sesaat untuk rangkaian RL akan berbeda fasa 180° dengan daya reaktif sesaat untuk rangkaian RC (Stevenson, 1996:17).

2.4.2. Studi Aliran Daya

Studi aliran daya merupakan bagian yang sangat penting dalam perencanaan sistem tenaga listrik. Beberapa metode telah dikembangkan dalam studi aliran daya ini yaitu metode Gauss-Seidel, metode Newton-Raphson, dan metode Fast Decouple.

Tujuan utama dari studi aliran daya adalah:

1. Untuk mengetahui daya aktif dan reaktif tiap pembangkit.
2. Untuk mengetahui besar tegangan dan sudut fasa pada setiap bus.
3. Untuk mengetahui daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada setiap komponen tenaga listrik.

Dari tujuan di atas maka dalam studi aliran daya diperlukan suatu proses perhitungan yang sistematis melalui model jaringan dan persamaan aliran daya. Berdasarkan hukum Kirchoff untuk arus, maka besar arus yang masuk dan keluar dari suatu titik simpul sama dengan nol (Wikarsa, 2010:20).

$$I_i = \sum Y_{ij} \cdot V_j \quad (2.19)$$

dengan V adalah tegangan dalam volt dan Y adalah admitansi.

Dalam bentuk matriks:

$$[I_i] = [Y_{ij}] \cdot [V_j] \quad (2.20)$$

Elemen dari Y_{ij} adalah:

$$Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| (\cos \theta_{ij} + j \sin \theta_{ij}) \quad (2.21)$$

dengan θ adalah sudut admitansinya.

Tegangan pada bus I dalam bentuk polar:

$$V_i = |V_i| \angle \delta_i = |V_i| (\cos \delta_i + j \sin \delta_i) \quad (2.22)$$

dengan δ adalah sudut fasa tegangan

Tegangan pada bus j dalam bentuk polar

$$V_j = |V_j| \angle \delta_j = |V_j| (\cos \delta_j + j \sin \delta_j) \quad (2.23)$$

Daya aktif dan reaktif pada bus I adalah:

$$P_i + j Q_i = V_i I_i^* \quad (2.24)$$

Atau

$$I_i = \frac{P_i - j Q_i}{V_i^*} \quad (2.25)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (2.20) ke Persamaan (2.24) (Gönen,1987:30):

$$P_i - j Q_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot V_j ; I = 1,2,\dots,n \quad (2.26)$$

Dari persamaan di atas terlihat bahwa persamaan aliran daya bersifat tidak linier dan penyelesaiannya adalah dengan metode iteratif. Metode Newton-Raphson digunakan untuk penyelesaian daya karena lebih cepat mencapai konvergen tanpa mengabaikan nilai resistansi dari jaringan.

2.4.3 Metode Newton-Raphson

Metode Newton-Raphson digunakan untuk menyelesaikan persamaan aliran daya pada Persamaan (2.21), untuk menyelesaikan fungsi $f(x) = K$. Di dalam metode Newton-Raphson, x awal disebut dengan x^0 . Kesalahan (*error*) adalah selisih nilai antara K dengan $f(x^0)$, yang disebut ε , sehingga:

$$f(x^0) + \varepsilon = K \quad (2.27)$$

agar nilai kesalahan ε mendekati nol digunakan metode ekspansi Taylor:

$$f(x^0) + \frac{df(x^0)}{dx} \Delta X + \varepsilon = K \quad (2.28)$$

agar ε menjadi nol maka:

$$\Delta X = \frac{K - f(x^0)}{df(x^0)/dx} \quad (2.29)$$

Persamaan aliran daya yang merupakan fungsi tidak linier diselesaikan dengan metode Newton-Raphson. Bila persamaan hukum arus Kirchoff untuk Persamaan (2.19) dituliskan dalam bentuk polar, maka:

$$I_i = \sum |Y_{ij} V_j| \angle (\theta_{ij} + \delta_j) \quad (2.30)$$

dimana θ_{ij} = sudut pada admitansi Y_{ij}

δ_j = sudut pada tegangan V_j

Daya kompleks pada bus i adalah

$$P_i - j Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^N |Y_{ij} V_j| \angle (\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (2.31)$$

Daya aktif pada bus i

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^N |Y_{ij} V_j| \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (2.32)$$

Daya reaktif pada bus I (Wikarsa, 2010):

$$Q_i = -|V_i| \sum_{n=1}^N |Y_{ij} V_j| \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (2.33)$$

Persamaan (2.27) dan (2.28) di atas merupakan suatu persamaan non linier. Persamaan (2.27) dan (2.28) dapat diselesaikan dengan deret Taylor seperti pada persamaan di bawah ini:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_2^{(k)}| \\ \vdots \\ \Delta |V_n^{(k)}| \end{bmatrix} \quad (2.34)$$

Pada matriks jacobian seperti pada Persamaan 2.34 dimana yang ditampilkan pada matriks tersebut adalah PQ bus. Bus 1 diasumsikan sebagai *slack bus* dimana besar tegangan dan sudut tegangan sudah ditentukan sehingga diabaikan dari penyelesaian iterasi. Bus-bus dengan tegangan yang diatur dapat diperhitungkan karena besarnya tegangan konstan, kolom diferensial parsial terhadap besar tegangan bus itu dihilangkan dalam matriks jacobian. Matriks Jacobian memberikan perbandingan linier antara perubahan pada sudut tegangan $\Delta \delta_i^{(k)}$ dan besar tegangan $|\Delta V_i^{(k)}|$ dengan sedikit perubahan pada daya aktif $(\Delta P_i^{(k)})$ dan daya reaktif $(\Delta Q_i^{(k)})$ (Saadat, 1999: 233).

Dalam bentuk yang lebih singkat, matriks di atas dapat ditulis sebagai:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

Elemen untuk J_1 yaitu:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.36)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad , j \neq i \quad (2.37)$$

Elemen untuk J_2 yaitu:

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i||Y_{ii}| \cos(\theta_{ii}) + \sum_{j \neq i} |V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.38)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad , j \neq i \quad (2.39)$$

Elemen untuk J_3 yaitu:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i||V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.40)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -|V_i||V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad , j \neq i \quad (2.41)$$

Elemen untuk J_4 yaitu:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -2|V_i||Y_{ii}| \sin(\theta_{ii}) + \sum_{j \neq i} |V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.42)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = -|V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad , j \neq i \quad (2.43)$$

Pada penjelasan di atas diketahui bahwa nilai harga $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ berbeda antara yang terjadwal dengan nilai perhitungan, maka ini disebut dengan sisa daya (*power residuals*) yang diberikan dengan

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{sch} - P_i^{(k)} \quad (2.44)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{sch} - Q_i^{(k)} \quad (2.45)$$

Perhitungan baru untuk sudut fasa dan tegangan bus adalah

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \quad (2.46)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k)}| \quad (2.47)$$

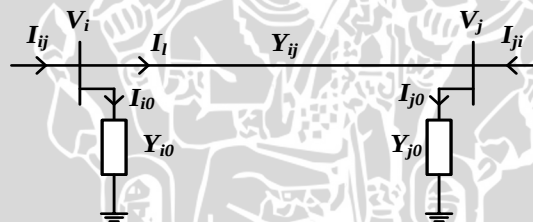
Prosedur penyelesaian studi aliran daya dengan metode Newton-Raphson adalah sebagai berikut (Saadat, 1999:234):

- 1) Pada bus berbeda di mana P_i^{sch} dan Q_i^{sch} ditentukan. Besar tegangan dan sudut fasa disamakan dengan nilai *slack bus* atau 1 dan 0, jadi $|V_i^{(0)}| = 1$ dan $\delta_i^{(0)} = 0$ untuk *voltage regulated buses* di mana $|V_i|$ dan P_i^{sch} ditentukan, V_i sedangkan sudut fasa disamakan dengan sudut *slack bus* jadi $\delta_i^{(0)} = 0$.
- 2) Hitung $P_i^{(k)}$ dan $Q_i^{(k)}$ pada bus berbeban dengan Persamaan (2.32) dan (2.33) dan juga $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ dihitung dengan Persamaan (2.44) dan (2.45).

- 3) Hitung $P_i^{(k)}$ dan $\Delta P_i^{(k)}$ pada bus kontrol tegangan dengan Persamaan (2.32) dan (2.44).
- 4) Hitung elemen–elemen matriks Jacobian (J_1 , J_2 , J_3 , and J_4) menggunakan Persamaan (2.35) sampai dengan Persamaan (2.42).
- 5) Hitung nilai-nilai $\Delta \delta_i^{(k)}$ dengan Persamaan (2.35).
- 6) Hitung nilai yang baru dari sudut fasa $\delta_i^{(k+1)}$ dan tegangan $|V_i^{(k+1)}|$ dengan Persamaan (2.46) dan (2.47).
- 7) Proses ini akan berlanjut sampai nilai $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} |\Delta P_i^{(k)}| &\leq \epsilon \\ |\Delta Q_i^{(k)}| &\leq \epsilon \end{aligned}$$

Setelah hasil iterasi aliran daya di atas selesai dikerjakan, langkah selanjutnya adalah perhitungan rugi – rugi saluran. Anggap bahwa arus yang mengalir pada hubungan saluran dua bus i dan j pada Gambar 2.10 dibawah adalah I_{ij} .



Gambar 2.10 Model saluran transmisi untuk perhitungan aliran daya

Sumber: Saadat, 1999:212

Jika arus mengalir dari i ke j , maka

$$I_{ij} = I_l + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0}V_i \quad (2.48)$$

Maka apabila arus mengalir sebaliknya, I_{ji} , dianggap positif, maka

$$I_{ji} = -I_l + I_{j0} = y_{ij}(V_j - V_i) + y_{j0}V_j \quad (2.49)$$

Daya kompleks S_{ij} dari bus i ke j dan S_{ji} dari bus j ke i adalah:

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (2.50)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (2.51)$$

dimana V_i adalah tegangan pada bus i

V_j adalah tegangan pada bus j

Rugi daya pada saluran i ke j adalah hasil dari penjumlahan aljabar dari persamaan 2.50 dan 2.51:

$$S_{Lij} = S_{ij} + S_{ji} \quad (2.52)$$

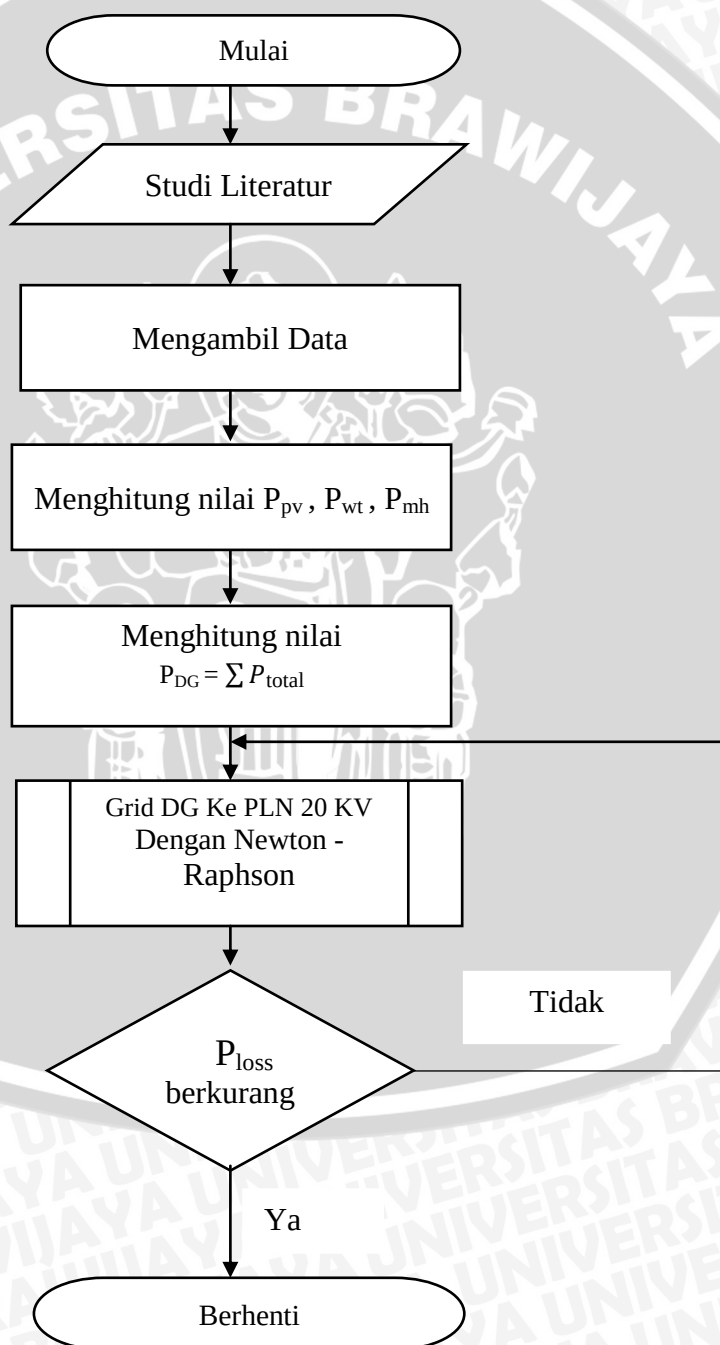
dimana

S_{Lij} = total rugi daya saluran dari i ke j (MVA)



BAB III METODE PENELITIAN

Bagian ini memberikan urutan langkah-langkah yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan penyusunan penelitian. Langkah-langkah pengerjaan metode penelitian pada skripsi ini digambarkan sesuai dengan diagram alir seperti pada Gambar 3.1. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk analisis yang akan dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pengerjaan Penelitian Skripsi

3.1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memahami konsep-konsep yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji dalam skripsi ini. Studi literatur yang dilakukan dengan cara mempelajari buku referensi, jurnal, skripsi, *web browsing*, serta forum-forum resmi tentang jenis sistem distribusi, pembangkit terbarukan, *distributed generation*, analisis aliran daya, metode Newton-Raphson, dan teori lain yang menunjang penyusunan penelitian ini.

3.2 Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari buku referensi, jurnal, dan penelitian yang relevan dengan pembahasan skripsi ini. Data tersebut meliputi:

- a) Gambar single line diagram
- b) Spesifikasi peralatan (generator dan transformator)
- c) Saluran dan beban
- d) Daya pembangkit
- e) Daya DG

3.3 Pemodelan

Pemodelan sistem daya pada penyulang Pujon dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PSAT (*Power System Analysis Toolbox*) yang berfungsi untuk memodelkan kondisi sistem daya di penyulang Pujon dan menyimulasikannya.

3.4 Analisis Perhitungan dan Simulasi

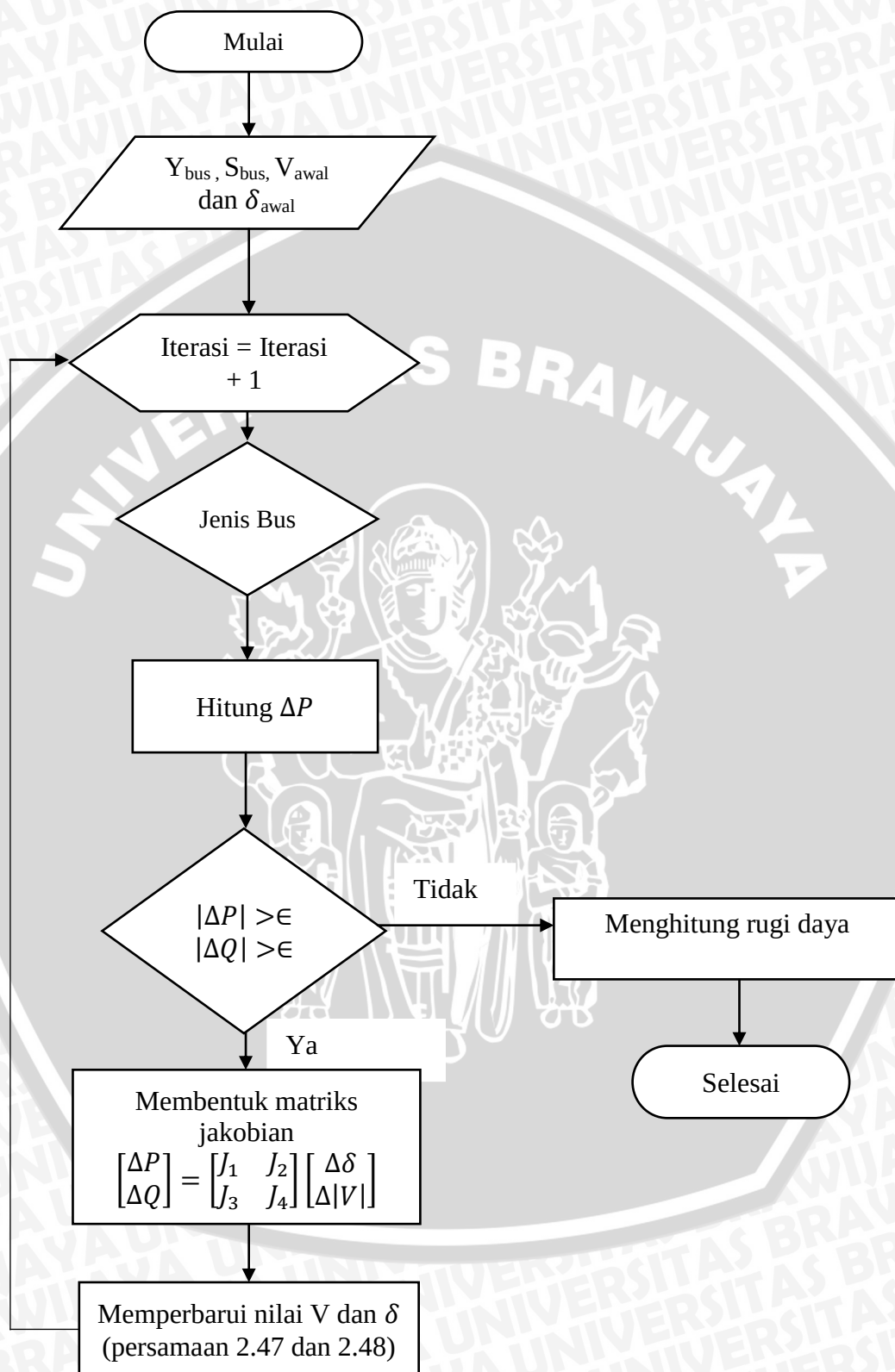
Setelah didapatkan data yang diperlukan selanjutnya data tersebut diolah dengan perhitungan-perhitungan yang telah ada dalam literatur skripsi ini yaitu pada tinjauan pustaka sehingga diperoleh data rugi-rugi daya pada sistem tenaga listrik di penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling sesuai dengan rumusan masalah yang meliputi :

- a) Pengaruh *Distributed Generation* pada saluran distribusi.
- b) Rugi-rugi daya pada saluran distribusi sebelum dan sesudah disambungkannya *Distributed Generation* (DG).

Hal yang dilakukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan jumlah bus yang akan digunakan sesuai data saluran penyulang Pujon
- 2) Menetapkan daya dan tegangan dasar sebagai dasar perhitungan per unit.
- 3) Menghitung nilai impedansi dasar (Z_{base}) pada penyulang Pujon untuk mengubah impedansi sistem menjadi satuan per unit.
- 4) Menghitung besar impedansi tiap saluran ($R + j X$) dan mengubah satuan ohm (Ω) menjadi per unit sesuai dengan data yang didapatkan dari GI sengkaling.
- 5) Menetapkan bus generator 1 sebagai *slack* bus dan bus generator 2 sebagai *single machine invinate* bus.
- 6) Menghitung daya minimum dan maksimum berdasarkan data yang tersedia.
- 7) Memodelkan sistem distribusi penyulang Pujon menggunakan PSAT dan mensimulasikannya dalam kondisi normal tanpa DG menggunakan metode Newton-Raphson.
- 8) Memodelkan sistem distribusi penyulang Pujon menggunakan PSAT dan mensimulasikannya dalam kondisi gangguan (gangguan tiga-fasa) selama 150 ms tanpa DG menggunakan metode Newton-Raphson.
- 9) Menentukan lokasi DG yang dekat dengan saluran distribusi.
- 10) Menentukan titik penyambungan DG pada bus saluran distribusi.
- 11) Memodelkan sistem distribusi penyulang Pujon dengan disambungkan DG menggunakan PSAT dan mensimulasikannya dalam kondisi tanpa gangguan dan kondisi gangguan (gangguan tiga-fasa) selama 150 ms dengan metode Newton-Raphson seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.

Berikut adalah diagram alir penggunaan metode Newton-Raphson pada penelitian ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode Newton - Raphson

3.5 Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan penelitian dan analisis, pada tahap selanjutnya dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan teori, hasil perhitungan serta analisis. Sebagai akhir dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik suatu kesimpulan dari semua proses analisis yang telah dilakukan, dan pemberian saran kepada pembaca yang akan melakukan studi terkait dengan skripsi ini. Saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi serta menyempurnakan penelitian untuk pengembangan di masa mendatang.



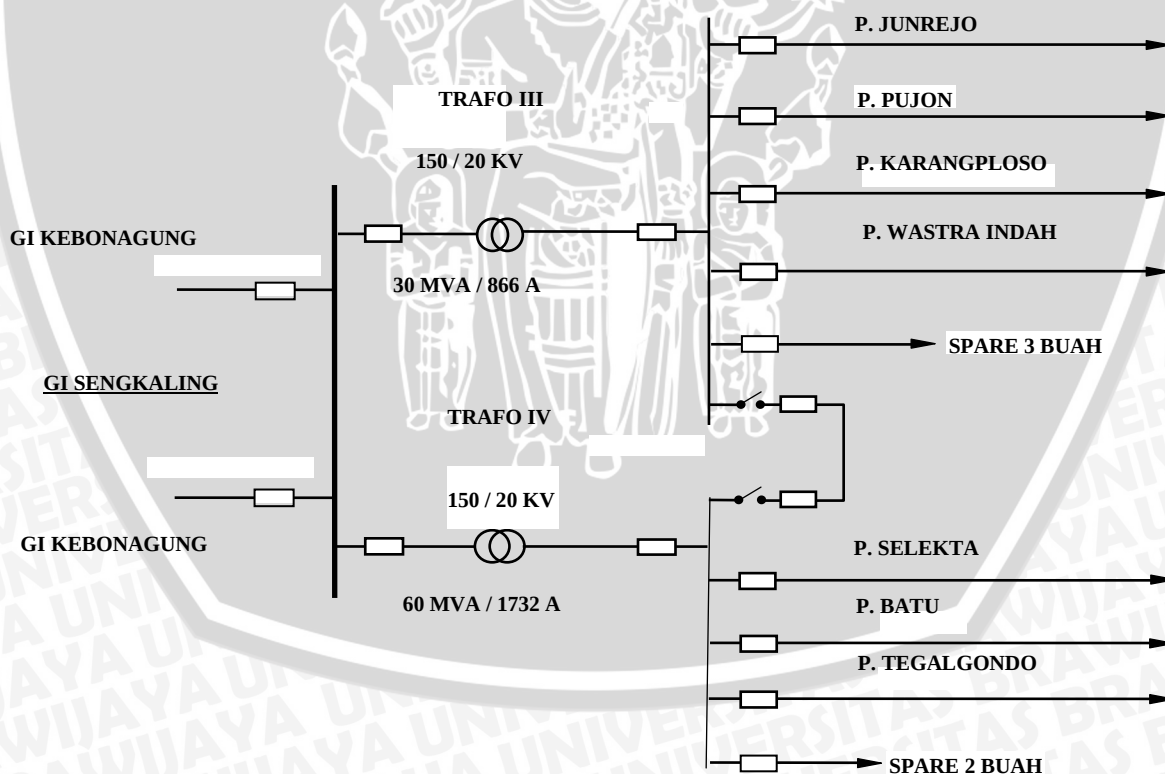
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab 4 ini akan membahas beberapa hal mengenai rugi-rugi daya pada sistem distribusi GI Sengkaling pada penyulang Pujon 20 kV. Permasalahan yang akan dibahas adalah rugi-rugi daya pada kondisi sebelum penambahan *Distributed Generation* (DG) dan kondisi setelah penambahan *Distributed Generation* (DG) yang meliputi pembangkit listrik tenaga mikrohidro, *wind turbine*, dan *photovoltaic*.

4.1 Gambaran Umum Penyulang Pujon

GI Sengkaling disuplai dari GI Kebon Agung. Pada GI Sengkaling terdapat 2 transformator yaitu transformator 3 (30 MVA/866 A) dan transformator 4 (60 MVA/1732 A). Transformator 3 ini terhubung ke penyulang Junrejo, penyulang Pujon, penyulang Karangploso, penyulang Wastra Indah seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. Penyulang Pujon terletak di daerah kecamatan Pujon Kabupaten Malang. Jenis kabel yang digunakan pada saluran distribusi 20 kV penyulang Pujon dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 4.1 Single Line Diagram Gardu Induk Sengkaling

Sumber : PT. PLN (PERSERO) AP&J MALANG

4.2 Sistem Distribusi Daya

Sistem distribusi pada penyulang Pujon adalah sistem distribusi tipe radial tegangan 20 kV dengan panjang saluran 59,64 km. Pada bab 2 telah dijelaskan bahwa keuntungan saluran distribusi tipe radial adalah tipe ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain. Namun, keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran. Besarnya jatuh tegangan di ujung saluran itulah sehingga perlu dilakukan penyambungan DG untuk memperbaiki level tegangan di ujung saluran. Terdapat beberapa data yang diperlukan pada penelitian ini untuk mensimulasikan saluran distribusi diantaranya data generator, data saluran, dan data pembebanan transformator.

4.2.1 Data Generator

Pada penelitian ini dibutuhkan *single machine infinite bus* untuk mepresentasikan banyaknya bus pada saluran sehingga dibutuhkan sebuah generator dinamik, di bawah ini merupakan data dinamik generator yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dengan daya dasar 100 MVA dan tegangan 20 kV sebagai tegangan dasar.

Tabel 4.1 Data parameter dinamik generator

Parameter	Generator 1	Satuan
S	30	MVA
X _d	1,9	p.u.
X' _d	0,28	p.u.
X'' _d	0,115	p.u.
X _q	1,8	p.u.
X' _q	0,41	p.u.
X'' _q	0,115	p.u.
X _l	0,095	p.u.
T _{d'o}	4,8	S
T _{d''o}	0,035	S
T _{q'o}	0,45	S
T _{q''o}	0,06	S
H	6	MJ/MVA
D	0	-

sumber : Hasil perhitungan

4.2.2 Data Saluran

Saluran distribusi penyulang Pujon memiliki total panjang 59,654 kilo meter. Data kode saluran dan panjang saluran didapatkan dari *software* ArcGis berdasarkan koordinat yang telah diberikan oleh instansi terkait yaitu PT. PLN (persero). Jenis kabel yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 1. Data yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 menggunakan tegangan 20 kV sebagai tegangan dasar.

Tabel 4.2 Data Saluran Penyulang Pujon

Dari	Ke	Kode Saluran	Jarak Saluran	R	X
			kilo meter	Pu	Pu
G1	BUS-1	M104	7,112	0,04178	0,03239
BUS-1	BUS-2	M104	0,026	0,00015	0,00012
BUS-1	BUS-4	M103	0,513	0,00313	0,00203
BUS-2	BUS-3	M104	0,03	0,00018	0,00014
BUS-4	BUS-5	M104	0,43	0,00253	0,00196
BUS-4	BUS-6	M103	0,604	0,00368	0,00239
BUS-6	BUS-7	M104	0,304	0,00179	0,00138
BUS-6	BUS-8	M103	0,513	0,00313	0,00203
BUS-8	BUS-9	M103	0,733	0,00447	0,00290
BUS-9	BUS-10	M107	0,11	0,00048	0,00074
BUS-9	BUS-12	M104	0,183	0,00108	0,00083
BUS-9	BUS-17	M103	0,507	0,00309	0,00200
BUS-10	BUS-11	M106	0,097	0,00042	0,00053
BUS-10	BUS-14	M107	0,616	0,00270	0,00412
BUS-12	BUS-13	M104	0,234	0,00137	0,00107
BUS-14	BUS-15	M107	0,553	0,00242	0,00370
BUS-15	BUS-16	M107	0,774	0,00339	0,00518
BUS-17	BUS-18	M103	0,138	0,00084	0,00055
BUS-18	BUS-19	M103	0,067	0,00041	0,00026
BUS-18	BUS-20	M104	0,936	0,00550	0,00426
BUS-19	BUS-21	M104	0,305	0,00179	0,00139
BUS-19	BUS-27	M104	0,708	0,00416	0,00322
BUS-20	BUS-30	M104	0,581	0,00341	0,00265
BUS-20	BUS-32	M104	0,048	0,00028	0,00022
BUS-21	BUS-22	M104	0,038	0,00022	0,00017
BUS-22	BUS-23	M104	0,133	0,00078	0,00061
BUS-22	BUS-24	M104	0,623	0,00366	0,00284
BUS-24	BUS-25	M104	0,233	0,00137	0,00106
BUS-25	BUS-26	M104	0,252	0,00148	0,00115

Dari	Ke	Kode Saluran	Jarak Saluran	R	X
			kilo meter	Pu	Pu
BUS-27	BUS-29	M104	0,295	0,00173	0,00134
BUS-30	BUS-31	M104	0,101	0,00059	0,00046
BUS-32	BUS-33	M107	0,308	0,00135	0,00206
BUS-32	BUS-35	M104	0,951	0,00559	0,00433
BUS-33	BUS-34	M107	0,066	0,00029	0,00044
BUS-35	BUS-36	M107	0,145	0,00063	0,00097
BUS-35	BUS-37	M104	0,047	0,00028	0,00021
BUS-37	BUS-38	M104	0,044	0,00026	0,00020
BUS-37	BUS-39	M104	0,434	0,00255	0,00198
BUS-39	BUS-40	M104	0,395	0,00232	0,00180
BUS-39	BUS-42	M104	0,1	0,00059	0,00046
BUS-40	BUS-41	M104	0,039	0,00023	0,00018
BUS-42	BUS-43	M104	0,767	0,00451	0,00349
BUS-42	BUS-66	M104	0,198	0,00116	0,00090
BUS-43	BUS-44	M104	0,341	0,00200	0,00155
BUS-44	BUS-45	M104	0,947	0,00556	0,00431
BUS-45	BUS-46	M104	0,571	0,00335	0,00260
BUS-46	BUS-47	M104	0,03	0,00018	0,00014
BUS-47	BUS-48	M104	0,448	0,00263	0,00204
BUS-47	BUS-49	M104	0,4	0,00235	0,00182
BUS-49	BUS-50	M104	0,806	0,00474	0,00367
BUS-49	BUS-51	M104	0,076	0,00045	0,00035
BUS-51	BUS-52	M104	0,128	0,00075	0,00058
BUS-51	BUS-54	M104	0,498	0,00293	0,00227
BUS-54	BUS-55	M104	0,468	0,00275	0,00213
BUS-52	BUS-53	M104	0,047	0,00028	0,00021
BUS-55	BUS-56	M104	1,689	0,00992	0,00769
BUS-56	BUS-57	M104	1,085	0,00637	0,00494
BUS-57	BUS-58	M104	1,163	0,00683	0,00530
BUS-58	BUS-59	M102	0,527	0,00332	0,00189
BUS-58	BUS-62	M104	0,909	0,00534	0,00414
BUS-59	BUS-60	M102	0,294	0,00185	0,00105
BUS-60	BUS-61	M102	0,145	0,00091	0,00052
BUS-62	BUS-63	M104	1,405	0,00825	0,00640
BUS-63	BUS-64	M104	1,205	0,00708	0,00549
BUS-64	BUS-65	M104	0,769	0,00452	0,00350
BUS-66	BUS-67	M104	0,7	0,00411	0,00319
BUS-66	BUS-73	M104	0,238	0,00140	0,00108
BUS-67	BUS-68	M104	0,912	0,00536	0,00415
BUS-68	BUS-69	M104	0,684	0,00402	0,00312

Dari	Ke	Kode Saluran	Jarak Saluran	R	X
			kilo meter	pu	Pu
BUS-69	BUS-72	M104	2,203	0,01294	0,01003
BUS-70	BUS-71	M104	0,052	0,00031	0,00024
BUS-73	BUS-74	M104	0,949	0,00558	0,00432
BUS-74	BUS-75	M104	0,618	0,00363	0,00281
BUS-75	BUS-76	M104	0,059	0,00035	0,00027
BUS-76	BUS-77	M107	0,286	0,00125	0,00191
BUS-76	BUS-79	M104	0,204	0,00120	0,00093
BUS-77	BUS-78	M107	0,024	0,00011	0,00016
BUS-79	BUS-80	M104	0,247	0,00145	0,00112
BUS-80	BUS-81	M107	1,56	0,00683	0,01044
BUS-80	BUS-93	M104	0,057	0,00033	0,00026
BUS-81	BUS-82	M107	0,39	0,00171	0,00261
BUS-81	BUS-84	M107	0,398	0,00174	0,00266
BUS-82	BUS-83	M107	0,039	0,00017	0,00026
BUS-84	BUS-85	M104	0,727	0,00427	0,00331
BUS-84	BUS-87	M107	0,136	0,00060	0,00091
BUS-85	BUS-86	M104	1,004	0,00590	0,00457
BUS-87	BUS-88	M107	0,502	0,00220	0,00336
BUS-88	BUS-89	M107	0,889	0,00389	0,00595
BUS-89	BUS-90	M107	0,913	0,00400	0,00611
BUS-90	BUS-91	M107	0,558	0,00244	0,00373
BUS-91	BUS-92	M107	0,016	0,00007	0,00011
BUS-93	BUS-94	M102	0,245	0,00154	0,00088
BUS-93	BUS-96	M104	0,057	0,00033	0,00026
BUS-94	BUS-95	M102	0,028	0,00018	0,00010
BUS-96	BUS-97	M102	0,027	0,00017	0,00010
BUS-96	BUS-98	M104	0,204	0,00120	0,00093
BUS-98	BUS-99	M104	0,774	0,00455	0,00353
BUS-99	BUS-100	M104	0,653	0,00384	0,00297
BUS-100	BUS-101	M103	0,411	0,00251	0,00163
BUS-100	BUS-104	M103	0,079	0,00048	0,00031
BUS-101	BUS-102	M104	1,244	0,00731	0,00567
BUS-102	BUS-103	M104	0,024	0,00014	0,00011
BUS-104	BUS-105	M103	0,282	0,00172	0,00111
BUS-104	BUS-107	M103	0,144	0,00088	0,00057
BUS-105	BUS-106	M103	0,035	0,00021	0,00014
BUS-107	BUS-108	M103	0,586	0,00357	0,00232
BUS-108	BUS-109	M103	0,898	0,00547	0,00355
BUS-109	BUS-110	M103	0,296	0,00180	0,00117
BUS-110	BUS-111	M104	0,965	0,00567	0,00439

Dari	Ke	Kode Saluran	Jarak Saluran	R	X
			kilo meter	pu	Pu
BUS-112	BUS-113	M104	0,049	0,00029	0,00022
BUS-112	BUS-116	M104	2,042	0,01200	0,00930
BUS-113	BUS-114	M104	0,603	0,00354	0,00275
BUS-114	BUS-115	M104	0,097	0,00057	0,00044
BUS-116	BUS-117	M104	0,046	0,00027	0,00021

Sumber: Hasil perhitungan

4.2.3 Data Pembebanan Transformator

Saluran distribusi penyulang Pujon memiliki 67 transformator dengan berbagai jenis beban, diantaranya adalah beban industri, beban perumahan, dan juga beban komersil. Data pembebanan transformator pada penyulang Pujon ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Pembebanan Transformator

No	No Gardu	Gardu Induk	Daya Trafo (kVA)	Pembebanan Trafo	
		PNYLNG		kVA	
				max	min
1	D0031	SKLNG	75	23,2	10,8
		PUJON			
2	D0126	SKLNG	150	116,2	21,7
		PUJON			
3	D0189	SKLNG	160	76,6	23,1
		PUJON			
4	D0180	SKLNG	100	32,7	14,4
		PUJON			
5	D0032	SKLNG	200	92	28,9
		PUJON			
6	D0009	SKLNG	250	196,036	36,1
		PUJON			
7	D0046	SKLNG	200	132,9	28,9
		PUJON			
8	D0119	SKLNG	150	150	73,1
		PUJON			
9	D0078	SKLNG	160	109,5	23,1
		PUJON			
10	D0025	SKLNG	75	27,6	10,8
		PUJON			

No	No Gardu	Gardu Induk	Daya Trafo (kVA)	Pembebanan Trafo	
		PNYLNNG		kVA	
				max	min
11	D0129	SKLNG	160	84,8	23,1
		PUJON			
12	D0099	SKLNG	100	66,776	14,4
		PUJON			
13	D0200	SKLNG	50	24,7	7,2
		PUJON			
14	D0201	SKLNG	100	14,4	1,8
		PUJON			
15	D0202	SKLNG	100	55,9	14,4
		PUJON			
16	D0030	SKLNG	160	59,123	23,1
		PUJON			
17	D0174	SKLNG	160	101,5	23,1
		PUJON			
18	D0175	SKLNG	100	14,5	14,4
		PUJON			
19	D0016	SKLNG	200	108,3	28,9
		PUJON			
20	D0168	SKLNG	25	4,3	3,6
		PUJON			
21	D0206	SKLNG	200	70,8	28,9
		PUJON			
22	D0212	SKLNG	50	35,3	7,2
		PUJON			
23	D0057	SKLNG	150	100,8	21,7
		PUJON			
24	D0153	SKLNG	160	78,7	23,1
		PUJON			
25	D0059	SKLNG	160	76	23,1
		PUJON			
26	D0087	SKLNG	100	23,2	14,4
		PUJON			
27	D0266	SKLNG	200	54,8	28,9
		PUJON			
28	D0088	SKLNG	100	5,025	20,1
		PUJON			

No	No Gardu	Gardu Induk	Daya Trafo (kVA)	Pembebanan Trafo	
		PNYLNNG		kVA	
				max	min
29	D0124	SKLNG	50	27,5	7,2
		PUJON			
30	D0089	SKLNG	160	98,2	23,1
		PUJON			
31	D0101	SKLNG	100	46,5	14,4
		PUJON			
32	D0102	SKLNG	160	96,9	23,1
		PUJON			
33	D0103	SKLNG	100	40,1	14,4
		PUJON			
34	D0167	SKLNG	50	15,5	7,2
		PUJON			
35	D0104	SKLNG	100	56,6	14,4
		PUJON			
36	D0166	SKLNG	50-	25,8	7,2
		PUJON			
37	D0213	SKLNG	100	45,3	14,4
		PUJON			
38	D0058	SKLNG	100	60,1	14,4
		PUJON			
39	D0060	SKLNG	160	116,043	23,25
		PUJON			
40	D0217	SKLNG	50	28,575	7,2
		PUJON			
41	D0036	SKLNG	75	44,7	10,8
		PUJON			
42	D0145	SKLNG	160	96,8	23,3
		PUJON			
43	D0019	SKLNG	160	113,4	23,15
		PUJON			
44	D0198	SKLNG	160	116,556	23,1
		PUJON			
45	D0123	SKLNG	150	124,1	21,7
		PUJON			
46	D0098	SKLNG	160	92,925	23,1
		PUJON			

No	No Gardu	Gardu Induk	Daya Trafo (kVA)	Pembebanan Trafo	
		PNYLNG		kVA	
				max	min
47	D0236	SKLNG	160	81,2	23,1
		PUJON			
48	D0079	SKLNG	200	148,6	28,9
		PUJON			
49	D0094	SKLNG	150	71,8	23,694
		PUJON			
50	D0216	SKLNG	50	30,7	7,2
		PUJON			
51	D0094	SKLNG	100	59,5	14,4
		PUJON			
52	D0216	SKLNG	160	79,8	23,1
		PUJON			
53	D0195	SKLNG	160	47,458	23,15
		PUJON			
54	D0061	SKLNG	160	105,2	23,1
		PUJON			
55	D0064	SKLNG	100	52,3	14,4
		PUJON			
56	D0147	SKLNG	50	38,8	7,2
		PUJON			
57	D0196	SKLNG	50	20,5	7,2
		PUJON			
58	D0063	SKLNG	100	52,9	14,4
		PUJON			
59	D0065	SKLNG	160	108,9	23,1
		PUJON			
60	D0066	SKLNG	100	58,9	14,4
		PUJON			
61	D0219	SKLNG	100	52,2	14,4
		PUJON			
62	D0076	SKLNG	75	41,33	10,8
		PUJON			
63	D0077	SKLNG	160	103,8	23,1
		PUJON			
64	D0197	SKLNG	25	17,7	3,6
		PUJON			

No	No Gardu	Gardu Induk	Daya Trafo (kVA)	Pembebanan Trafo	
		PNYLNG		kVA	
				max	min
65	D0262	SKLNG	100	38,027	12,55
		PUJON			
66	D0033	SKLNG	250	153,219	50,562
		PUJON			
67	D0265	SKLNG	100	73,928	24,39
		PUJON			

Sumber : PT. PLN(Persero)

4.3 Distributed Generation

Distributed generation yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrohidro, *wind turbine*, dan *solar photovoltaic*.

4.3.1 Mikrohidro

Lokasi penelitian mikrohidro berada di Desa Bendosari Kecamatan Pujon yang telah dibangun oleh Universitas Brawijaya. Penelitian ini menggunakan generator sinkron dengan spesifikasi ditunjukkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Spesifikasi generator

Synchronous Generator	three-phase
	380/220V
	50 Hz
	1500 rpm
	15kVA
	p.f. 0.85 – 0.90

sumber : Nameplate

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya elektrik generator adalah 8,7 kW, dengan *power factor* sebesar 0,9 maka nilai daya reaktif dapat diketahui dengan persamaan:

$$S = \frac{P}{\cos \theta}$$

$$= \frac{8700}{0,9}$$

$$S = 9.666,67 \text{ VA}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{(9666,67)^2 - (8700)^2}$$

$$= 4.213,61 \text{ var}$$

4.3.2 Wind Turbine

Data penelitian *wind turbine* diambil dalam waktu 90 hari dengan nilai kecepatan angin tiap harinya ditunjukkan pada lampiran 3 sedangkan untuk nilai kecepatan angin rata-rata tiap harinya (m/s) ditunjukkan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kecepatan angin rata – rata setiap hari

Hari	Rata-rata	Hari	Rata-rata	Hari	Rata-rata
1	6,95	31	3,52	61	2,14
2	6,44	32	5,93	62	2,24
3	5,60	33	4,22	63	2,35
4	5,66	34	4,70	64	2,93
5	5,04	35	4,01	65	2,94
6	5,26	36	3,64	66	3,41
7	5,19	37	3,97	67	3,70
8	5,08	38	3,65	68	3,51
9	5,26	39	3,78	69	3,70
10	6,68	40	2,81	70	2,72
11	5,72	41	2,84	71	3,09
12	4,61	42	3,40	72	3,38
13	5,22	43	1,89	73	3,23
14	6,23	44	1,45	74	2,65
15	6,11	45	3,31	75	3,49
16	6,24	46	1,98	76	4,58
17	4,17	47	2,13	77	4,57
18	5,34	48	3,28	78	4,83
19	5,19	49	3,51	79	5,18
20	6,52	50	1,70	80	6,30
21	4,79	51	1,70	81	5,68
22	4,41	52	3,63	82	3,34
23	4,91	53	3,70	83	4,73
24	3,75	54	2,03	84	6,20
25	6,25	55	2,31	85	6,11
26	5,55	56	2,00	86	6,24
27	4,82	57	2,03	87	4,66
28	5,12	58	1,80	88	5,16
29	5,59	59	2,03	89	5,27
30	5,55	60	3,45	90	4,23

Sumber : Pengukuran

Generator yang digunakan adalah generator asinkron merek suzlon dengan spesifikasi yang terdapat pada lampiran 4.

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} C_p \rho A v_{\text{wind}}^3$$

Nilai koefisien daya rotor sesuai dengan tinjauan pustaka maka nilai C_p adalah 0,4 dengan nilai kecepatan angin rata – rata adalah 4,3 serta luas baling – baling dan kerapatan udara masing - masing adalah 2.124 dan 1,2.

Sehingga daya yang dibangkitkan adalah:

$$P_{\text{wind}} = 0,5 \times 0,4 \times 1,2 \times 2.124 \times (4,3)^3$$

$$= 40.529,489 \text{ watt}$$

Daya angin adalah daya masukan generator, dengan efisiensi yang telah diklaim oleh merek dagang suzlon adalah 0,95 maka daya keluaran generator dapat diketahui dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

$$P_{\text{out}} = 40.529,489 \times 0,95$$

$$= 38.503,01 \text{ watt}$$

$$= 38,50301 \text{ kW}$$

Jadi, daya keluaran generator adalah 38,5031 kW, dengan *power factor* 0,9 - 0,95 maka nilai untuk S dan Q untuk *power factor* 0,95 adalah sebagai berikut :

$$S = 40.529,489 \text{ VA}$$

$$Q = 12.655,33 \text{ Var}$$

4.3.3 Solar Photovoltaic

Data penelitian pada *Solar Photovoltaic* diambil dalam jangka waktu 90 hari, nilai radiasi solar sel per meter persegi ditunjukkan pada lampiran 2, untuk nilai radiasi solar sel rata-rata tiap harinya ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Radiasi per m²

hari	rata - rata	hari	rata - rata	hari	rata - rata	hari	rata - rata	hari	rata - rata
1	143.5	21	258.4	41	214.1	61	351.4	81	348.1
2	199.3	22	243.1	42	111.3	62	343.2	82	319.9
3	117.3	23	300.0	43	236.7	63	219.1	83	257.3
4	180.8	24	174.1	44	134.8	64	151.8	84	258.5
5	250.3	25	82.0	45	210.3	65	326.8	85	310.1
6	203.8	26	228.0	46	203.5	66	336.0	86	305.2
7	111.0	27	133.1	47	346.1	67	251.6	87	278.1
8	103.0	28	221.5	48	72.7	68	294.2	88	317.7
9	105.7	29	181.2	49	270.7	69	234.0	89	344.3
10	179.7	30	161.5	50	153.7	70	268.8	90	291.0
11	117.2	31	189.0	51	278.3	71	227.0		
12	316.3	32	281.8	52	313.5	72	84.6		
13	185.9	33	236.6	53	339.2	73	295.0		
14	175.6	34	321.7	54	357.2	74	292.9		
15	199.9	35	213.5	55	326.6	75	183.1		
16	165.1	36	230.0	56	164.4	76	296.1		
17	244.2	37	248.8	57	311.6	77	292.5		
18	212.5	38	99.9	58	260.0	78	337.2		
19	249.6	39	197.5	59	336.9	79	164.1		
20	216.4	40	277.6	60	346.2	80	298.6		

Sumber : Pengukuran

Radiasi rata-rata yang dihasilkan oleh solar sel adalah 235,8 watt/m² dan rating daya untuk solar sel adalah 500 watt.

Dimana nilai daya keluaran solar sel adalah:

$$P_{PV-out} = P_{R-PV} \times (G/G_{ref}) \times [1 + K_T(T_c - T_{ref})]$$

$$\begin{aligned} \text{dengan nilai } T_c &= T_{amb} + (0.0256 \times G) \\ &= 17 + (0.0256 \times 235,8) \\ &= 23,03648 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned} P_{PV-out} &= 500 \times (235,8 / 1000) \times (1 + ((-0.0037) \times (23 - 25))) \\ &= 118,7725 \text{ watt} \end{aligned}$$

Nilai daya yang dihasilkan panel surya adalah 118,7725 watt untuk satu panel dan luas panel adalah 1 m². Pada lokasi penelitian terdapat lahan kosong seluas 120 m² yang mampu menampung 100 panel surya. Seratus panel surya tersebut mampu menghasilkan daya sebesar 11.877,25 watt atau 11,87725 kW.

4.4 Simulasi Aliran Daya

Simulasi aliran daya dilakukan untuk mengetahui kondisi awal sistem sebelum dilakukan analisis pengaruh penyambungan *distributed generation* terhadap rugi-rugi daya. Simulasi aliran daya ini berdasarkan data-data yang telah dibahas sebelumnya meliputi data pembangkit, data saluran, dan data beban. Simulasi akan dilakukan dalam lima keadaan, yaitu kondisi 1 adalah keadaan sebelum penambahan *distributed generation*, kondisi 2 adalah keadaan setelah penambahan mikrohidro, kondisi 3 adalah keadaan setelah penambahan *wind turbine*, kondisi 4 adalah keadaan setelah penambahan *solar photovoltaic*, kondisi 5 adalah keadaan setelah penambahan *wind turbine*, *solar photovoltaic*, dan mikrohidro.

Lima kondisi sistem inilah yang akan dianalisis pada penelitian ini, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengondisian sistem

Nama	Kondisi
Kondisi 1	PLN
Kondisi 2	PLN + mikrohidro
Kondisi 3	PLN + <i>wind turbine</i>
Kondisi 4	PLN + <i>solar photovoltaic</i>
Kondisi 5	PLN + mikrohidro + <i>wind turbine</i> + <i>solar photovoltaic</i>

4.4.1 Simulasi Kondisi 1

Pada simulasi kondisi 1 ini ditentukan bahwa bus Generator 1 adalah *slack* bus dengan tegangan $1 \angle 0^\circ$ p.u., sedangkan bus Generator 2 merupakan PV bus. Sedangkan untuk bus yang lain ditentukan sebagai PQ bus. Hasil simulasi aliran daya pada kondisi 1 meliputi nilai tegangan tiap bus dan besar rugi-rugi daya. Dalam hal ini dilakukan pengaturan meliputi daya dasar 100 MVA, frekuensi 50 Hz, tegangan dasar 20 kV, waktu gangguan dimulai detik ke-2, dan waktu gangguan 0,15 detik, maka diperoleh hasil simulasi aliran beban seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus GI	Bus1	1	4.3974	1.7023	0.21266	0.16486
Bus9	Bus10	2	0.3819	0.1256	1.1376E-05	1.754E-05
Bus99	Bus100	3	0.5800	0.1910	0.00035202	0.0002723
Bus100	Bus101	4	0.0849	0.0279	5.858E-06	3.804E-06
Bus101	Bus102	5	0.0362	0.0119	2.6092E-06	2.024E-06

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus104	Bus100	7	-0.4946	-0.1628	3.8017E-05	2.455E-05
Bus104	Bus105	8	0.0191	0.0063	2.0324E-07	1.312E-07
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.4755	-0.1565	6.4418E-05	4.173E-05
Bus107	Bus108	11	0.4262	0.1403	0.00020994	0.0001364
Bus108	Bus109	12	0.3571	0.1175	0.00022604	0.0001467
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.2553	0.0840	3.8093E-05	2.476E-05
Bus110	Bus111	15	0.2004	0.0659	6.2347E-05	4.827E-05
Bus111	Bus112	16	0.1517	0.0499	3.2789E-06	2.585E-06
Bus112	Bus113	17	0.1352	0.0445	1.4527E-06	1.102E-06
Bus113	Bus114	18	0.0967	0.0318	9.0714E-06	7.047E-06
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0165	-0.0054	8.9408E-07	6.929E-07
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus9	Bus12	22	0.2194	0.0721	1.3407E-05	1.03E-05
Bus12	Bus13	23	0.1837	0.0604	1.193E-05	9.318E-06
Bus10	Bus14	24	0.2957	0.0973	3.8364E-05	5.854E-05
Bus14	Bus15	25	0.1711	0.0563	1.1519E-05	1.761E-05
Bus15	Bus16	26	0.1026	0.0337	5.8031E-06	8.867E-06
Bus17	Bus9	27	-3.4769	-1.1675	0.01156341	0.0074844
Bus17	Bus18	28	3.4510	1.1590	0.00309699	0.0020278
Bus18	Bus19	29	0.2863	0.0941	1.0378E-05	6.581E-06
Bus1	Bus2	30	0.1311	0.0431	6.3863E-07	5.109E-07
Bus20	Bus18	31	-3.1473	-1.0517	0.01438122	0.0111389
Bus19	Bus21	32	0.2309	0.0759	2.4856E-05	1.93E-05
Bus21	Bus22	33	0.1515	0.0498	1.3151E-06	1.016E-06
Bus22	Bus23	34	0.0625	0.0205	7.9432E-07	6.212E-07
Bus22	Bus24	35	0.0890	0.0292	7.5455E-06	5.855E-06
Bus24	Bus25	36	0.0658	0.0216	1.5467E-06	1.197E-06
Bus25	Bus26	37	0.0523	0.0172	1.0565E-06	8.209E-07
Bus19	Bus27	38	0.0554	0.0182	3.3197E-06	2.57E-06
Bus27	Bus28	39	0.0553	0.0182	1.8354E-07	1.436E-07
Bus27	Bus29	40	0	0	0	0
Bus2	Bus3	41	0.1092	0.0359	5.3247E-07	4.141E-07
Bus30	Bus20	42	-0.1085	-0.0357	1.0568E-05	8.213E-06
Bus31	Bus30	43	-0.0136	-0.0045	2.8585E-08	2.229E-08
Bus20	Bus32	44	3.0388	1.0160	0.00068259	0.0005363
Bus32	Bus33	45	0.0040	0.0013	3.6196E-09	5.523E-09
Bus33	Bus34	46	0	0	0	0
Bus35	Bus32	47	-2.9201	-0.9710	0.01270056	0.0098378
Bus36	Bus35	48	0	0	0	0

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus37	Bus35	49	-2.9194	-0.9706	0.00063616	0.0004771
Bus37	Bus38	50	0.0662	0.0217	3.0267E-07	2.328E-07
Bus39	Bus37	51	-2.8477	-0.9445	0.00553432	0.0042972
Bus1	Bus4	52	4.3845	1.4944	0.01781859	0.0115565
Bus39	Bus40	53	0.0330	0.0108	6.7381E-07	5.228E-07
Bus40	Bus41	54	0	0	0	0
Bus42	Bus39	55	-2.8135	-0.9327	0.00125104	0.0009754
Bus42	Bus43	56	0.7549	0.2492	0.00068782	0.0005323
Bus43	Bus44	57	0.6600	0.2178	0.00023366	0.0001811
Bus44	Bus45	58	0.5863	0.1934	0.00051297	0.0003976
Bus45	Bus46	59	0.5148	0.1697	0.00023875	0.0001853
Bus46	Bus47	60	0.4930	0.1624	1.1772E-05	9.156E-06
Bus47	Bus48	61	0.0512	0.0168	1.8517E-06	1.436E-06
Bus49	Bus47	62	-0.4417	-0.1455	0.00012345	9.561E-05
Bus4	Bus5	63	0.0720	0.0237	3.2771E-06	2.539E-06
Bus49	Bus50	64	0	0	0	0
Bus51	Bus49	65	-0.4416	-0.1455	2.3639E-05	1.839E-05
Bus51	Bus52	66	0.0188	0.0062	7.1113E-08	5.499E-08
Bus52	Bus53	67	0	0	0	0
Bus54	Bus51	68	-0.4227	-0.1392	0.00014111	0.0001093
Bus54	Bus55	69	0.3971	0.1308	0.00011685	9.051E-05
Bus55	Bus56	70	0.3053	0.1005	0.00024936	0.0001933
Bus56	Bus57	71	0.2616	0.0861	0.00011781	9.136E-05
Bus57	Bus58	72	0.1711	0.0563	5.4086E-05	4.197E-05
Bus58	Bus59	73	0.0519	0.0171	3.1617E-06	1.8E-06
Bus6	Bus4	74	-4.2744	-1.4460	0.02026704	0.0131626
Bus59	Bus60	75	0.0145	0.0048	1.369E-07	7.77E-08
Bus60	Bus61	76	0	0	0	0
Bus62	Bus58	77	-0.1192	-0.0392	2.0529E-05	1.592E-05
Bus62	Bus63	78	0.1192	0.0392	3.1716E-05	2.46E-05
Bus63	Bus64	79	0.0663	0.0218	8.4389E-06	6.544E-06
Bus64	Bus65	80	0.0423	0.0139	2.1872E-06	1.694E-06
Bus66	Bus42	81	-2.0573	-0.6825	0.00131727	0.001022
Bus66	Bus67	82	0.1912	0.0629	4.0256E-05	3.125E-05
Bus67	Bus68	83	0.1351	0.0444	2.6201E-05	2.029E-05
Bus68	Bus69	84	0.0267	0.0088	7.672E-07	5.954E-07
Bus6	Bus7	85	0.1147	0.0377	5.953E-06	4.589E-06
Bus69	Bus70	86	0.0267	0.0088	1.4504E-07	1.126E-07
Bus70	Bus71	87	0	0	0	0
Bus72	Bus69	88	0	0	0	0
Bus73	Bus66	89	-1.8648	-0.6186	0.00130822	0.0010092
Bus73	Bus74	90	1.8231	0.6048	0.00498362	0.0038583
Bus75	Bus74	91	-1.7248	-0.5690	0.00292804	0.0022666

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus75	Bus76	92	1.6190	0.5343	0.00024877	0.0001919
Bus7	Bus77	93	0.1087	0.0357	2.5217E-06	3.853E-06
Bus7	Bus 78	94	0	0	0	0
Bus79	Bus76	95	-1.5093	-0.4978	0.00074222	0.0005752
Bus 8	Bus 6	96	-4.1434	-1.3977	0.01632773	0.0105896
Bus80	Bus79	97	-1.3928	-0.4591	0.00076462	0.0005906
Bus80	Bus81	98	0.5268	0.1737	0.00032437	0.0004958
Bus81	Bus82	99	0.0866	0.0285	2.199E-06	3.356E-06
Bus82	Bus83	100	0	0	0	0
Bus84	Bus81	101	-0.4397	-0.1446	5.7677E-05	8.817E-05
Bus84	Bus85	102	0.0757	0.0249	6.6626E-06	5.165E-06
Bus85	Bus86	103	0	0	0	0
Bus87	Bus84	104	-0.3640	-0.1197	1.363E-05	2.067E-05
Bus87	Bus88	105	0.2255	0.0742	1.9174E-05	2.928E-05
Bus88	Bus89	106	0.1585	0.0521	1.6761E-05	2.564E-05
Bus8	Bus9	107	4.1127	1.3876	0.02297476	0.0149053
Bus89	Bus90	108	0.1299	0.0427	1.1573E-05	1.768E-05
Bus90	Bus91	109	0.0744	0.0244	2.3165E-06	3.541E-06
Bus91	Bus92	110	0	0	0	0
Bus93	Bus80	111	-0.8660	-0.2854	6.728E-05	5.301E-05
Bus94	Bus93	112	-0.0443	-0.0145	0.0000011	0.0000006
Bus94	Bus95	113	0	0	0	0
Bus96	Bus93	114	-0.82168	-0.2708	0.0000606	0.0000477
Bus97	Bus96	115	0	0	0	0
Bus96	Bus98	116	0.8217	0.2708	0.0002	0.0002
Bus98	Bus99	117	0.6786	0.2237	0.0006	0.0004
Bus GI	Bus 0	118	-4.7282	-1.7023	0.0087	0.1731

Total Pembangkitan : P = 4,5155 MW
Q = 1,7179 MVAR

Total Beban : P = 4,0852 MW
Q = 1,343 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,3122 MW
Q = 0,3752 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban maksimum kondisi 1 dapat dilihat pada lampiran 5a. Pada hasil simulasi kondisi 1 dimana ketika beban maksimum tersebut rugi-rugi daya mencapai 0,00312 p.u. dan 0,00375 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan

berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

Simulasi kondisi 1 pada beban minimum ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus GI	Bus1	1	1.2260	0.4127	0.0138	0.010699
Bus9	Bus10	2	0.0998	0.0328	6.82E-07	1.05E-06
Bus99	Bus100	3	0.1492	0.0491	1.96E-05	1.52E-05
Bus100	Bus101	4	0.0205	0.0067	2.88E-07	1.87E-07
Bus101	Bus102	5	0.0068	0.0022	7.85E-08	6.09E-08
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.1286	-0.0423	2.16E-06	1.4E-06
Bus104	Bus105	8	0.0068	0.0022	2.19E-08	1.41E-08
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.1218	-0.0401	3.56E-06	2.3E-06
Bus107	Bus108	11	0.1081	0.0356	1.14E-05	7.39E-06
Bus108	Bus109	12	0.0849	0.0279	1.08E-05	6.98E-06
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.06298	0.02072	1.95E-06	1.26E-06
Bus110	Bus111	15	0.04931	0.01622	3.17E-06	2.45E-06
Bus111	Bus112	16	0.03563	0.01171	1.52E-07	1.2E-07
Bus112	Bus113	17	0.03221	0.01059	6.91E-08	5.24E-08
Bus113	Bus114	18	0.02195	0.00721	3.92E-07	3.04E-07
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0034	-0.0011	3.22E-08	2.5E-08
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus9	Bus12	22	0.0462	0.0152	5.23E-07	4.02E-07
Bus12	Bus13	23	0.0343	0.0113	3.65E-07	2.85E-07
Bus10	Bus14	24	0.0723	0.0238	2.01E-06	3.07E-06
Bus14	Bus15	25	0.0449	0.0147	6.95E-07	1.06E-06
Bus15	Bus16	26	0.0219	0.0072	2.33E-07	3.56E-07
Bus17	Bus9	27	-0.9719	-0.3212	0.000787	0.000509
Bus17	Bus18	28	0.9617	0.3178	0.000209	0.000137
Bus18	Bus19	29	0.0798	0.0262	7.03E-07	4.46E-07
Bus1	Bus2	30	0.0309	0.0102	3.21E-08	2.57E-08
Bus20	Bus18	31	-0.8807	-0.2907	0.000972	0.000753
Bus19	Bus21	32	0.0579	0.0190	1.36E-06	1.06E-06
Bus21	Bus22	33	0.0359	0.0118	6.44E-08	4.98E-08
Bus22	Bus23	34	0.0137	0.0045	3.31E-08	2.59E-08
Bus22	Bus24	35	0.0222	0.0073	4.11E-07	3.19E-07
Bus24	Bus25	36	0.0154	0.0051	7.37E-08	5.7E-08
Bus25	Bus26	37	0.0137	0.0045	6.29E-08	4.89E-08
Bus19	Bus27	38	0.0219	0.0072	4.55E-07	3.52E-07

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus2	Bus3	41	0.0206	0.0068	1.72E-08	1.33E-08
Bus30	Bus20	42	-0.0356	-0.0117	9.85E-07	7.66E-07
Bus31	Bus30	43	-0.0137	-0.0045	2.51E-08	1.96E-08
Bus20	Bus32	44	0.8451	0.2790	4.56E-05	3.58E-05
Bus32	Bus33	45	0.0034	0.0011	2.26E-09	3.45E-09
Bus33	Bus34	46	0	0	0	0
Bus35	Bus32	47	-0.8133	-0.2681	0.000844	0.000654
Bus36	Bus35	48	0	0	0	0
Bus37	Bus35	49	-0.8133	-0.2681	4.23E-05	3.17E-05
Bus37	Bus38	50	0.0275	0.0090	4.47E-08	3.44E-08
Bus39	Bus37	51	-0.7854	-0.2588	0.00036	0.000279
Bus1	Bus4	52	1.1813	0.3919	0.001165	0.000755
Bus39	Bus40	53	0.0068	0.0022	2.48E-08	1.92E-08
Bus40	Bus41	54	0	0	0	0
Bus42	Bus39	55	-0.7785	-0.2565	8.18E-05	6.37E-05
Bus42	Bus43	56	0.2297	0.0756	5.44E-05	4.21E-05
Bus43	Bus44	57	0.2091	0.0688	2E-05	1.55E-05
Bus44	Bus45	58	0.1871	0.0616	4.45E-05	3.45E-05
Bus45	Bus46	59	0.1651	0.0543	2.09E-05	1.62E-05
Bus46	Bus47	60	0.1514	0.0498	9.45E-07	7.35E-07
Bus47	Bus48	61	0.0275	0.0090	4.54E-07	3.52E-07
Bus49	Bus47	62	-0.1239	-0.0408	8.27E-06	6.4E-06
Bus4	Bus5	63	0.0219	0.0072	2.74E-07	2.12E-07
Bus49	Bus50	64	0	0	0	0
Bus51	Bus49	65	-0.1239	-0.0408	1.58E-06	1.23E-06
Bus51	Bus52	66	0.0048	0.0016	3.91E-09	3.02E-09
Bus52	Bus53	67	0	0	0	0
Bus54	Bus51	68	-0.1192	-0.0392	9.53E-06	7.38E-06
Bus54	Bus55	69	0.1123	0.0370	7.95E-06	6.15E-06
Bus55	Bus56	70	0.0904	0.0297	1.86E-05	1.44E-05
Bus56	Bus57	71	0.0767	0.0252	8.58E-06	6.66E-06
Bus57	Bus58	72	0.0547	0.0180	4.69E-06	3.64E-06
Bus58	Bus59	73	0.0205	0.0067	4.19E-07	2.38E-07
Bus6	Bus4	74	-1.1569	-0.3831	0.001319	0.000857
Bus59	Bus60	75	0.0068	0.0022	2.59E-08	1.47E-08
Bus60	Bus61	76	0	0	0	0
Bus62	Bus58	77	-0.0342	-0.0112	1.43E-06	1.11E-06
Bus62	Bus63	78	0.0342	0.0112	2.21E-06	1.72E-06
Bus63	Bus64	79	0.0205	0.0067	6.83E-07	5.3E-07
Bus64	Bus65	80	0.0137	0.0045	1.94E-07	1.5E-07
Bus66	Bus42	81	-0.5487	-0.1808	7.99E-05	6.2E-05
Bus66	Bus67	82	0.0425	0.0140	1.69E-06	1.32E-06
Bus67	Bus68	83	0.0288	0.0095	1.02E-06	7.86E-07

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus69	Bus70	86	0.0068	0.0022	8.13E-09	6.31E-09
Bus70	Bus71	87	0	0	0	0
Bus72	Bus69	88	0	0	0	0
Bus73	Bus66	89	-0.5062	-0.1668	8.21E-05	6.33E-05
Bus73	Bus74	90	0.4959	0.1634	0.000314	0.000243
Bus75	Bus74	91	-0.4735	-0.1558	0.000187	0.000144
Bus75	Bus76	92	0.4515	0.1486	1.64E-05	1.26E-05
Bus76	Bus77	93	0.0219	0.0072	8.69E-08	1.33E-07
Bus77	Bus78	94	0	0	0	0
Bus79	Bus76	95	-0.4295	-0.1413	5.08E-05	3.93E-05
Bus8	Bus6	96	-1.1339	-0.3751	0.00108	0.0007
Bus80	Bus79	97	-0.4088	-0.1345	5.56E-05	4.29E-05
Bus80	Bus81	98	0.1363	0.0448	1.83E-05	2.8E-05
Bus81	Bus82	99	0.0219	0.0072	1.19E-07	1.82E-07
Bus82	Bus83	100	0	0	0	0
Bus84	Bus81	101	-0.1144	-0.0376	3.29E-06	5.03E-06
Bus84	Bus85	102	0.0219	0.0072	4.72E-07	3.66E-07
Bus85	Bus86	103	0	0	0	0
Bus87	Bus84	104	-0.0924	-0.0304	7.41E-07	1.12E-06
Bus87	Bus88	105	0.0650	0.0214	1.34E-06	2.05E-06
Bus88	Bus89	106	0.0425	0.0140	1.01E-06	1.55E-06
Bus8	Bus9	107	1.1202	0.3706	0.001505	0.000976
Bus89	Bus90	108	0.0356	0.0117	7.34E-07	1.12E-06
Bus90	Bus91	109	0.0219	0.0072	1.7E-07	2.6E-07
Bus91	Bus92	110	0	0	0	0
Bus93	Bus80	111	-0.2725	-0.0896	5.62E-06	4.43E-06
Bus94	Bus93	112	-0.0219	-0.0072	2.23E-07	1.27E-07
Bus94	Bus95	113	0	0	0	0
Bus96	Bus93	114	-0.2505	-0.0824	4.75E-06	3.74E-06
Bus97	Bus96	115	0	0	0	0
Bus96	Bus98	116	0.2505	0.0824	1.73E-05	1.34E-05
Bus98	Bus99	117	0.1712	0.0563	3.06E-05	2.37E-05
Bus GI	Bus 0	118	-1.2260	-0.4127	0.000562	0.01123

Total Pembangkitan : P = 1,2268 MW

Q = 0,4241 MVAR

Total Beban : P = 1,2029 MW

Q = 0,3955 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,0239 MW

Q = 0,0286 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban minimum pada kondisi 1 dapat dilihat pada lampiran 6a. Pada hasil simulasi kondisi 1 dimana ketika beban minimum tersebut rugi-rugi daya mencapai 0,00239 p.u. dan 0,00286 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga mencapai nilai 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

4.4.2 Simulasi Kondisi 2

Pada simulasi aliran daya penyulang Pujon Malang kondisi 2 ini terdapat pembangkit mikrohidro yang disambungkan pada bus 60 pada sistem distribusi 20 kV . Hasil simulasi aliran daya pada kondisi 2 meliputi nilai tegangan tiap bus dan besar rugi-rugi daya. Dalam hal ini dilakukan pengaturan meliputi daya dasar 100 MVA, frekuensi 50 Hz, tegangan dasar 20 kV, waktu gangguan dimulai detik ke-2, dan waktu gangguan 0,15 detik, maka diperoleh hasil simulasi aliran beban seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus GI	Bus1	1	4.3978	1.7178	0.212209	0.1645156
Bus9	Bus10	2	0.3821	0.1257	0.000011	1.754E-05
Bus99	Bus100	3	0.5802	0.1911	0.000352	0.0002723
Bus100	Bus101	4	0.0850	0.0279	0.000006	3.805E-06
Bus101	Bus102	5	0.0362	0.0119	0.000003	2.024E-06
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus105	8	0.0191	0.0063	2.03291E-07	1.312E-07
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.4757	-0.1565	6.44349E-05	4.174E-05
Bus107	Bus108	11	0.4264	0.1403	0.000209997	0.0001365
Bus108	Bus109	12	0.3572	0.1175	0.000226098	0.0001467
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.2555	0.0840	3.81024E-05	2.477E-05
Bus110	Bus111	15	0.2005	0.0659	6.23635E-05	4.828E-05
Bus111	Bus112	16	0.1518	0.0499	3.27973E-06	2.586E-06
Bus112	Bus113	17	0.1353	0.0445	1.45305E-06	1.102E-06
Bus113	Bus114	18	0.0968	0.0318	9.07373E-06	7.049E-06
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0165	-0.0054	8.94316E-07	6.931E-07
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus118	Bus60	22	0.0013	0.0136	1.53815E-06	4.628E-07
Bus9	Bus12	23	0.2194	0.0721	1.34105E-05	1.031E-05
Bus12	Bus13	24	0.1838	0.0604	1.19326E-05	9.32E-06

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus15	Bus16	27	0.1027	0.0337	5.80435E-06	8.869E-06
Bus17	Bus9	28	-3.4771	-1.1543	0.011531515	0.0074638
Bus17	Bus18	29	3.4512	1.1458	0.003088377	0.0020222
Bus18	Bus19	30	0.2864	0.0942	1.03805E-05	6.583E-06
Bus1	Bus2	31	0.1311	0.0431	6.38757E-07	5.11E-07
Bus20	Bus18	32	-3.1474	-1.0385	0.014337278	0.0111049
Bus19	Bus21	33	0.2310	0.0759	2.4862E-05	1.931E-05
Bus21	Bus22	34	0.1515	0.0498	1.31543E-06	1.016E-06
Bus22	Bus23	35	0.0626	0.0206	7.94497E-07	6.213E-07
Bus22	Bus24	36	0.0890	0.0293	7.54724E-06	5.856E-06
Bus24	Bus25	37	0.0659	0.0216	1.54706E-06	1.197E-06
Bus25	Bus26	38	0.0524	0.0172	1.05672E-06	8.211E-07
Bus19	Bus27	39	0.0554	0.0182	3.32042E-06	2.57E-06
Bus27	Bus28	40	0.0554	0.0182	1.83581E-07	1.437E-07
Bus27	Bus29	41	0	0	0	0
Bus2	Bus3	42	0.1093	0.0359	5.32577E-07	4.142E-07
Bus30	Bus20	43	-0.1086	-0.0357	1.05704E-05	8.215E-06
Bus31	Bus30	44	-0.0136	-0.0045	2.8592E-08	2.229E-08
Bus20	Bus32	45	3.0388	1.0028	0.000680426	0.0005346
Bus32	Bus33	46	0.0040	0.0013	3.62051E-09	5.525E-09
Bus33	Bus34	47	0	0	0	0
Bus35	Bus32	48	-2.9201	-0.9578	0.012658683	0.0098054
Bus36	Bus35	49	0	0	0	0
Bus37	Bus35	50	-2.9195	-0.9573	0.000634066	0.0004755
Bus37	Bus38	51	0.0662	0.0217	3.02747E-07	2.329E-07
Bus39	Bus37	52	-2.8478	-0.9313	0.005515617	0.0042827
Bus1	Bus4	53	4.3848	1.4811	0.01777959	0.0115312
Bus39	Bus40	54	0.0330	0.0108	6.73982E-07	5.229E-07
Bus40	Bus41	55	0	0	0	0
Bus42	Bus39	56	-2.8136	-0.9195	0.001246754	0.000972
Bus42	Bus43	57	0.7540	0.2357	0.000678736	0.0005252
Bus43	Bus44	58	0.6591	0.2042	0.000230131	0.0001784
Bus44	Bus45	59	0.5854	0.1799	0.000504269	0.0003909
Bus45	Bus46	60	0.5139	0.1561	0.000234151	0.0001817
Bus46	Bus47	61	0.4919	0.1488	1.15351E-05	8.972E-06
Bus47	Bus48	62	0.0512	0.0168	1.85217E-06	1.437E-06
Bus49	Bus47	63	-0.4406	-0.1319	0.000120687	9.347E-05
Bus4	Bus5	64	0.0720	0.0237	3.27775E-06	2.539E-06
Bus49	Bus50	65	0	0	0	0
Bus51	Bus49	66	-0.4406	-0.1319	2.31103E-05	1.797E-05
Bus51	Bus52	67	0.0188	0.0062	7.11331E-08	5.501E-08
Bus52	Bus53	68	0	0	0	0
Bus54	Bus51	69	-0.4217	-0.1256	0.000137823	0.0001068

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus56	Bus57	72	0.2605	0.0725	0.000113465	8.799E-05
Bus57	Bus58	73	0.1700	0.0427	5.11344E-05	3.968E-05
Bus58	Bus59	74	0.0506	0.0034	2.7291E-06	1.554E-06
Bus6	Bus4	75	-4.2748	-1.4327	0.020221857	0.0131332
Bus59	Bus60	76	0.0132	-0.0089	1.49556E-07	8.488E-08
Bus60	Bus61	77	0	0	0	0
Bus62	Bus58	78	-0.1192	-0.0392	2.05353E-05	1.592E-05
Bus62	Bus63	79	0.1192	0.0392	3.17259E-05	2.461E-05
Bus63	Bus64	80	0.0664	0.0218	8.44169E-06	6.546E-06
Bus64	Bus65	81	0.0423	0.0139	2.18793E-06	1.694E-06
Bus66	Bus42	82	-2.0583	-0.6828	0.001317608	0.0010223
Bus66	Bus67	83	0.1913	0.0629	4.02664E-05	3.125E-05
Bus67	Bus68	84	0.1351	0.0444	2.62073E-05	2.029E-05
Bus68	Bus69	85	0.0267	0.0088	7.67393E-07	5.956E-07
Bus6	Bus7	86	0.1148	0.0377	5.95423E-06	4.59E-06
Bus69	Bus70	87	0.0267	0.0088	1.45079E-07	1.126E-07
Bus70	Bus71	88	0	0	0	0
Bus72	Bus69	89	0	0	0	0
Bus73	Bus66	90	-1.8657	-0.6188	0.001309	0.001009
Bus73	Bus74	91	1.8239	0.6051	0.004985	0.003859
Bus75	Bus74	92	-1.7256	-0.5693	0.002929	0.002267
Bus75	Bus76	93	1.6198	0.5345	0.000249	0.000192
Bus76	Bus77	94	0.1088	0.0358	2.52233E-06	3.854E-06
Bus77	Bus78	95	0	0	0	0
Bus79	Bus76	96	-1.5100	-0.4980	0.000742416	0.0005754
Bus8	Bus6	97	-4.1438	-1.3845	0.016290214	0.0105652
Bus80	Bus79	98	-1.3935	-0.4593	0.000764817	0.0005908
Bus80	Bus81	99	0.5270	0.1738	0.000324449	0.0004959
Bus81	Bus82	100	0.0867	0.0285	2.19956E-06	3.357E-06
Bus82	Bus83	101	0	0	0	0
Bus84	Bus81	102	-0.43994	-0.14469	5.76915E-05	8.82E-05
Bus84	Bus85	103	0.075742	0.024905	6.66436E-06	5.166E-06
Bus85	Bus86	104	0	0	0	0
Bus87	Bus84	105	-0.3642	-0.1198	1.36336E-05	2.068E-05
Bus87	Bus88	106	0.2256	0.0742	1.91792E-05	2.929E-05
Bus88	Bus89	107	0.1586	0.0522	1.67652E-05	2.564E-05
Bus8	Bus9	108	4.1131	1.3744	0.022921531	0.0148708
Bus89	Bus90	109	0.1299	0.0427	1.15756E-05	1.768E-05
Bus90	Bus91	110	0.0744	0.0245	2.31709E-06	3.542E-06
Bus91	Bus92	111	0	0	0	0
Bus93	Bus80	112	-0.8664	-0.2855	6.72977E-05	5.302E-05
Bus94	Bus93	113	-0.0443	-0.0145	1.07208E-06	6.126E-07
Bus94	Bus95	114	0	0	0	0

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus96	Bus98	117	0.8221	0.2709	0.000220351	0.0001708
Bus98	Bus99	118	0.6789	0.2238	0.000570218	0.0004424
Bus GI	Bus 0	119	-4.7281	-1.6887	0.008634657	0.1726931
Bus118	Bus119	120	-0.0013	-0.0136	5.84404E-07	1.169E-05

Total Pembangkitan : P = 4,3978 MW
Q = 1,7181 MVAR

Total Beban : P = 4,0860 MW
Q = 1,3430 MVAR

Total Rugi-Rugi : P = 0,3119 MW
Q = 0,3748 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban maksimum kondisi 2 dapat dilihat pada lampiran 5b. Pada hasil simulasi kondisi 2 dimana ketika beban maksimum tersebut rugi-rugi daya mencapai 0,00311 p.u. dan 0,00374 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

Simulasi kondisi 2 pada beban minimum ditunjukkan pada Tabel 4.11 .

Tabel 4.11 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus GI	Bus1	1	1.2257	0.4096	0.01377	0.010675
Bus9	Bus10	2	0.0998	0.0328	6.82E-07	1.05E-06
Bus99	Bus100	3	0.1492	0.0491	1.96E-05	1.52E-05
Bus100	Bus101	4	0.0205	0.0067	2.88E-07	1.87E-07
Bus101	Bus102	5	0.0068	0.0022	7.85E-08	6.09E-08
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.1287	-0.0423	2.16E-06	1.4E-06
Bus104	Bus105	8	0.0068	0.0022	2.19E-08	1.41E-08
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.1218	-0.0401	3.56E-06	2.3E-06
Bus107	Bus108	11	0.1081	0.0356	1.14E-05	7.39E-06
Bus108	Bus109	12	0.0849	0.0279	1.08E-05	6.98E-06
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.06299	0.02072	1.95E-06	1.26E-06
Bus111	Bus112	16	0.03563	0.01171	1.52E-07	1.2E-07
Bus112	Bus113	17	0.03221	0.01059	6.91E-08	5.24E-08
Bus113	Bus114	18	0.02195	0.00722	3.92E-07	3.04E-07
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus118	Bus60	22	0.00036	0.00312	6.71E-08	2.02E-08
Bus9	Bus12	23	0.04621	0.01519	5.23E-07	4.02E-07
Bus12	Bus13	24	0.03430	0.01127	3.65E-07	2.85E-07
Bus10	Bus14	25	0.07232	0.02377	2.01E-06	3.07E-06
Bus14	Bus15	26	0.04487	0.01475	6.95E-07	1.06E-06
Bus15	Bus16	27	0.02195	0.00722	2.33E-07	3.56E-07
Bus17	Bus9	28	-0.97161	-0.31807	0.000784	0.000508
Bus17	Bus18	29	0.96135	0.31469	0.000209	0.000137
Bus18	Bus19	30	0.07980	0.02624	7.03E-07	4.46E-07
Bus1	Bus2	31	0.03087	0.01015	3.21E-08	2.57E-08
Bus20	Bus18	32	-0.88037	-0.28757	0.000969	0.000751
Bus19	Bus21	33	0.05786	0.01902	1.36E-06	1.06E-06
Bus21	Bus22	34	0.03591	0.01181	6.44E-08	4.98E-08
Bus22	Bus23	35	0.01368	0.00450	3.31E-08	2.59E-08
Bus22	Bus24	36	0.02223	0.00731	4.11E-07	3.19E-07
Bus24	Bus25	37	0.01539	0.00506	7.37E-08	5.7E-08
Bus25	Bus26	38	0.01368	0.00450	6.29E-08	4.89E-08
Bus19	Bus27	39	0.02195	0.00722	4.55E-07	3.52E-07
Bus27	Bus28	40	0.02195	0.00721	2.52E-08	1.97E-08
Bus27	Bus29	41	0.00000	0.00000	0	0
Bus2	Bus3	42	0.02061	0.00678	1.72E-08	1.33E-08
Bus30	Bus20	43	-0.03563	-0.01171	9.85E-07	7.66E-07
Bus31	Bus30	44	-0.01368	-0.00450	2.51E-08	1.96E-08
Bus20	Bus32	45	0.84474	0.27585	4.54E-05	3.57E-05
Bus32	Bus33	46	0.00342	0.00112	2.26E-09	3.45E-09
Bus33	Bus34	47	0.00000	0.00000	0	0
Bus35	Bus32	48	-0.81298	-0.26502	0.000842	0.000652
Bus36	Bus35	49	0.00000	0.00000	0	0
Bus37	Bus35	50	-0.81293	-0.26499	4.22E-05	3.16E-05
Bus37	Bus38	51	0.02746	0.00902	4.47E-08	3.44E-08
Bus39	Bus37	52	-0.78512	-0.25569	0.000358	0.000278
Bus1	Bus4	53	1.18102	0.38877	0.001162	0.000754
Bus39	Bus40	54	0.00684	0.00225	2.48E-08	1.92E-08
Bus40	Bus41	55	0	0	0	0
Bus42	Bus39	56	-0.77820	-0.25338	8.15E-05	6.35E-05
Bus42	Bus43	57	0.22937	0.07251	5.38E-05	4.16E-05
Bus43	Bus44	58	0.20871	0.06569	1.98E-05	1.53E-05
Bus44	Bus45	59	0.18674	0.05846	4.39E-05	3.41E-05
Bus45	Bus46	60	0.16475	0.05121	2.06E-05	1.6E-05
Bus46	Bus47	61	0.15105	0.04669	9.29E-07	7.23E-07
Bus47	Bus48	62	0.02746	0.00902	4.54E-07	3.52E-07
Bus49	Bus47	63	-0.12358	-0.03767	8.1E-06	6.27E-06
Bus4	Bus5	64	0.02195	0.00722	2.74E-07	2.12E-07

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus51	Bus52	67	0.004769	0.00157	3.91E-09	3.02E-09
Bus52	Bus53	68	0	0	0	0
Bus54	Bus51	69	-0.1188	-0.03609	9.33E-06	7.23E-06
Bus54	Bus55	70	0.111965	0.03384	7.77E-06	6.02E-06
Bus55	Bus56	71	0.090008	0.026619	1.81E-05	1.4E-05
Bus56	Bus57	72	0.076313	0.022106	8.31E-06	6.45E-06
Bus57	Bus58	73	0.054356	0.014884	4.49E-06	3.48E-06
Bus58	Bus59	74	0.020153	0.003629	3.77E-07	2.14E-07
Bus6	Bus4	75	-1.15659	-0.37994	0.001316	0.000855
Bus59	Bus60	76	0.006475	-0.00087	2.14E-08	1.21E-08
Bus60	Bus61	77	0	0	0	0
Bus62	Bus58	78	-0.0342	-0.01125	1.43E-06	1.11E-06
Bus62	Bus63	79	0.034197	0.01125	2.21E-06	1.72E-06
Bus63	Bus64	80	0.020517	0.00675	6.83E-07	5.3E-07
Bus64	Bus65	81	0.013678	0.004499	1.94E-07	1.5E-07
Bus66	Bus42	82	-0.54875	-0.18081	7.99E-05	6.2E-05
Bus66	Bus67	83	0.042468	0.013966	1.69E-06	1.32E-06
Bus67	Bus68	84	0.028789	0.009465	1.02E-06	7.86E-07
Bus68	Bus69	85	0.006839	0.00225	4.3E-08	3.34E-08
Bus6	Bus7	86	0.021949	0.007215	1.94E-07	1.5E-07
Bus69	Bus70	87	0.006839	0.00225	8.13E-09	6.31E-09
Bus70	Bus71	88	0	0	0	0
Bus72	Bus69	89	0	0	0	0
Bus73	Bus66	90	-0.5062	-0.16678	8.21E-05	6.33E-05
Bus73	Bus74	91	0.495943	0.163405	0.000314	0.000243
Bus75	Bus74	92	-0.47349	-0.1558	0.000187	0.000144
Bus75	Bus76	93	0.451546	0.148587	1.64E-05	1.26E-05
Bus76	Bus77	94	0.021949	0.007215	8.69E-08	1.33E-07
Bus77	Bus78	95	0	0	0	0
Bus79	Bus76	96	-0.42953	-0.14132	5.08E-05	3.93E-05
Bus8	Bus6	97	-1.13357	-0.37203	0.001077	0.000699
Bus80	Bus79	98	-0.40887	-0.1345	5.56E-05	4.29E-05
Bus80	Bus81	99	0.136356	0.044846	1.83E-05	2.8E-05
Bus81	Bus82	100	0.021949	0.007215	1.19E-07	1.82E-07
Bus82	Bus83	101	0	0	0	0
Bus84	Bus81	102	-0.11439	-0.0376	3.29E-06	5.03E-06
Bus84	Bus85	103	0.021949	0.007215	4.72E-07	3.66E-07
Bus85	Bus86	104	0	0	0	0
Bus87	Bus84	105	-0.09244	-0.03038	7.41E-07	1.12E-06
Bus87	Bus88	106	0.06498	0.021363	1.34E-06	2.05E-06
Bus88	Bus89	107	0.042467	0.013967	1.01E-06	1.55E-06
Bus8	Bus9	108	1.119887	0.36753	0.001501	0.000974
Bus89	Bus90	109	0.035627	0.011716	7.34E-07	1.12E-06

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus93	Bus80	112	-0.27251	-0.08965	5.62E-06	4.43E-06
Bus94	Bus93	113	-0.02195	-0.00721	2.22E-07	1.27E-07
Bus94	Bus95	114	0	0	0	0
Bus96	Bus93	115	-0.25055	-0.08243	4.75E-06	3.74E-06
Bus97	Bus96	116	0	0	0	0
Bus96	Bus98	117	0.250553	0.08243	1.73E-05	1.34E-05
Bus98	Bus99	118	0.171173	0.056321	3.06E-05	2.37E-05
Bus GI	Bus 0	119	-1.22565	-0.40959	0.00056	0.011206
Bus118	Bus119	120	-0.00036	-0.00312	2.6E-08	5.2E-07

Total Pembangkitan : P = 1,2271 MW

Q = 0,4283 MVAR

Total Beban : P = 1,2029 MW

Q = 0,3955 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,0238 MW

Q = 0,0285 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban minimum kondisi 2 dapat dilihat pada lampiran 6b. Pada hasil simulasi kondisi 2 dimana ketika beban minimum tersebut rugi-rugi daya mencapai 0,00238 p.u. dan 0,00285 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

4.4.3 Simulasi Kondisi 3

Pada simulasi aliran daya penyulang Pujon malang kondisi 3 ini terdapat pembangkit listrik tenaga angin yang disambungkan pada bus 17 pada sistem distribusi 20 kV. Hasil simulasi aliran daya pada kondisi 3 meliputi nilai tegangan tiap bus dan besar rugi-rugi daya. Spesifikasi turbin yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 4. Penelitian ini dilakukan pengaturan meliputi daya dasar 100 MVA, frekuensi 50 Hz, tegangan dasar 20 kV, waktu gangguan dimulai detik ke-2, dan waktu gangguan 0,15 detik, maka diperoleh hasil simulasi aliran beban seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus GI	Bus1	1	4.71868	1.66509	0.210751092	0.1633851
Bus9	Bus10	2	0.38199	0.12563	1.1363E-05	1.752E-05
Bus99	Bus100	3	0.58010	0.19104	0.000351629	0.000272
Bus100	Bus101	4	0.08495	0.02792	5.85138E-06	3.8E-06
Bus101	Bus102	5	0.03618	0.01189	2.60624E-06	2.022E-06
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.4948	-0.1628	3.79746E-05	2.453E-05
Bus104	Bus105	8	0.0191	0.0063	2.0301E-07	1.31E-07
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.4756	-0.1565	6.43459E-05	4.168E-05
Bus107	Bus108	11	0.4263	0.1403	0.000209708	0.0001363
Bus108	Bus109	12	0.3571	0.1175	0.000225786	0.0001465
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.2554	0.0840	3.80498E-05	2.473E-05
Bus110	Bus111	15	0.2005	0.0659	6.22775E-05	4.822E-05
Bus111	Bus112	16	0.1518	0.0499	3.27521E-06	2.582E-06
Bus112	Bus113	17	0.1353	0.0445	1.45104E-06	1.101E-06
Bus113	Bus114	18	0.0967	0.0318	9.06121E-06	7.039E-06
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0165	-0.0054	8.93082E-07	6.921E-07
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus118	Bus17	22	0.0076	0.0354	1.03118E-05	3.103E-06
Bus9	Bus12	23	0.2194	0.0721	1.3392E-05	1.029E-05
Bus12	Bus13	24	0.1837	0.0604	1.19162E-05	9.307E-06
Bus10	Bus14	25	0.2958	0.0973	3.83194E-05	5.847E-05
Bus14	Bus15	26	0.1712	0.0563	1.15061E-05	1.759E-05
Bus15	Bus16	27	0.1026	0.0337	5.79638E-06	8.857E-06
Bus17	Bus9	28	-3.4700	-1.1323	0.011434923	0.0074012
Bus17	Bus18	29	3.4517	1.1592	0.003093454	0.0020255
Bus18	Bus19	30	0.2863	0.0941	1.03658E-05	6.573E-06
Bus1	Bus2	31	0.1311	0.0431	6.38002E-07	5.104E-07
Bus20	Bus18	32	-3.1480	-1.0519	0.014364864	0.0111262
Bus19	Bus21	33	0.2309	0.0759	2.48267E-05	1.928E-05
Bus21	Bus22	34	0.1515	0.0498	1.31357E-06	1.015E-06
Bus22	Bus23	35	0.0625	0.0206	7.93371E-07	6.205E-07
Bus22	Bus24	36	0.0890	0.0292	7.53655E-06	5.848E-06
Bus24	Bus25	37	0.0658	0.0216	1.54487E-06	1.195E-06
Bus25	Bus26	38	0.0524	0.0172	1.05523E-06	8.199E-07
Bus19	Bus27	39	0.0554	0.0182	3.31571E-06	2.566E-06
Bus27	Bus28	40	0.0554	0.0182	1.83321E-07	1.435E-07
Bus27	Bus29	41	0	0	0	0

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus2	Bus3	42	0.1093	0.0359	5.31948E-07	4.137E-07
Bus30	Bus20	43	-0.1085	-0.0357	1.05555E-05	8.203E-06
Bus31	Bus30	44	-0.0136	-0.0045	2.85516E-08	2.226E-08
Bus20	Bus32	45	3.0394	1.0162	0.000681817	0.0005357
Bus32	Bus33	46	0.0040	0.0013	3.61539E-09	5.517E-09
Bus33	Bus34	47	0	0	0	0
Bus35	Bus32	48	-2.9207	-0.9712	0.012686145	0.0098267
Bus36	Bus35	49	0	0	0	0
Bus37	Bus35	50	-2.9201	-0.9708	0.000635442	0.0004766
Bus37	Bus38	51	0.0662	0.0217	3.0232E-07	2.326E-07
Bus39	Bus37	52	-2.8484	-0.9447	0.005528043	0.0042924
Bus1	Bus4	53	4.3769	1.4586	0.017654371	0.01145
Bus39	Bus40	54	0.0330	0.0108	6.73033E-07	5.222E-07
Bus40	Bus41	55	0	0	0	0
Bus42	Bus39	56	-2.8141	-0.9329	0.001249617	0.0009743
Bus42	Bus43	57	0.7550	0.2493	0.000687034	0.0005317
Bus43	Bus44	58	0.6602	0.2178	0.000233389	0.0001809
Bus44	Bus45	59	0.5864	0.1935	0.000512382	0.0003972
Bus45	Bus46	60	0.5150	0.1698	0.000238477	0.0001851
Bus46	Bus47	61	0.4931	0.1625	1.17582E-05	9.145E-06
Bus47	Bus48	62	0.0512	0.0168	1.84953E-06	1.435E-06
Bus49	Bus47	63	-0.4418	-0.1455	0.000123307	9.55E-05
Bus4	Bus5	64	0.0720	0.0237	3.27374E-06	2.536E-06
Bus49	Bus50	65	0	0	0	0
Bus51	Bus49	66	-0.4417	-0.1455	2.36119E-05	1.836E-05
Bus51	Bus52	67	0.0188	0.0062	7.10317E-08	5.493E-08
Bus52	Bus53	68	0	0	0	0
Bus54	Bus51	69	-0.4228	-0.1392	0.000140954	0.0001092
Bus54	Bus55	70	0.3972	0.1308	0.00011672	9.041E-05
Bus55	Bus56	71	0.3054	0.1006	0.000249081	0.0001931
Bus56	Bus57	72	0.2617	0.0861	0.000117679	9.126E-05
Bus57	Bus58	73	0.1712	0.0563	5.40248E-05	4.192E-05
Bus58	Bus59	74	0.0519	0.0171	3.15806E-06	1.798E-06
Bus6	Bus4	75	-4.2671	-1.4105	0.020077459	0.0130394
Bus59	Bus60	76	0.0145	0.0048	1.36743E-07	7.761E-08
Bus60	Bus61	77	0	0	0	0
Bus62	Bus58	78	-0.1192	-0.0392	2.05053E-05	1.59E-05
Bus62	Bus63	79	0.1192	0.0392	3.16795E-05	2.458E-05
Bus63	Bus64	80	0.0664	0.0218	8.42937E-06	6.536E-06
Bus64	Bus65	81	0.0423	0.0139	2.18473E-06	1.692E-06
Bus66	Bus42	82	-2.0578	-0.6826	0.001315779	0.0010209
Bus66	Bus67	83	0.1913	0.0629	4.02099E-05	3.121E-05
Bus67	Bus68	84	0.1351	0.0444	2.61705E-05	2.026E-05

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus68	Bus69	85	0.0267	0.0088	7.66316E-07	5.948E-07
Bus6	Bus7	86	0.1147	0.0377	5.94666E-06	4.585E-06
Bus69	Bus70	87	0.0267	0.0088	1.44876E-07	1.125E-07
Bus70	Bus71	88	0	0	0	0
Bus72	Bus69	89	0	0	0	0
Bus73	Bus66	90	-1.8652	-0.6187	0.001306744	0.0010081
Bus73	Bus74	91	1.8235	0.6050	0.004977992	0.0038539
Bus75	Bus74	92	-1.7252	-0.5692	0.002924736	0.0022641
Bus75	Bus76	93	1.6194	0.5344	0.000248485	0.0001917
Bus76	Bus77	94	0.1088	0.0358	2.51882E-06	3.849E-06
Bus77	Bus78	95	0	0	0	0
Bus79	Bus76	96	-1.5097	-0.4979	0.000741388	0.0005746
Bus8	Bus6	97	-4.1362	-1.3623	0.016171249	0.0104881
Bus80	Bus79	98	-1.3931	-0.4592	0.000763758	0.0005899
Bus80	Bus81	99	0.5269	0.1737	0.000323999	0.0004952
Bus81	Bus82	100	0.0867	0.0285	2.19651E-06	3.353E-06
Bus82	Bus83	101	0	0	0	0
Bus84	Bus81	102	-0.4398	-0.1447	5.76116E-05	8.807E-05
Bus84	Bus85	103	0.0757	0.0249	6.65512E-06	5.159E-06
Bus85	Bus86	104	0	0	0	0
Bus87	Bus84	105	-0.3641	-0.1197	1.36147E-05	2.065E-05
Bus87	Bus88	106	0.2255	0.0742	1.91526E-05	2.925E-05
Bus88	Bus89	107	0.1586	0.0521	1.6742E-05	2.561E-05
Bus8	Bus9	108	4.1056	1.3522	0.022753112	0.0147615
Bus89	Bus90	109	0.1299	0.0427	1.15596E-05	1.766E-05
Bus90	Bus91	110	0.0744	0.0245	2.31388E-06	3.537E-06
Bus91	Bus92	111	0	0	0	0
Bus93	Bus80	112	-0.8662	-0.2855	6.72046E-05	5.295E-05
Bus94	Bus93	113	-0.0443	-0.0145	1.07059E-06	6.118E-07
Bus94	Bus95	114	0	0	0	0
Bus96	Bus93	115	-0.8219	-0.2709	6.05128E-05	4.768E-05
Bus97	Bus96	116	0	0	0	0
Bus96	Bus98	117	0.8219	0.2709	0.000220046	0.0001705
Bus98	Bus99	118	0.6788	0.2237	0.00056943	0.0004418
Bus GI	Bus 0	119	-4.7187	-1.6651	0.00857532	0.1715064
Bus118	Bus119	120	-0.0076	-0.0354	1.56714E-06	3.134E-05

Total Pembangkitan : P = 4,4011 MW
Q = 1,7375 MVAR

Total Beban : P = 4,0856 MW
Q = 1,3428 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,3104 MW
Q = 0,3730 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban maksimum kondisi 3 dapat dilihat pada lampiran 5c. Pada hasil simulasi kondisi 3 beban maksimum dengan penyambungan *wind turbine*, rugi-rugi daya mencapai 0,0031 p.u. dan 0,00373 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

Simulasi kondisi 3 pada beban minimum ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus GI	Bus1	1	1.2237	0.3765	0.013510077	0.010473705
Bus9	Bus10	2	0.0998	0.0328	6.80863E-07	1.04966E-06
Bus99	Bus100	3	0.1492	0.0491	1.95966E-05	1.51567E-05
Bus100	Bus101	4	0.0205	0.0067	2.87393E-07	1.86634E-07
Bus101	Bus102	5	0.0068	0.0022	7.84122E-08	6.08204E-08
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.12866	-0.04232	2.16108E-06	1.3957E-06
Bus104	Bus105	8	0.00684	0.00225	2.18822E-08	1.41217E-08
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.1218	-0.0401	3.55195E-06	2.3007E-06
Bus107	Bus108	11	0.1081	0.0356	1.13553E-05	7.37934E-06
Bus108	Bus109	12	0.0849	0.0279	1.07395E-05	6.96986E-06
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.0630	0.0207	1.9436E-06	1.26334E-06
Bus110	Bus111	15	0.0493	0.0162	3.16345E-06	2.4493E-06
Bus111	Bus112	16	0.0356	0.0117	1.51478E-07	1.19435E-07
Bus112	Bus113	17	0.0322	0.0106	6.90394E-08	5.23747E-08
Bus113	Bus114	18	0.0219	0.0072	3.91383E-07	3.0404E-07
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0034	-0.0011	3.22057E-08	2.49594E-08
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus118	Bus17	22	0.0020	0.0360	8.90779E-06	2.68046E-06
Bus9	Bus12	23	0.0462	0.0152	5.21982E-07	4.01153E-07
Bus12	Bus13	24	0.0343	0.0113	3.64648E-07	2.84798E-07
Bus10	Bus14	25	0.0723	0.0238	2.0122E-06	3.07047E-06
Bus14	Bus15	26	0.0449	0.0147	6.94123E-07	1.06126E-06
Bus15	Bus16	27	0.0219	0.0072	2.32728E-07	3.55614E-07
Bus17	Bus9	28	-0.9700	-0.2852	0.000766458	0.000496089
Bus17	Bus18	29	0.9618	0.3178	0.000209105	0.000136914
Bus18	Bus19	30	0.0798	0.0262	7.02432E-07	4.45444E-07

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus19	Bus21	33	0.0579	0.0190	1.35897E-06	1.05529E-06
Bus21	Bus22	34	0.0359	0.0118	6.43349E-08	4.97133E-08
Bus22	Bus23	35	0.0137	0.0045	3.31028E-08	2.58881E-08
Bus22	Bus24	36	0.0222	0.0073	4.10157E-07	3.18264E-07
Bus24	Bus25	37	0.0154	0.0051	7.35831E-08	5.69329E-08
Bus25	Bus26	38	0.0137	0.0045	6.2814E-08	4.88082E-08
Bus19	Bus27	39	0.0219	0.0072	4.54542E-07	3.51833E-07
Bus27	Bus28	40	0.0219	0.0072	2.51309E-08	1.96677E-08
Bus27	Bus29	41	0	0	0	0
Bus2	Bus3	42	0.02061	0.00678	1.71362E-08	1.33281E-08
Bus30	Bus20	43	-0.03563	-0.01171	9.84173E-07	7.64827E-07
Bus31	Bus30	44	-0.01368	-0.00450	2.51014E-08	1.95706E-08
Bus20	Bus32	45	0.84514	0.27898	4.55057E-05	3.57545E-05
Bus32	Bus33	46	0.00342	0.00112	2.26032E-09	3.44909E-09
Bus33	Bus34	47	0	0	0	0
Bus35	Bus32	48	-0.8134	-0.2682	0.000843346	0.000653253
Bus36	Bus35	49	0	0	0	0
Bus37	Bus35	50	-0.8133	-0.2681	4.22427E-05	3.1682E-05
Bus37	Bus38	51	0.0275	0.0090	4.46708E-08	3.43621E-08
Bus39	Bus37	52	-0.7855	-0.2588	0.000359183	0.000278895
Bus1	Bus4	53	1.1793	0.3559	0.001139535	0.000739059
Bus39	Bus40	54	0.0068	0.0022	2.47641E-08	1.92135E-08
Bus40	Bus41	55	0	0	0	0
Bus42	Bus39	56	-0.7786	-0.2565	8.16646E-05	6.36707E-05
Bus42	Bus43	57	0.2297	0.0756	5.43455E-05	4.20545E-05
Bus43	Bus44	58	0.2091	0.0688	1.99697E-05	1.54765E-05
Bus44	Bus45	59	0.1871	0.0616	4.44718E-05	3.44736E-05
Bus45	Bus46	60	0.1651	0.0543	2.08766E-05	1.62027E-05
Bus46	Bus47	61	0.1514	0.0498	9.43559E-07	7.33879E-07
Bus47	Bus48	62	0.0275	0.0090	4.53174E-07	3.51511E-07
Bus49	Bus47	63	-0.1240	-0.0408	8.25677E-06	6.39461E-06
Bus4	Bus5	64	0.0219	0.0072	2.73792E-07	2.12108E-07
Bus49	Bus50	65	0	0	0	0
Bus51	Bus49	66	-0.1240	-0.0408	1.58108E-06	1.22973E-06
Bus51	Bus52	67	0.0048	0.0016	3.90157E-09	3.01721E-09
Bus52	Bus53	68	0	0	0	0
Bus54	Bus51	69	-0.1192	-0.0392	9.51761E-06	7.37372E-06
Bus54	Bus55	70	0.1123	0.0370	7.93707E-06	6.14762E-06
Bus55	Bus56	71	0.0904	0.0297	1.85358E-05	1.4369E-05
Bus56	Bus57	72	0.0767	0.0252	8.57176E-06	6.64749E-06
Bus57	Bus58	73	0.0547	0.0180	4.68205E-06	3.63322E-06
Bus58	Bus59	74	0.0205	0.0067	4.18459E-07	2.38219E-07
Bus6	Bus4	75	-1.1549	-0.3471	0.001289949	0.000837766

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus62	Bus58	78	-0.0342	-0.0113	1.43007E-06	1.10871E-06
Bus62	Bus63	79	0.0342	0.0113	2.20938E-06	1.71394E-06
Bus63	Bus64	80	0.0205	0.0067	6.82605E-07	5.29308E-07
Bus64	Bus65	81	0.0137	0.0045	1.93685E-07	1.49978E-07
Bus66	Bus42	82	-0.5488	-0.1808	7.97903E-05	6.19063E-05
Bus66	Bus67	83	0.0425	0.0140	1.69256E-06	1.31369E-06
Bus67	Bus68	84	0.0288	0.0095	1.01439E-06	7.85393E-07
Bus68	Bus69	85	0.0068	0.0022	4.29422E-08	3.33283E-08
Bus6	Bus7	86	0.0219	0.0072	1.94184E-07	1.49706E-07
Bus69	Bus70	87	0.0068	0.0022	8.11843E-09	6.30246E-09
Bus70	Bus71	88	0	0	0	0
Bus72	Bus69	89	0	0	0	0
Bus73	Bus66	90	-0.5062	-0.1668	8.19729E-05	6.32362E-05
Bus73	Bus74	91	0.4960	0.1634	0.000313614	0.000242798
Bus75	Bus74	92	-0.4735	-0.1558	0.000186351	0.000144255
Bus75	Bus76	93	0.4516	0.1486	1.63407E-05	1.26057E-05
Bus76	Bus77	94	0.0219	0.0072	8.68075E-08	1.32642E-07
Bus77	Bus78	95	0	0	0	0
Bus79	Bus76	96	-0.4295	-0.1413	5.07115E-05	3.93014E-05
Bus8	Bus6	97	-1.1319	-0.3392	0.001055534	0.000684579
Bus80	Bus79	98	-0.4089	-0.1345	5.5538E-05	4.28983E-05
Bus80	Bus81	99	0.1364	0.0448	1.83186E-05	2.80009E-05
Bus81	Bus82	100	0.0219	0.0072	1.18865E-07	1.81425E-07
Bus82	Bus83	101	0	0	0	0
Bus84	Bus81	102	-0.1144	-0.0376	3.28516E-06	5.02215E-06
Bus84	Bus85	103	0.0219	0.0072	4.71463E-07	3.65467E-07
Bus85	Bus86	104	0	0	0	0
Bus87	Bus84	105	-0.0924	-0.0304	7.39778E-07	1.122E-06
Bus87	Bus88	106	0.0650	0.0214	1.34052E-06	2.04735E-06
Bus88	Bus89	107	0.0425	0.0140	1.01253E-06	1.54872E-06
Bus8	Bus9	108	1.1183	0.3347	0.001470922	0.00095429
Bus89	Bus90	109	0.0356	0.0117	7.32809E-07	1.11937E-06
Bus90	Bus91	110	0.0219	0.0072	1.69656E-07	2.59351E-07
Bus91	Bus92	111	0	0	0	0
Bus93	Bus80	112	-0.2725	-0.0897	5.61501E-06	4.42395E-06
Bus94	Bus93	113	-0.0219	-0.0072	2.22261E-07	1.27006E-07
Bus94	Bus95	114	0	0	0	0
Bus96	Bus93	115	-0.2506	-0.0824	4.74699E-06	3.74005E-06
Bus97	Bus96	116	0	0	0	0
Bus96	Bus98	117	0.2506	0.0824	1.72618E-05	1.33779E-05
Bus98	Bus99	118	0.1712	0.0563	3.05538E-05	2.37044E-05
Bus GI	Bus 0	119	-1.2237	-0.3765	0.000549716	0.010994318
Bus118	Bus119	120	-0.0020	-0.0360	1.35377E-06	2.70753E-05

Total Pembangkitan	: P = 1,2286 MW
	Q = 0,46 MVAR
Total Beban	: P = 1,2029 MW
	Q = 0,3955 MVAR
Total Rugi-rugi	: P = 0,0235 MW
	Q = 0,0281 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban minimum kondisi 3 dapat dilihat pada lampiran 6c. Pada hasil simulasi kondisi 3 beban minimum dengan penyambungan *wind turbine*, rugi-rugi daya mencapai 0,00023 p.u. dan 0,00028 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

4.4.4 Simulasi Kondisi 4

Pada simulasi aliran daya penyulang Pujon Malang kondisi 4 ini terdapat pembangkit listrik tenaga surya yang disambungkan pada bus 28 pada sistem distribusi 20 kV. Hasil simulasi aliran daya pada kondisi 4 meliputi nilai tegangan tiap bus dan besar rugi-rugi daya. Penelitian ini dilakukan pengaturan meliputi daya dasar 100 MVA, frekuensi 50 Hz, tegangan dasar 20 kV, waktu gangguan dimulai detik ke-2, dan waktu gangguan 0,15 detik, maka diperoleh hasil simulasi aliran beban seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus GI	Bus1	1	4.7162	1.7017	0.211679	0.164104
Bus9	Bus10	2	0.3821	0.1257	1.14E-05	1.75E-05
Bus99	Bus100	3	0.5802	0.1911	0.000352	0.000272
Bus100	Bus101	4	0.0850	0.0279	5.86E-06	3.81E-06
Bus101	Bus102	5	0.0362	0.0119	2.61E-06	2.02E-06
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.4948	-0.1628	3.8E-05	2.46E-05
Bus104	Bus105	8	0.0191	0.0063	2.03E-07	1.31E-07
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.4756	-0.1565	6.44E-05	4.17E-05
Bus107	Bus108	11	0.4263	0.1403	0.00021	0.000136
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.2554	0.0840	3.81E-05	2.48E-05
Bus110	Bus111	15	0.2005	0.0659	6.24E-05	4.83E-05
Bus111	Bus112	16	0.1518	0.0499	3.28E-06	2.59E-06

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.01650	-0.00542	8.94E-07	6.93E-07
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus118	Bus28	22	0.011995	-0.000003	1.13E-06	3.41E-07
Bus9	Bus12	23	0.219422	0.072117	1.34E-05	1.03E-05
Bus12	Bus13	24	0.183759	0.060395	1.19E-05	9.32E-06
Bus10	Bus14	25	0.295804	0.097294	3.84E-05	5.86E-05
Bus14	Bus15	26	0.171187	0.056288	1.15E-05	1.76E-05
Bus15	Bus16	27	0.102651	0.033745	5.8E-06	8.87E-06
Bus17	Bus9	28	-3.466071	-1.167883	0.011495	0.00744
Bus17	Bus18	29	3.440216	1.159386	0.003079	0.002016
Bus18	Bus19	30	0.274376	0.094153	9.61E-06	6.1E-06
Bus1	Bus2	31	0.131090	0.043091	6.39E-07	5.11E-07
Bus20	Bus18	32	-3.148376	-1.052075	0.014385	0.011142
Bus19	Bus21	33	0.230988	0.075938	2.49E-05	1.93E-05
Bus21	Bus22	34	0.151539	0.049812	1.32E-06	1.02E-06
Bus22	Bus23	35	0.062546	0.020557	7.95E-07	6.21E-07
Bus22	Bus24	36	0.088991	0.029254	7.55E-06	5.86E-06
Bus24	Bus25	37	0.065850	0.021642	1.55E-06	1.2E-06
Bus25	Bus26	38	0.052361	0.017204	1.06E-06	8.21E-07
Bus19	Bus27	39	0.043378	0.018209	2.16E-06	1.67E-06
Bus27	Bus28	40	0.043376	0.018207	1.2E-07	9.36E-08
Bus27	Bus29	41	0	0	0	0
Bus2	Bus3	42	0.1093	0.0359	5.33E-07	4.14E-07
Bus30	Bus20	43	-0.1086	-0.0357	1.06E-05	8.21E-06
Bus31	Bus30	44	-0.0136	-0.0045	2.86E-08	2.23E-08
Bus20	Bus32	45	3.0398	1.0164	0.000683	0.000536
Bus32	Bus33	46	0.0040	0.0013	3.62E-09	5.52E-09
Bus33	Bus34	47	0	0	0	0
Bus35	Bus32	48	-2.9211	-0.9714	0.012704	0.009841
Bus36	Bus35	49	0	0	0	0
Bus37	Bus35	50	-2.9204	-0.9709	0.000636	0.000477
Bus37	Bus38	51	0.0662	0.0217	3.03E-07	2.33E-07
Bus39	Bus37	52	-2.8487	-0.9449	0.005536	0.004298
Bus1	Bus4	53	4.3735	1.4945	0.017734	0.011501
Bus39	Bus40	54	0.0330	0.0108	6.74E-07	5.23E-07
Bus40	Bus41	55	0	0	0	0
Bus42	Bus43	57	0.7551	0.2493	0.000688	0.000532
Bus43	Bus44	58	0.6603	0.2178	0.000234	0.000181
Bus44	Bus45	59	0.5865	0.1935	0.000513	0.000398
Bus45	Bus46	60	0.5150	0.1698	0.000239	0.000185
Bus46	Bus47	61	0.4931	0.1625	1.18E-05	9.16E-06
Bus47	Bus48	62	0.0512	0.0168	1.85E-06	1.44E-06

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus49	Bus50	65	0	0	0	0
Bus51	Bus49	66	-0.4418	-0.1455	2.36E-05	1.84E-05
Bus51	Bus52	67	0.0188	0.0062	7.11E-08	5.5E-08
Bus52	Bus53	68	0	0	0	0
Bus54	Bus51	69	-0.4229	-0.1392	0.000141	0.000109
Bus54	Bus55	70	0.3972	0.1308	0.000117	9.05E-05
Bus55	Bus56	71	0.3054	0.1006	0.000249	0.000193
Bus56	Bus57	72	0.2617	0.0861	0.000118	9.14E-05
Bus57	Bus58	73	0.1712	0.0563	5.41E-05	4.2E-05
Bus58	Bus59	74	0.0519	0.0171	3.16E-06	1.8E-06
Bus6	Bus4	75	-4.2636	-1.4463	0.020169	0.013099
Bus59	Bus60	76	0.0145	0.0048	1.37E-07	7.77E-08
Bus60	Bus61	77	0	0	0	0
Bus62	Bus58	78	-0.1192	-0.0392	2.05E-05	1.59E-05
Bus62	Bus63	79	0.1192	0.0392	3.17E-05	2.46E-05
Bus63	Bus64	80	0.0664	0.0218	8.44E-06	6.55E-06
Bus64	Bus65	81	0.0423	0.0139	2.19E-06	1.69E-06
Bus66	Bus42	82	-2.0580	-0.6827	0.001318	0.001022
Bus66	Bus67	83	0.1913	0.0629	4.03E-05	3.13E-05
Bus67	Bus68	84	0.1351	0.0444	2.62E-05	2.03E-05
Bus68	Bus69	85	0.0267	0.0088	7.67E-07	5.96E-07
Bus6	Bus7	86	0.1148	0.0377	5.95E-06	4.59E-06
Bus69	Bus70	87	0.0267	0.0088	1.45E-07	1.13E-07
Bus70	Bus71	88	0	0	0	0
Bus72	Bus69	89	0	0	0	0
Bus73	Bus66	90	-1.8654	-0.6188	0.001309	0.001009
Bus73	Bus74	91	1.8237	0.6051	0.004985	0.003859
Bus75	Bus74	92	-1.7254	-0.5692	0.002929	0.002267
Bus75	Bus76	93	1.6196	0.5344	0.000249	0.000192
Bus76	Bus77	94	0.1088	0.0358	2.52E-06	3.85E-06
Bus77	Bus78	95	0	0	0	0
Bus79	Bus76	96	-1.5098	-0.4979	0.000742	0.000575
Bus8	Bus6	97	-4.1326	-1.3980	0.016246	0.010537
Bus80	Bus79	98	-1.3933	-0.4593	0.000765	0.000591
Bus80	Bus81	99	0.5269	0.1737	0.000324	0.000496
Bus82	Bus83	101	0	0	0	0
Bus84	Bus81	102	-0.4399	-0.1447	5.77E-05	8.82E-05
Bus84	Bus85	103	0.0757	0.0249	6.66E-06	5.17E-06
Bus85	Bus86	104	0	0	0	0
Bus87	Bus84	105	-0.3641	-0.1197	1.36E-05	2.07E-05
Bus87	Bus88	106	0.2255	0.0742	1.92E-05	2.93E-05
Bus88	Bus89	107	0.1586	0.0522	1.68E-05	2.56E-05
Bus8	Bus9	108	4.1019	1.3879	0.02286	0.014831

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus91	Bus92	111	0	0	0	0
Bus93	Bus80	112	-0.8663	-0.2855	6.73E-05	5.3E-05
Bus94	Bus93	113	-0.0443	-0.0145	1.07E-06	6.13E-07
Bus94	Bus95	114	0	0	0	0
Bus96	Bus93	115	-0.8220	-0.2709	6.06E-05	4.77E-05
Bus97	Bus96	116	0	0	0	0
Bus96	Bus98	117	0.8220	0.2709	0.00022	0.000171
Bus98	Bus99	118	0.6788	0.2237	0.00057	0.000442
Bus GI	Bus 0	119	-4.7162	-1.7017	0.008613	0.172261
Bus118	Bus119	120	-0.0120	0.0000	4.31E-07	8.62E-06

Total Pembangkitan : P = 4,3976 MW

Q = 1,7179 MVAR

Total Beban : P = 4,0854 MW

Q = 1,3428 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,3120 MW

Q = 0,3750 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban maksimum kondisi 4 dapat dilihat pada lampiran 5d. Pada hasil simulasi kondisi 4 beban maksimum dengan penyambungan *solar photovoltaic*, rugi-rugi daya mencapai 0,00312 p.u. dan 0,00375 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

Simulasi kondisi 4 pada beban minimum ditunjukkan pada Tabel 4.15 .

Tabel 4.15 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban minimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus GI	Bus1	1	1.22651	0.40410	0.013508	0.010472
Bus9	Bus10	2	0.0998	0.0328	6.82E-07	1.05E-06
Bus99	Bus100	3	0.1493	0.0491	1.96E-05	1.52E-05
Bus100	Bus101	4	0.0205	0.0068	2.88E-07	1.87E-07
Bus101	Bus102	5	0.0068	0.0023	7.85E-08	6.09E-08
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.1287	-0.0423	2.16E-06	1.4E-06
Bus104	Bus105	8	0.0068	0.0023	2.19E-08	1.41E-08
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.1219	-0.0401	3.56E-06	2.3E-06
Bus107	Bus108	11	0.1082	0.0356	1.14E-05	7.39E-06
Bus108	Bus109	12	0.0850	0.0280	1.08E-05	6.98E-06

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus110	Bus111	15	0.0493	0.0162	3.17E-06	2.45E-06
Bus111	Bus112	16	0.0356	0.0117	1.52E-07	1.2E-07
Bus112	Bus113	17	0.0322	0.0106	6.92E-08	5.25E-08
Bus113	Bus114	18	0.0220	0.0072	3.92E-07	3.05E-07
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0034	-0.0011	3.23E-08	2.5E-08
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus118	Bus28	22	0.0118	0.0086	1.46E-06	4.39E-07
Bus12	Bus13	24	0.0343	0.0113	3.65E-07	2.85E-07
Bus10	Bus14	25	0.0724	0.0238	2.02E-06	3.08E-06
Bus14	Bus15	26	0.0449	0.0148	6.95E-07	1.06E-06
Bus15	Bus16	27	0.0220	0.0072	2.33E-07	3.56E-07
Bus17	Bus9	28	-0.9607	-0.3128	0.000766	0.000496
Bus17	Bus18	29	0.9505	0.3094	0.000204	0.000133
Bus18	Bus19	30	0.0681	0.0177	4.92E-07	3.12E-07
Bus1	Bus2	31	0.0309	0.0102	3.21E-08	2.57E-08
Bus20	Bus18	32	-0.8812	-0.2909	0.000972	0.000753
Bus19	Bus21	33	0.0579	0.0190	1.36E-06	1.06E-06
Bus21	Bus22	34	0.0359	0.0118	6.44E-08	4.98E-08
Bus22	Bus23	35	0.0137	0.0045	3.32E-08	2.59E-08
Bus22	Bus24	36	0.0222	0.0073	4.11E-07	3.19E-07
Bus24	Bus25	37	0.0154	0.0051	7.37E-08	5.7E-08
Bus25	Bus26	38	0.0137	0.0045	6.29E-08	4.89E-08
Bus19	Bus27	39	0.0102	-0.0013	8.95E-08	6.93E-08
Bus27	Bus28	40	0.0102	-0.0013	4.95E-09	3.87E-09
Bus27	Bus29	41	0	0	0	0
Bus2	Bus3	42	0.0206	0.0068	1.72E-08	1.33E-08
Bus30	Bus20	43	-0.0356	-0.0117	9.86E-07	7.66E-07
Bus31	Bus30	44	-0.0137	-0.0045	2.51E-08	1.96E-08
Bus20	Bus32	45	0.8456	0.2791	4.56E-05	3.58E-05
Bus32	Bus33	46	0.0034	0.0011	2.26E-09	3.45E-09
Bus33	Bus34	47	0	0	0	0
Bus35	Bus32	48	-0.8138	-0.2683	0.000845	0.000654
Bus36	Bus35	49	0	0	0	0
Bus37	Bus35	50	-0.8138	-0.2683	4.23E-05	3.17E-05
Bus37	Bus38	51	0.0275	0.0090	4.47E-08	3.44E-08
Bus39	Bus37	52	-0.7859	-0.2590	0.00036	0.000279
Bus1	Bus4	53	1.1701	0.3835	0.001139	0.000739
Bus39	Bus40	54	0.0068	0.0023	2.48E-08	1.92E-08
Bus40	Bus41	55	0	0	0	0
Bus42	Bus39	56	-0.7790	-0.2566	8.18E-05	6.38E-05
Bus42	Bus43	57	0.2299	0.0757	5.44E-05	4.21E-05
Bus43	Bus44	58	0.2092	0.0688	2E-05	1.55E-05
Bus44	Bus45	59	0.1872	0.0616	4.45E-05	3.45E-05

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus45	Bus46	60	0.1652	0.0544	2.09E-05	1.62E-05
Bus46	Bus47	61	0.1515	0.0498	9.45E-07	7.35E-07
Bus47	Bus48	62	0.0275	0.0090	4.54E-07	3.52E-07
Bus49	Bus47	63	-0.1240	-0.0408	8.27E-06	6.41E-06
Bus4	Bus5	64	0.0220	0.0072	2.74E-07	2.12E-07
Bus49	Bus50	65	0	0	0	0
Bus51	Bus49	66	-0.1240	-0.0408	1.58E-06	1.23E-06
Bus52	Bus53	68	0	0	0	0
Bus54	Bus51	69	-0.1192	-0.0392	9.53E-06	7.39E-06
Bus54	Bus55	70	0.1124	0.0370	7.95E-06	6.16E-06
Bus55	Bus56	71	0.0904	0.0298	1.86E-05	1.44E-05
Bus56	Bus57	72	0.0767	0.0252	8.59E-06	6.66E-06
Bus57	Bus58	73	0.0548	0.0180	4.69E-06	3.64E-06
Bus58	Bus59	74	0.0205	0.0068	4.19E-07	2.39E-07
Bus6	Bus4	75	-1.1457	-0.3747	0.00129	0.000838
Bus59	Bus60	76	0.0068	0.0023	2.6E-08	1.47E-08
Bus60	Bus61	77	0	0	0	0
Bus62	Bus58	78	-0.0342	-0.0113	1.43E-06	1.11E-06
Bus62	Bus63	79	0.0342	0.0113	2.21E-06	1.72E-06
Bus63	Bus64	80	0.0205	0.0068	6.84E-07	5.3E-07
Bus64	Bus65	81	0.0137	0.0045	1.94E-07	1.5E-07
Bus66	Bus42	82	-0.5491	-0.1809	7.99E-05	6.2E-05
Bus66	Bus67	83	0.0425	0.0140	1.7E-06	1.32E-06
Bus67	Bus68	84	0.0288	0.0095	1.02E-06	7.87E-07
Bus68	Bus69	85	0.0068	0.0023	4.3E-08	3.34E-08
Bus6	Bus7	86	0.0220	0.0072	1.94E-07	1.5E-07
Bus69	Bus70	87	0.0068	0.0023	8.13E-09	6.31E-09
Bus70	Bus71	88	0	0	0	0
Bus72	Bus69	89	0	0	0	0
Bus73	Bus66	90	-0.5065	-0.1669	8.21E-05	6.33E-05
Bus73	Bus74	91	0.4962	0.1635	0.000314	0.000243
Bus75	Bus74	92	-0.4738	-0.1559	0.000187	0.000145
Bus75	Bus76	93	0.4518	0.1487	1.64E-05	1.26E-05
Bus76	Bus77	94	0.0220	0.0072	8.7E-08	1.33E-07
Bus77	Bus78	95	0	0	0	0
Bus79	Bus76	96	-0.4298	-0.1414	5.08E-05	3.94E-05
Bus8	Bus6	97	-1.1227	-0.3668	0.001055	0.000684
Bus80	Bus79	98	-0.4091	-0.1346	5.56E-05	4.3E-05
Bus80	Bus81	99	0.1364	0.0449	1.84E-05	2.8E-05
Bus81	Bus82	100	0.0220	0.0072	1.19E-07	1.82E-07
Bus82	Bus83	101	0	0	0	0
Bus84	Bus81	102	-0.1144	-0.0376	3.29E-06	5.03E-06
Bus84	Bus85	103	0.0220	0.0072	4.72E-07	3.66E-07

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus85	Bus86	104	0	0	0	0
Bus87	Bus84	105	-0.0925	-0.0304	7.41E-07	1.12E-06
Bus87	Bus88	106	0.0650	0.0214	1.34E-06	2.05E-06
Bus88	Bus89	107	0.0425	0.0140	1.01E-06	1.55E-06
Bus8	Bus9	108	1.1090	0.3623	0.00147	0.000954
Bus89	Bus90	109	0.0356	0.0117	7.34E-07	1.12E-06
Bus90	Bus91	110	0.0220	0.0072	1.7E-07	2.6E-07
Bus93	Bus80	112	-0.2727	-0.0897	5.62E-06	4.43E-06
Bus94	Bus93	113	-0.0220	-0.0072	2.23E-07	1.27E-07
Bus94	Bus95	114	0	0	0	0
Bus96	Bus93	115	-0.2507	-0.0825	4.76E-06	3.75E-06
Bus97	Bus96	116	0	0	0	0
Bus96	Bus98	117	0.2507	0.0825	1.73E-05	1.34E-05
Bus98	Bus99	118	0.1713	0.0564	3.06E-05	2.37E-05
Bus Gl	Bus 0	119	-1.2145	-0.4041	0.00055	0.010992
Bus118	Bus119	120	-0.0118	-0.0086	5.55E-07	1.11E-05

Total Pembangkitan : P = 1,2276 MW

Q = 0,4241 MVAR

Total Beban : P = 1,2029 MW

Q = 0,3955 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,0238 MW

Q = 0,0286 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban minimum kondisi 4 dapat dilihat pada lampiran 6d. Pada hasil simulasi kondisi 4 beban minimum dengan penyambungan *solar photovoltaic*, rugi-rugi daya mencapai 0,000238 p.u. dan 0,000286 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

4.4.5 Simulasi Kondisi 5

Pada simulasi aliran daya penyulang Pujon malang kondisi 5 ini terdapat pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang disambungkan pada bus 60, tenaga surya yang disambungkan pada bus 28, dan tenaga angin yang disambungkan pada bus 17 pada sistem distribusi 20 kV. Hasil simulasi aliran daya pada kondisi 5 meliputi nilai tegangan tiap bus dan besar rugi-rugi daya. Penelitian ini dilakukan pengaturan meliputi daya dasar 100 MVA, frekuensi 50 Hz, tegangan dasar 20 kV, waktu

gangguan dimulai detik ke-2, dan waktu gangguan 0,15 detik, maka diperoleh hasil simulasi aliran beban seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus GI	Bus1	1	4.7090	1.6512	0.209524	0.162434
Bus9	Bus10	2	0.3822	0.1257	1.14E-05	1.75E-05
Bus99	Bus100	3	0.5805	0.1912	0.000352	0.000272
Bus100	Bus101	4	0.0850	0.0279	5.85E-06	3.8E-06
Bus101	Bus102	5	0.0362	0.0119	2.61E-06	2.02E-06
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.4951	-0.1629	3.8E-05	2.45E-05
Bus104	Bus105	8	0.0191	0.0063	2.03E-07	1.31E-07
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.4759	-0.1566	6.44E-05	4.17E-05
Bus107	Bus108	11	0.4266	0.1404	0.00021	0.000136
Bus108	Bus109	12	0.3574	0.1176	0.000226	0.000147
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.2556	0.0841	3.81E-05	2.47E-05
Bus110	Bus111	15	0.2006	0.0660	6.23E-05	4.82E-05
Bus111	Bus112	16	0.1519	0.0499	3.28E-06	2.58E-06
Bus112	Bus113	17	0.1354	0.0445	1.45E-06	1.1E-06
Bus113	Bus114	18	0.0968	0.0318	9.07E-06	7.04E-06
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0165	-0.0054	8.94E-07	6.92E-07
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus118	Bus17	22	0.0053	0.0355	1.01E-05	3.04E-06
Bus120	Bus28	23	0.0121	0.0001	1.14E-06	3.44E-07
Bus9	Bus12	24	0.2195	0.0722	1.34E-05	1.03E-05
Bus122	Bus60	25	0.0013	0.0134	1.44E-06	4.34E-07
Bus12	Bus13	26	0.1839	0.0604	1.19E-05	9.31E-06
Bus10	Bus14	27	0.2960	0.0973	3.83E-05	5.85E-05
Bus15	Bus16	29	0.1027	0.0338	5.8E-06	8.86E-06
Bus17	Bus9	30	-3.4615	-1.1195	0.011349	0.007346
Bus17	Bus18	31	3.4409	1.1465	0.003066	0.002008
Bus18	Bus19	32	0.2745	0.0941	9.6E-06	6.09E-06
Bus1	Bus2	33	0.1311	0.0431	6.38E-07	5.11E-07
Bus20	Bus18	34	-3.1490	-1.0393	0.014325	0.011095
Bus19	Bus21	35	0.2311	0.0760	2.48E-05	1.93E-05
Bus21	Bus22	36	0.1516	0.0498	1.31E-06	1.02E-06
Bus22	Bus23	37	0.0626	0.0206	7.94E-07	6.21E-07
Bus22	Bus24	38	0.0890	0.0293	7.54E-06	5.85E-06
Bus19	Bus27	41	0.0433	0.0181	2.15E-06	1.67E-06
Bus27	Bus28	42	0.0433	0.0181	1.19E-07	9.32E-08

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus30	Bus20	45	-0.1086	-0.0357	1.06E-05	8.21E-06
Bus31	Bus30	46	-0.0136	-0.0045	2.86E-08	2.23E-08
Bus20	Bus32	47	3.0404	1.0036	0.00068	0.000534
Bus32	Bus33	48	0.0040	0.0013	3.62E-09	5.52E-09
Bus33	Bus34	49	0	0	0	0
Bus35	Bus32	50	-2.9216	-0.9586	0.012648	0.009797
Bus36	Bus35	51	0	0	0	0
Bus37	Bus35	52	-2.9210	-0.9581	0.000634	0.000475
Bus37	Bus38	53	0.0662	0.0218	3.02E-07	2.33E-07
Bus39	Bus37	54	-2.8493	-0.9321	0.005511	0.004279
Bus1	Bus4	55	4.3683	1.4456	0.017548	0.011381
Bus39	Bus40	56	0.0330	0.0108	6.73E-07	5.22E-07
Bus40	Bus41	57	0	0	0	0
Bus42	Bus39	58	-2.8150	-0.9203	0.001246	0.000971
Bus42	Bus43	59	0.7543	0.2361	0.000678	0.000525
Bus43	Bus44	60	0.6594	0.2046	0.00023	0.000178
Bus44	Bus45	61	0.5856	0.1803	0.000504	0.000391
Bus45	Bus46	62	0.5141	0.1565	0.000234	0.000182
Bus46	Bus47	63	0.4922	0.1492	1.15E-05	8.97E-06
Bus47	Bus48	64	0.0512	0.0168	1.85E-06	1.44E-06
Bus49	Bus47	65	-0.4409	-0.1323	0.000121	9.34E-05
Bus4	Bus5	66	0.0720	0.0237	3.27E-06	2.54E-06
Bus49	Bus50	67	0	0	0	0
Bus51	Bus49	68	-0.4408	-0.1323	2.31E-05	1.8E-05
Bus51	Bus52	69	0.0188	0.0062	7.11E-08	5.5E-08
Bus52	Bus53	70	0	0	0	0
Bus54	Bus51	71	-0.4219	-0.1260	0.000138	0.000107
Bus55	Bus56	73	0.3044	0.0873	0.000241	0.000187
Bus56	Bus57	74	0.2607	0.0728	0.000113	8.8E-05
Bus57	Bus58	75	0.1700	0.0430	5.11E-05	3.97E-05
Bus58	Bus59	76	0.0507	0.0037	2.73E-06	1.55E-06
Bus6	Bus4	77	-4.2588	-1.3976	0.019955	0.01296
Bus59	Bus60	78	0.0132	-0.0086	1.46E-07	8.3E-08
Bus60	Bus61	79	0	0	0	0
Bus62	Bus58	80	-0.1193	-0.0392	2.05E-05	1.59E-05
Bus62	Bus63	81	0.1193	0.0392	3.17E-05	2.46E-05
Bus63	Bus64	82	0.0664	0.0218	8.43E-06	6.54E-06
Bus64	Bus65	83	0.0423	0.0139	2.19E-06	1.69E-06
Bus66	Bus42	84	-2.0594	-0.6831	0.001316	0.001021
Bus66	Bus67	85	0.1914	0.0630	4.02E-05	3.12E-05
Bus67	Bus68	86	0.1352	0.0445	2.62E-05	2.03E-05
Bus68	Bus69	87	0.0267	0.0088	7.67E-07	5.95E-07
Bus6	Bus7	88	0.1148	0.0377	5.95E-06	4.59E-06

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus72	Bus69	91	0	0	0	0
Bus73	Bus66	92	-1.8666	-0.6192	0.001307	0.001009
Bus73	Bus74	93	1.8249	0.6054	0.00498	0.003856
Bus75	Bus74	94	-1.7265	-0.5696	0.002926	0.002265
Bus75	Bus76	95	1.6207	0.5348	0.000249	0.000192
Bus76	Bus77	96	0.1088	0.0358	2.52E-06	3.85E-06
Bus77	Bus78	97	0	0	0	0
Bus79	Bus76	98	-1.5108	-0.4982	0.000742	0.000575
Bus8	Bus6	99	-4.1279	-1.3495	0.01607	0.010422
Bus80	Bus79	100	-1.3942	-0.4596	0.000764	0.00059
Bus80	Bus81	101	0.5273	0.1738	0.000324	0.000495
Bus81	Bus82	102	0.0867	0.0285	2.2E-06	3.35E-06
Bus82	Bus83	103	0	0	0	0
Bus84	Bus81	104	-0.4402	-0.1448	5.76E-05	8.81E-05
Bus84	Bus85	105	0.0758	0.0249	6.66E-06	5.16E-06
Bus85	Bus86	106	0	0	0	0
Bus87	Bus84	107	-0.3644	-0.1198	1.36E-05	2.07E-05
Bus87	Bus88	108	0.2257	0.0742	1.92E-05	2.93E-05
Bus88	Bus89	109	0.1587	0.0522	1.68E-05	2.56E-05
Bus8	Bus9	110	4.0972	1.3394	0.022609	0.014668
Bus89	Bus90	111	0.1300	0.0427	1.16E-05	1.77E-05
Bus90	Bus91	112	0.0745	0.0245	2.32E-06	3.54E-06
Bus91	Bus92	113	0	0	0	0
Bus93	Bus80	114	-0.8669	-0.2857	6.72E-05	5.3E-05
Bus94	Bus93	115	-0.0443	-0.0146	1.07E-06	6.12E-07
Bus94	Bus95	116	0	0	0	0
Bus96	Bus93	117	-0.8225	-0.2711	6.05E-05	4.77E-05
Bus97	Bus96	118	0	0	0	0
Bus96	Bus98	119	0.8225	0.2711	0.00022	0.000171
Bus98	Bus99	120	0.6793	0.2239	0.00057	0.000442
Bus GI	Bus 0	121	-4.7090	-1.6512	0.008525	0.170508
Bus118	Bus119	122	-0.0053	-0.0355	1.54E-06	3.07E-05
Bus120	Bus121	123	-0.0121	-0.0001	4.35E-07	8.7E-06
Bus122	Bus123	124	-0.0013	-0.0134	5.58E-07	1.12E-05

Total Pembangkitan : P = 4,4037 MW

Q = 1,7421 MVAR

Total Beban : P = 4,0917 MW

Q = 1,3448 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,31 MW

Q = 0,3725 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban maksimum kondisi 5 dapat dilihat pada lampiran 5e. Pada hasil simulasi kondisi 5 beban maksimum dengan penyambungan mikrohidro, *wind turbine*, dan *solar photovoltaic*, rugi-rugi daya mencapai 0,0031 p.u. dan 0,003725 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

Simulasi kondisi 5 pada beban minimum ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Data aliran beban penyulang Pujon saat beban maksimum

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVAR]	P Loss [MW]	Q Loss [MVAR]
Bus GI	Bus1	1	1.2120	0.3650	0.013202	0.010235
Bus9	Bus10	2	0.0998	0.0328	6.81E-07	1.05E-06
Bus99	Bus100	3	0.1493	0.0491	1.96E-05	1.52E-05
Bus100	Bus101	4	0.0205	0.0068	2.87E-07	1.87E-07
Bus101	Bus102	5	0.0068	0.0023	7.84E-08	6.08E-08
Bus102	Bus103	6	0	0	0	0
Bus104	Bus100	7	-0.1287	-0.0423	2.16E-06	1.4E-06
Bus104	Bus105	8	0.0068	0.0023	2.19E-08	1.41E-08
Bus105	Bus106	9	0	0	0	0
Bus107	Bus104	10	-0.1219	-0.0401	3.55E-06	2.3E-06
Bus107	Bus108	11	0.1082	0.0356	1.14E-05	7.38E-06
Bus108	Bus109	12	0.0850	0.0280	1.07E-05	6.97E-06
Bus10	Bus11	13	0	0	0	0
Bus109	Bus110	14	0.0630	0.0207	1.94E-06	1.26E-06
Bus110	Bus111	15	0.0493	0.0162	3.16E-06	2.45E-06
Bus111	Bus112	16	0.0356	0.0117	1.52E-07	1.19E-07
Bus112	Bus113	17	0.0322	0.0106	6.91E-08	5.24E-08
Bus113	Bus114	18	0.0220	0.0072	3.91E-07	3.04E-07
Bus114	Bus115	19	0	0	0	0
Bus116	Bus112	20	-0.0034	-0.0011	3.22E-08	2.5E-08
Bus116	Bus117	21	0	0	0	0
Bus118	Bus17	22	0.0016	0.0360	8.9E-06	2.68E-06
Bus120	Bus28	23	0.0118	0.0086	1.46E-06	4.39E-07
Bus9	Bus12	24	0.0462	0.0152	5.22E-07	4.01E-07
Bus122	Bus60	25	0.0004	0.0028	5.33E-08	1.6E-08
Bus12	Bus13	26	0.0343	0.0113	3.65E-07	2.85E-07
Bus10	Bus14	27	0.0724	0.0238	2.01E-06	3.07E-06
Bus14	Bus15	28	0.0449	0.0148	6.94E-07	1.06E-06
Bus15	Bus16	29	0.0220	0.0072	2.33E-07	3.56E-07
Bus17	Bus9	30	-0.9587	-0.2740	0.000745	0.000482
Bus17	Bus18	31	0.9500	0.3066	0.000203	0.000133
Bus18	Bus19	32	0.0680	0.0177	4.92E-07	3.12E-07

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus19	Bus21	35	0.0579	0.0190	1.36E-06	1.06E-06
Bus21	Bus22	36	0.0359	0.0118	6.44E-08	4.97E-08
Bus22	Bus23	37	0.0137	0.0045	3.31E-08	2.59E-08
Bus22	Bus24	38	0.0222	0.0073	4.1E-07	3.18E-07
Bus24	Bus25	39	0.0154	0.0051	7.36E-08	5.69E-08
Bus25	Bus26	40	0.0137	0.0045	6.28E-08	4.88E-08
Bus19	Bus27	41	0.0102	-0.0013	8.94E-08	6.92E-08
Bus27	Bus28	42	0.0102	-0.0013	4.94E-09	3.87E-09
Bus27	Bus29	43	0	0	0	0
Bus2	Bus3	44	0.0206	0.0068	1.71E-08	1.33E-08
Bus30	Bus20	45	-0.0356	-0.0117	9.84E-07	7.65E-07
Bus31	Bus30	46	-0.0137	-0.0045	2.51E-08	1.96E-08
Bus20	Bus32	47	0.8452	0.2763	4.54E-05	3.57E-05
Bus32	Bus33	48	0.0034	0.0011	2.26E-09	3.45E-09
Bus33	Bus34	49	0	0	0	0
Bus35	Bus32	50	-0.8134	-0.2655	0.000841	0.000652
Bus36	Bus35	51	0	0	0	0
Bus37	Bus35	52	-0.8133	-0.2655	4.21E-05	3.16E-05
Bus37	Bus38	53	0.0275	0.0090	4.47E-08	3.44E-08
Bus39	Bus37	54	-0.7855	-0.2562	0.000358	0.000278
Bus1	Bus4	55	1.1679	0.3446	0.001113	0.000722
Bus39	Bus40	56	0.0068	0.0023	2.48E-08	1.92E-08
Bus40	Bus41	57	0	0	0	0
Bus42	Bus39	58	-0.7786	-0.2538	8.14E-05	6.35E-05
Bus42	Bus43	59	0.2295	0.0729	5.38E-05	4.16E-05
Bus43	Bus44	60	0.2088	0.0661	1.98E-05	1.53E-05
Bus44	Bus45	61	0.1868	0.0588	4.39E-05	3.41E-05
Bus45	Bus46	62	0.1648	0.0516	2.06E-05	1.6E-05
Bus46	Bus47	63	0.1511	0.0471	9.3E-07	7.23E-07
Bus47	Bus48	64	0.0275	0.0090	4.53E-07	3.52E-07
Bus49	Bus47	65	-0.1236	-0.0380	8.11E-06	6.28E-06
Bus4	Bus5	66	0.0220	0.0072	2.74E-07	2.12E-07
Bus49	Bus50	67	0	0	0	0
Bus51	Bus49	68	-0.1236	-0.0380	1.55E-06	1.21E-06
Bus51	Bus52	69	0.0048	0.0016	3.9E-09	3.02E-09
Bus52	Bus53	70	0	0	0	0
Bus54	Bus51	71	-0.1189	-0.0365	9.34E-06	7.24E-06
Bus54	Bus55	72	0.1120	0.0342	7.78E-06	6.03E-06
Bus55	Bus56	73	0.0901	0.0270	1.81E-05	1.4E-05
Bus56	Bus57	74	0.0764	0.0225	8.33E-06	6.46E-06
Bus57	Bus58	75	0.0544	0.0152	4.5E-06	3.49E-06
Bus58	Bus59	76	0.0202	0.0040	3.79E-07	2.16E-07
Bus6	Bus4	77	-1.1436	-0.3358	0.001259	0.000818

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus62	Bus58	80	-0.0342	-0.0113	1.43E-06	1.11E-06
Bus62	Bus63	81	0.0342	0.0113	2.21E-06	1.71E-06
Bus63	Bus64	82	0.0205	0.0068	6.83E-07	5.29E-07
Bus64	Bus65	83	0.0137	0.0045	1.94E-07	1.5E-07
Bus66	Bus42	84	-0.5490	-0.1809	7.98E-05	6.19E-05
Bus66	Bus67	85	0.0425	0.0140	1.69E-06	1.31E-06
Bus67	Bus68	86	0.0288	0.0095	1.01E-06	7.86E-07
Bus68	Bus69	87	0.0068	0.0023	4.3E-08	3.33E-08
Bus6	Bus7	88	0.0220	0.0072	1.94E-07	1.5E-07
Bus69	Bus70	89	0.0068	0.0023	8.12E-09	6.3E-09
Bus70	Bus71	90	0	0	0	0
Bus72	Bus69	91	0	0	0	0
Bus73	Bus66	92	-0.5065	-0.1669	8.2E-05	6.33E-05
Bus73	Bus74	93	0.4962	0.1635	0.000314	0.000243
Bus75	Bus74	94	-0.4737	-0.1559	0.000186	0.000144
Bus75	Bus76	95	0.4518	0.1487	1.63E-05	1.26E-05
Bus76	Bus77	96	0.0220	0.0072	8.68E-08	1.33E-07
Bus77	Bus78	97	0	0	0	0
Bus79	Bus76	98	-0.4297	-0.1414	5.07E-05	3.93E-05
Bus8	Bus6	99	-1.1206	-0.3279	0.00103	0.000668
Bus80	Bus79	100	-0.4091	-0.1346	5.56E-05	4.29E-05
Bus80	Bus81	101	0.1364	0.0449	1.83E-05	2.8E-05
Bus81	Bus82	102	0.0220	0.0072	1.19E-07	1.81E-07
Bus82	Bus83	103	0	0	0	0
Bus84	Bus81	104	-0.1144	-0.0376	3.29E-06	5.02E-06
Bus84	Bus85	105	0.0220	0.0072	4.72E-07	3.66E-07
Bus85	Bus86	106	0	0	0	0
Bus87	Bus84	107	-0.0925	-0.0304	7.4E-07	1.12E-06
Bus87	Bus88	108	0.0650	0.0214	1.34E-06	2.05E-06
Bus88	Bus89	109	0.0425	0.0140	1.01E-06	1.55E-06
Bus8	Bus9	110	1.1069	0.3234	0.001435	0.000931
Bus89	Bus90	111	0.0356	0.0117	7.33E-07	1.12E-06
Bus90	Bus91	112	0.0220	0.0072	1.7E-07	2.59E-07
Bus91	Bus92	113	0	0	0	0
Bus93	Bus80	114	-0.2726	-0.0897	5.62E-06	4.42E-06
Bus94	Bus93	115	-0.0220	-0.0072	2.22E-07	1.27E-07
Bus94	Bus95	116	0	0	0	0
Bus96	Bus93	117	-0.2507	-0.0825	4.75E-06	3.74E-06
Bus97	Bus96	118	0	0	0	0
Bus96	Bus98	119	0.2507	0.0825	1.73E-05	1.34E-05
Bus98	Bus99	120	0.1713	0.0563	3.06E-05	2.37E-05
Bus GI	Bus 0	121	-1.2120	-0.3650	0.000537	0.010744
Bus118	Bus119	122	-0.0016	-0.0360	1.35E-06	2.7E-05

From Bus	To Bus	Line	P Flow	Q Flow	P Loss	Q Loss
			[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus120	Bus121	123	-0.0118	-0.0086	5.54E-07	1.11E-05
Bus122	Bus123	124	-0.0004	-0.0028	2.06E-08	4.13E-07

Total Pembangkitan : P = 1,2293 MW
Q = 0,4439 MVAR

Total Beban : P = 1,2029 MW
Q = 0,3955 MVAR

Total Rugi-rugi : P = 0,0232 MW
Q = 0,0279 MVAR

Nilai tegangan tiap bus untuk beban minimum kondisi 5 dapat dilihat pada lampiran 6e. Pada hasil simulasi kondisi 5 beban minimum dengan penyambungan mikrohidro, *wind turbine*, dan *solar photovoltaic*, rugi-rugi daya mencapai 0,000232 p.u. dan 0,000279 p.u. Tegangan pada saat terjadi gangguan sempat mengalami penurunan hingga di bawah 0,1 P.u., ketika gangguan berakhir nilai tegangan mulai kembali ke kondisi normal, sehingga tegangan sistem masih dalam kondisi stabil.

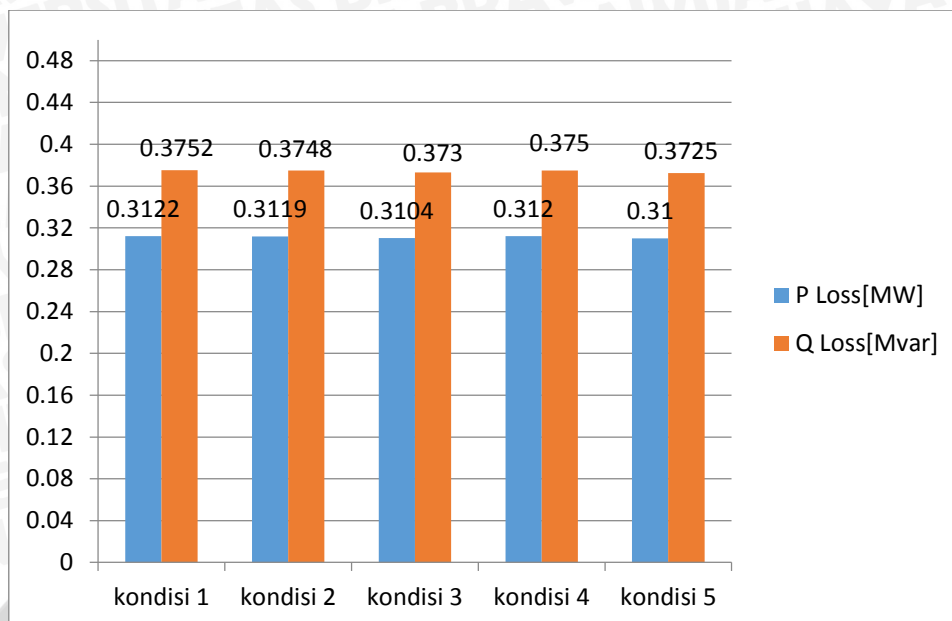
4.5 Rugi-Rugi Daya

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rugi-rugi daya berkurang setelah penyambungan *distributed generation* (DG) dengan beberapa kondisi seperti pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Rugi-rugi daya penyulang Pujon

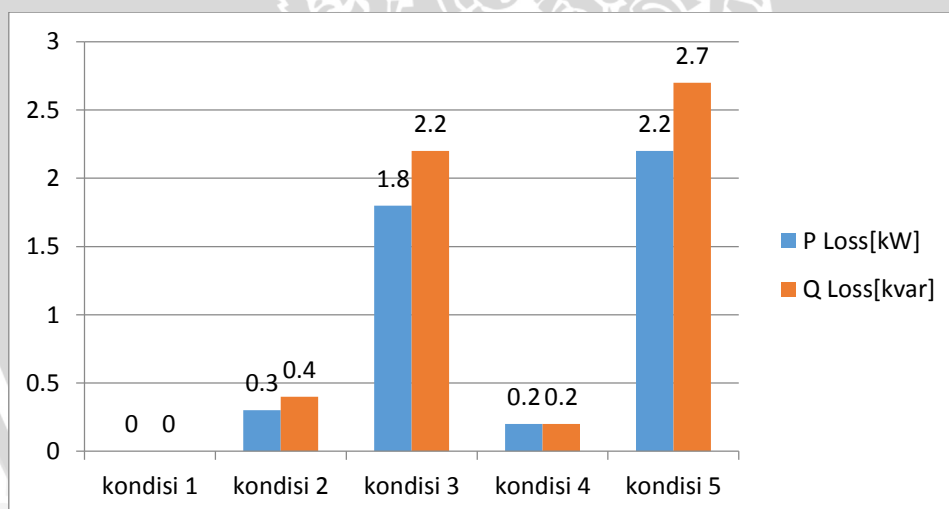
Nama	P Loss [MW]		Q Loss [MVAR]		Δ P Loss [MW]		Δ Q Loss [MVAR]	
	Max	Min	max	Min	max	min	max	Min
kondisi 1	0.3122	0.0239	0.3752	0.0286	0	0	0	0
kondisi 2	0.3119	0.0238	0.3748	0.0285	0.0003	0.0001	0.0004	0.0001
kondisi 3	0.3104	0.0235	0.3730	0.0281	0.0018	0.0004	0.0022	0.0005
kondisi 4	0.3120	0.0238	0.3750	0.0286	0.0002	0.0001	0.0002	0
kondisi 5	0.3100	0.0232	0.3725	0.0279	0.0022	0.0007	0.0027	0.0007

Besarnya rugi-rugi yang terjadi pada sistem distribusi penyulang Pujon 20kV pada masing-masing pengondisian untuk beban maksimum yang terdapat pada Tabel 4.18 ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Rugi daya pada tiap pengondisian saat beban maksimum

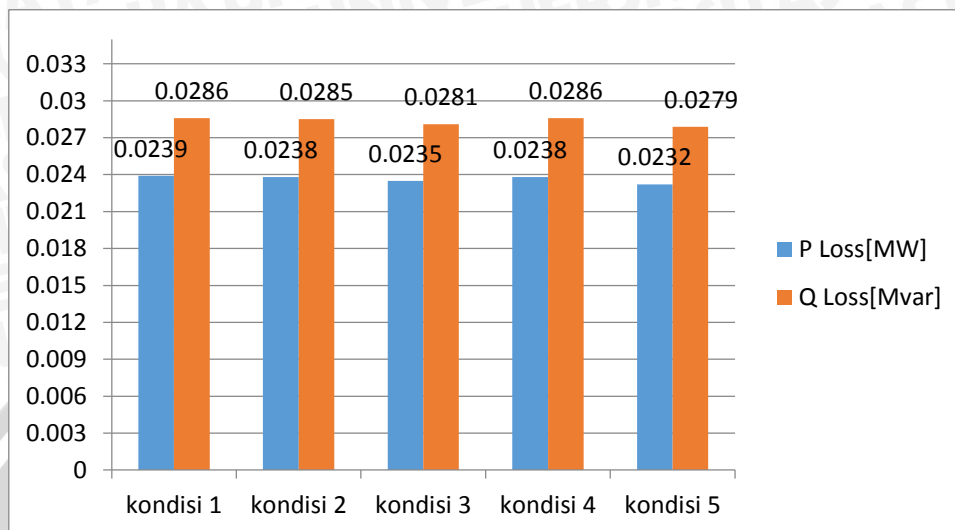
Rugi-rugi daya yang dapat dikurangi dengan penyambungan *distributed generation* pada tiap pengondisian untuk beban maksimum ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengurangan rugi daya pada tiap kondisi untuk beban maksimum

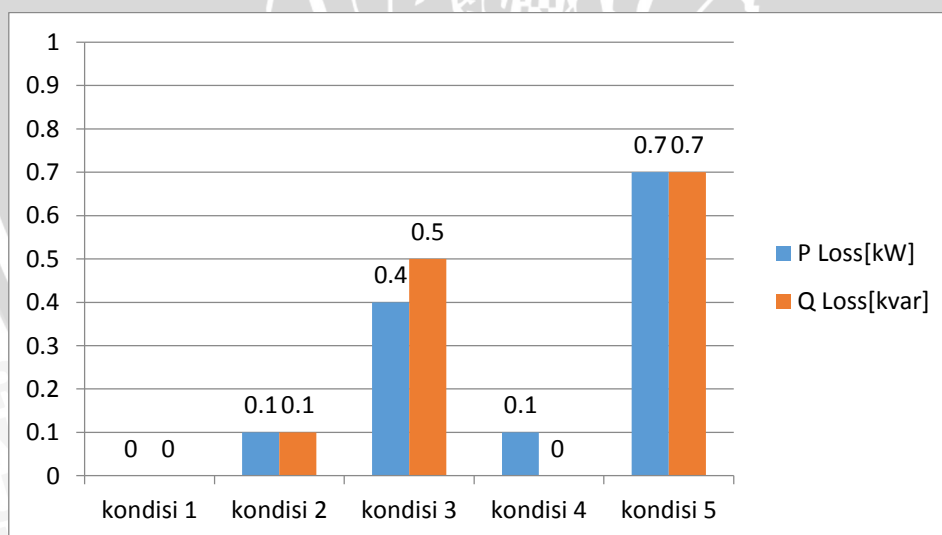
Pada hasil simulasi beban maksimum yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2 dimana rugi-rugi daya pada kondisi 1 mencapai 0,3122 MW dan 0,3752 MVAR atau 0,003122 p.u. dan 0,003752 p.u., sedangkan pada kondisi 5 dimana *distributed generation* disambungkan nilai rugi-rugi daya berkurang menjadi 0,31 MW dan 0,3725 MVAR atau 0,0031 p.u. dan 0,003725 p.u.. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa dengan penyambungan *distributed generation* rugi-rugi daya berkurang sebesar 2,2 kW dan 2,7 kvar.

Besarnya rugi-rugi yang terjadi pada sistem distribusi penyulang Pujon 20kV pada masing-masing pengondisian untuk beban minimum yang terdapat pada Tabel 4.18 ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rugi daya pada tiap pengondisian saat beban minimum

Rugi-rugi daya yang dapat dikurangi dengan penyambungan *distributed generation* pada tiap pengondisian untuk beban maksimum ditunjukkan pada Gambar 4.5.



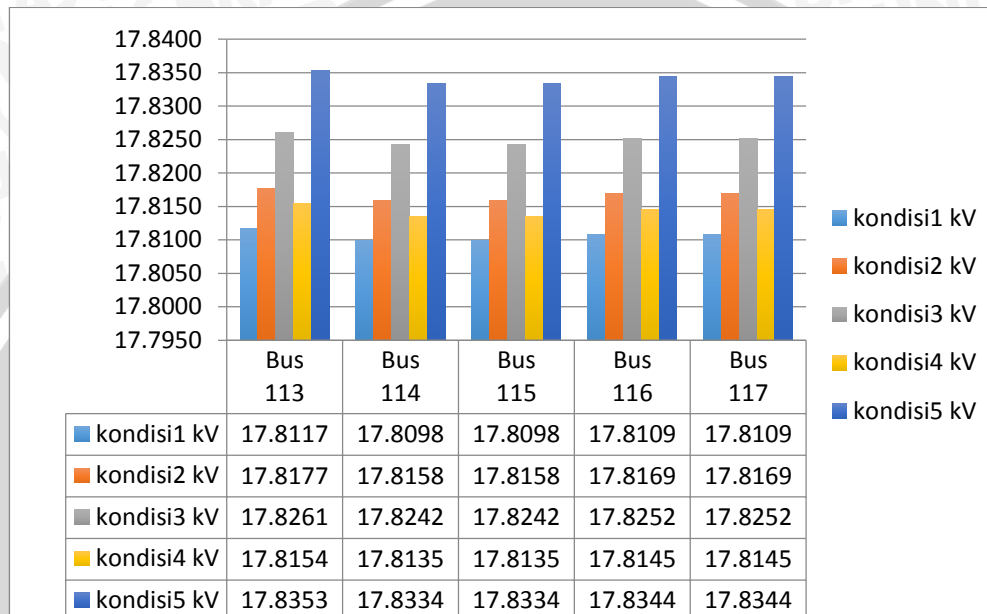
Gambar 4.5 Pengurangan rugi daya pada tiap kondisi untuk beban minimum

Pada hasil simulasi beban minimum yang ditunjukkan oleh Gambar 4.4 dimana rugi-rugi daya pada kondisi 1 mencapai 0,0239 MW dan 0,0286 MVAR atau 0,00024 p.u. dan 0,00028 p.u., sedangkan pada kondisi 5 dimana *distributed generation* disambungkan nilai rugi-rugi daya berkurang menjadi 0,0232 MW dan 0,0279 MVAR atau 0,00023 p.u. dan 0,00028 p.u.. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa

dengan penyambungan *distributed generation* rugi-rugi daya berkurang sebesar 0,7 kW dan 0,7 kvar.

4.6 Nilai Tegangan

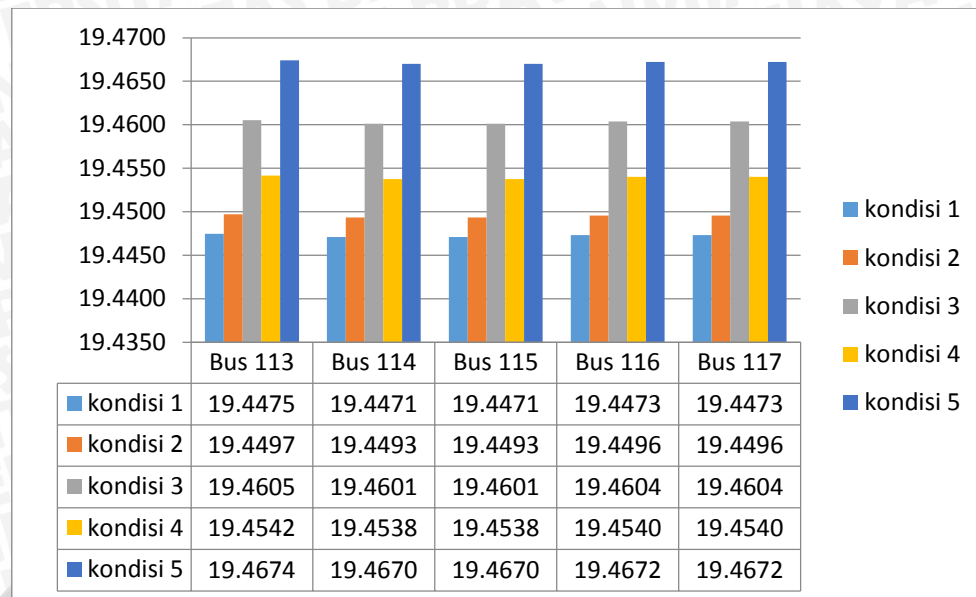
Nilai tegangan sebelum dan sesudah disambungkannya *distributed generation* dengan berbagai kondisi saat setelah gangguan pada beban maksimum untuk empat bus terakhir ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kenaikan nilai tegangan pada tiap kondisi beban maksimum

Berdasarkan hasil simulasi ditunjukkan bahwa tegangan pada masing – masing bus saat beban maksimum mengalami kenaikan setelah dilakukan penyambungan mikrohidro, *wind turbine*, dan *solar photovoltaic* dengan berbagai pengondisian seperti yang terlihat pada Gambar 4.6. Kenaikan nilai tegangan ini berpengaruh pada berkurangnya rugi-rugi dalam sistem.

Nilai tegangan sebelum dan sesudah disambungkannya *distributed generation* dengan berbagai kondisi saat setelah gangguan pada beban minimum untuk empat bus terakhir ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kenaikan nilai tegangan pada tiap kondisi beban minimum

Berdasarkan hasil simulasi ditunjukkan bahwa tegangan pada masing – masing bus saat beban minimum mengalami kenaikan setelah dilakukan penyambungan mikrohidro, *wind turbine*, dan *solar photovoltaic* dengan berbagai pengondisian seperti terlihat pada Gambar 4.7. Kenaikan nilai tegangan ini berpengaruh pada berkurangnya rugi-rugi dalam sistem.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis pada pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi sistem distribusi penyulang Pujon 20 kV sebelum dan sesudah penyambungan *distributed generation* dalam kondisi normal maupun setelah gangguan menunjukkan sistem dalam kondisi stabil. Penyambungan *distributed generation* mampu menaikkan nilai tegangan tiap bus, hal itu dapat dilihat pada bus 117 saat beban maksimum nilai tegangan sebelum penyambungan DG adalah 17,8109 kV sedangkan tegangan pada kondisi 5 setelah DG disambungkan adalah 17,8344 kV dan saat beban minimum nilai tegangan sebelum penyambungan DG adalah 19,4473 kV sedangkan tegangan pada kondisi 5 setelah DG disambungkan adalah 19,4672 kV.
2. Penyambungan *distributed generation* dapat mengurangi rugi-rugi daya pada sistem, hal itu dapat dilihat dari hasil simulasi yang menunjukkan rugi daya sebelum DG disambungkan adalah 0.3122 MW dan 0.3752 MVAR, sedangkan rugi daya pada kondisi 5 saat DG disambungkan adalah 0.31 MW dan 0.3725 MVAR. Semakin rendah tingkat pembebanan rugi-rugi daya juga semakin kecil begitu juga sebaliknya semakin tinggi tingkat pembebanan rugi-rugi daya juga akan semakin besar.

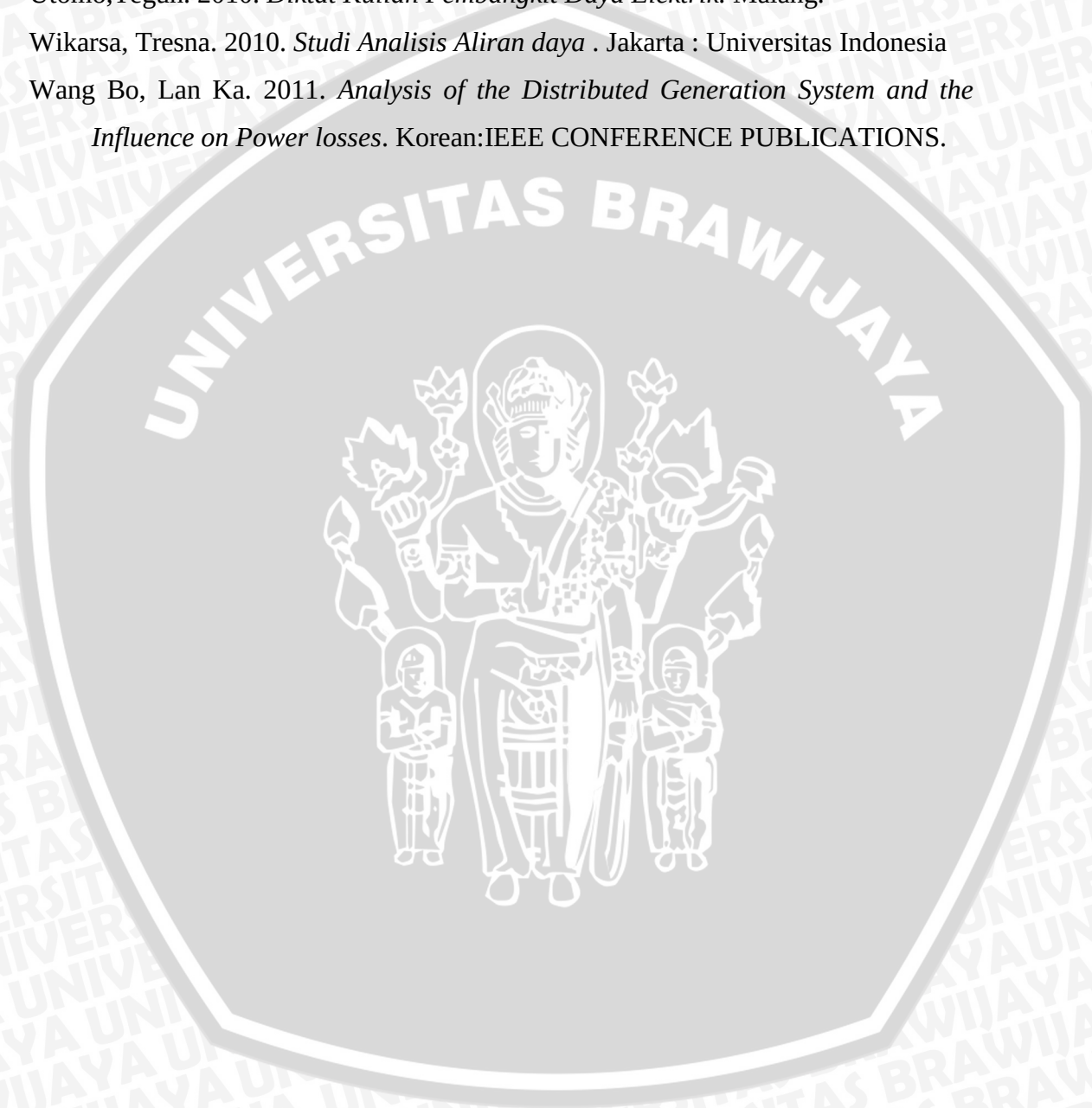
5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dengan diketahuinya rugi-rugi daya dan nilai tegangan tiap bus pada kondisi setelah penyambungan *distributed generation*, maka Perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan mengenai jatuh tagangan saat beban maksimum yang melebihi batas toleransi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bawan, E.K. 2012. *Distributed generation impact on power system case study: Losses and voltage profile*. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS.
- Bollen, M., Hassan, F. 2011. *Integration of distributed generation in the power system*. New York : Wiley-IEEE Press.
- Chiradeja, P. , Ngaopitakkul, A. 2013. *The impacts of electrical power losses due to distributed generation integration to distribution system*. India:IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS.
- Daud, M.S. Ismail. 2012. *Design of isolated hybridsystems minimizing cost and polluten emission*. Renewable energy Vol. 44 No.215-224.
- Dubey, C., Tiwari,Yogesh. 2012. *To design solar (photovoltaic) - Wind hybrid power generation system*. International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS).
- Gönen, Turan. 1987. *Modern Power System Analysis*. England: John Willey & Sons.
- Ledwich, Kashem, An DT Le, and M Negnevitsky. 2006. *Distributed generation for minimization of power losses in distribution systems*. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS.
- Lai , L.L., Chan, T.F. 2007 . *Permanent-Magnet Machines for Distributed Power Generation*. IEEE Journals & Magazines
- Massey,William. 2010 . *Essentials of Distributed generation system*. United State: World Headquarters.
- Patel, Mukund R. 2006. *Wind and Solar Power Systems*. New York : Taylor & Francis Group
- Sasmito, Seno. 2011. *Optimasi Penempatan Transformator Distribusi Berdasar Jatuh Tegangan*. Semarang.
- Sitepu, Putra. 2014. *Studi Tata Ulang Letak Transformator Pada Jaringan Distribusi 20 kV*. Sumatra.
- Singh, M., Gevorgian. E. Muljadi, and 2013. *PSCAD Modules Representing PV Generator*. United State: NREL
- Sianipar, Elfrida . 2011. *Studi Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Pada PT. PLN (Persero) Rayon Medan Kota* . Sumatra : Universitas Sumatra Utara.

- Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill
- Singh, M., Santoso, S. 2008. *Dynamic Models for Wind Turbines and Wind Power Plants*. Texas: National Renewable Energy Laboratory The University of Texas at Austin .
- Stevenson, William D. 1996. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Utomo, Teguh. 2010. *Diktat Kuliah Pembangkit Daya Elektrik*. Malang.
- Wikarsa, Tresna. 2010. *Studi Analisis Aliran daya* . Jakarta : Universitas Indonesia
- Wang Bo, Lan Ka. 2011. *Analysis of the Distributed Generation System and the Influence on Power losses*. Korean: IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Impedansi saluran

Kode Saluran	Jenis saluran	R	X	KHA
M100	AAAC 3x25mm ²	1.2903	0.3895	135
M101	AAAC 3x35mm ²	0.9217	0.3790	155
M102	AAAC 3x50mm ²	0.6452	0.3678	195
M103	AAAC 3x55mm ²	0.5670	0.3678	215
M104	AAAC 3x70mm ²	0.4608	0.3572	255
M105	AAAC 3x95mm ²	0.3396	0.3449	200
M106	AAAC 3x110mm ²	0.2688	0.3376	325
M107	AAAC 3x150mm ²	0.2162	0.3305	405
M108	AAAC 3x240mm ²	0.1344	0.3158	525

Sumber : SPLN64

Lampiran 2 Radiasi matahari

HARI	JAM PENGUKURAN																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	0	0	0	0	20	362	749	780	311	298	283	205	193	100	10,5	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	11,1	85,5	250	322	473	1080	1495	126	234	201	156	48	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	31,1	85,1	437	136	260	326	173	180	905	130	33	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	16,7	288	408	712	215	276	441	203	1018	236	86,3	5,2	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	59,6	107	807	755	1071	999	121	954	359	84	73,2	27,7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	43,3	236	729	603	674	904	259	135	662	78	97,9	34,1	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	28,5	122	86	136	334	1007	404	109	42,6	45,1	94,3	22	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	15	90,4	148	198	265	566	519	269	154	28	54,9	30,7	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	22,5	174	122	157	174	281	363	584	202	162	27,2	12,4	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	19,6	57,3	247	330	298	350	312	349	996	730	161	52,1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	10,9	51,3	111	195	326	374	367	445	317	223	103	36,7	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	46,1	329	570	616	558	942	971	1106	828	596	443	75,7	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	23,2	272	653	573	739	981	386	18,9	7,4	0	114	21,1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	29,5	215	243	316	686	782	737	347	178	183	93,3	33,2	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	56,1	63,4	434	642	677	759	355	655	277	44,6	82,9	34,3	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	20	221	258	1108	428	530	442	200	220	205	26,8	27,8	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	35,6	240	482	244	1046	327	1300	1001	27,9	27,3	67,6	1,1	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	44,6	96,9	554	692	744	418	1227	254	259	240	74	2,4	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	22,8	146	264	920	941	1080	1118	460	156	157	66,2	1,7	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	33	197	375	326	437	768	911	872	679	461	113	21	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	42	233	421	673	842	921	1001	971	735	216	127	19	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	26	156	447	527	731	855	998	855	742	415	78	5	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	32	212	489	721	827	986	1136	1003	854	521	377	43	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	23,9	116	231	215	1053	1271	326	249	93	174	103	49,9	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	67,9	356	107	89	194	186	469	195	73,8	126	11,9	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	57,5	255	338	566	825	1074	1095	194	237	203	52,5	15,1	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	71,1	359	642	499	936	173	186	10,5	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	95,5	149	686	500	794	983	999	223	317	6,5	0	38,7	0	0	0	0	0	0	0

29	0	0	0	0	0	36,3	498	678	45,9	761	1082	131	57,6	43,5	112	30,4	30,6	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	45,6	417	524	510	631	434	587	424	65,7	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	25,9	319	422	521	751	970	1058	0	0	117	0	27,6	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	37,6	184	568	901	927	974	972	828	13,3	6,9	26,3	27,5	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	40,5	609	362	844	860	1161	307	313	276	6,6	6,9	4,3	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	55	566	715	901	974	1068	1027	928	694	149	34,9	3,9	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	16,3	353	426	616	949	726	630	325	157	30,7	302	27,7	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	34,3	450	735	219	903	310	435	389	918	584	118	38,7	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	35,2	128	814	777	844	942	839	50,3	139	441	301	39,1	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	19,9	404	533	173	0	50,7	643	94,2	41	105	96,3	8,8	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	33,5	257	275	706	861	942	567	172	169	55,1	22,5	22,2	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	47,2	525	787	872	936	1000	1000	980	24,2	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	27,5	432	666	748	1045	943	877	73,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	45,6	198	484	680	326	36,8	191	20	189	63,6	138	41,3	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	31,2	337	384	758	648	878	967	587	424	449	0	12	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	16,7	125	214	325	672	856	267	101	135	67,3	44,2	37,6	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	43,6	284	512	633	807	935	824	30,1	0	64,7	3,1	4,1	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	50,4	502	577	708	846	921	742	257	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	47,8	476	636	678	986	957	1074	976	861	692	279	10,1	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	22,6	114	391	398	167	43,6	104	90,5	165	115	57,9	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	12,8	50,6	105	514	992	1120	1145	951	504	43,2	82	15,6	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	38,9	128	590	767	356	54,9	192	616	271	83,9	46,1	12,9	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	50,2	255	663	736	895	921	985	970	869	100	0	6	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	10,7	378	594	821	940	988	1017	978	588	579	87,9	13	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	16,1	404	669	884	1026	1040	1037	825	785	517	275	40,5	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	45,8	418	732	651	941	1012	1014	1013	969	751	72,4	11,8	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	52,7	530	711	656	974	1001	1034	1020	823	110	56,4	28,2	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	35,7	416	629	793	875	494	71,7	42,9	73,2	67	13	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	50,7	439	652	838	875	967	1086	971	584	316	127	36,9	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	35,8	253	376	653	859	897	870	655	755	143	85,8	29,8	0	0	0	0	0	0	0

59	0	0	0	0	0	46,9	452	693	735	921	926	878	987	920	820	80	7,1	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	78,6	512	846	858	930	867	1029	900	808	723	144	35,7	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	103	435	824	893	945	955	1065	922	940	649	51,7	3,4	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	89,5	349	796	878	967	926	952	829	973	626	255	46,9	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	23,9	76,2	399	739	998	851	725	481	211	161	36	11,8	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	201	576	240	943	540	288	0	653	0	50,7	45	5	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	45,8	136	814	924	978	968	1015	978	723	77,1	32,7	11,4	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	98,2	557	653	887	769	951	1045	887	678	546	420	65,1	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	25,7	325	549	667	829	726	439	816	642	464	78	43,7	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	32,7	130	382	896	1020	975	1046	982	721	26	40,5	11,2	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	45,3	252	388	427	522	820	796	863	435	410	79,8	23,6	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	56,2	342	466	524	763	891	941	732	625	361	68,2	35,5	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	67,5	213	336	571	790	913	863	821	0	259	67,2	26,1	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	93,1	174	250	266	271	383	478	0	0	57	45	21	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	76,3	491	679	853	569	638	896	937	733	549	145	57,2	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	28,6	379	481	769	812	935	958	814	698	477	121	51,9	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	34,9	39	413	581	525	722	169	473	641	329	137	26,2	0	0	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0	45,9	108	206	843	894	961	1012	982	854	712	177	61	0	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	88,1	254	613	729	831	951	988	746	639	595	89	31,8	0	0	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0	24	697	842	966	956	898	973	921	759	517	202	43,8	0	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0	58,9	531	715	875	409	929	128	77	0	68	33	10	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	98,3	640	713	839	914	971	1021	909	162	102	40,9	15,7	0	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	59,9	512	732	850	961	932	1102	973	755	493	98,9	10,3	0	0	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	144	361	759	873	901	913	977	923	835	627	44	21,7	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	73,2	281	642	759	830	417	153	961	729	591	297	11,9	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	55,9	397	501	661	795	819	901	716	549	326	78,9	22	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	24,1	419	628	799	851	889	935	898	715	532	157	53,6	0	0	0	0	0	0	0
86	0	0	0	0	0	36,7	312	519	741	828	961	873	905	881	473	221	42,1	0	0	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0	32,7	169	457	567	649	813	877	963	781	657	186	19,3	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	49,9	328	453	769	930	981	1018	956	811	763	210	88	0	0	0	0	0	0	0

89	0	0	0	0	0	124	573	711	897	937	1007	1089	952	853	431	56,9	9,9	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	45,8	128	807	736	824	968	1024	823	711	316	64	18,2	0	0	0	0	0	0	0

Lampiran 3 Kecepatan angin

HARI	JAM																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	6,1	7,8	8,8	7,1	7,8	6,8	8,8	7,8	8,8	7,5	8,2	8,8	6,8	6,8	6,8	5,4	5,4	4,8	5,4	5,1	4,8	8,2	7,1	6,8
2	7,1	5,8	8,2	5,4	6,1	7,1	6,5	5,8	4,1	5,4	4,8	5,8	5,8	7,5	7,5	7,1	4,8	6,5	5,4	7,5	7,8	8,2	8,5	5,8
3	5,1	5,4	7,1	7,8	4,8	6,8	5,8	4,8	5,8	5,4	3,7	4,8	4,4	4,8	6,8	7,8	7,8	6,4	5,1	4,1	4,4	5,4	4,8	5,4
4	5,1	6,1	7,1	5,4	3,7	5,1	5,4	4,8	6,1	6,1	7,5	7,1	6,8	7,8	7,8	8,2	6,1	4,1	4,8	4,4	4,4	4,8	4,1	3,1
5	4,7	4,9	3,4	5,4	4,8	5,5	5,2	6,8	6,8	6,5	6,8	5,8	5,4	4,4	4,4	3,4	5,8	4,1	4,4	3,7	4,8	5,1	4,4	4,4
6	4,1	3,1	3,4	2,7	1,7	3,1	3,7	4,8	7,8	7,1	6,5	6,8	5,1	6,1	8,5	6,8	4,8	5,6	5,8	5,1	5,3	5,8	6,1	6,5
7	4,8	5,1	4,1	6,1	2,4	4,8	4,1	3,7	3,7	4,4	6,5	6,5	5,1	10,1	7,7	8,2	9,4	5,1	5,1	5,1	4,1	5,4	3,1	4,2
8	4,1	3,4	5,8	2	2,7	5,4	5,3	4,1	4,4	6,1	7,9	7,7	6,8	6,8	6,5	6,8	5,8	6,5	6,1	6,1	1,4	1	3,4	5,8
9	4,1	5,1	3,4	3,1	5,1	4,8	4,4	3,4	5,8	6,5	5,1	6,1	5,7	5,4	6,5	5,1	5,1	5,4	5,8	7,1	6,5	4,8	6,8	5,1
10	5,1	6,8	7,5	7,5	6,1	8,5	10,2	9,9	7,8	6,1	6,1	6,8	5,8	5,4	6,5	7,5	5,8	6,5	6,5	6,8	5,4	4,8	4,8	6,1
11	7,5	9,2	6,5	7,1	6,1	8,5	9,2	4,8	2,7	4,4	3,7	4,8	7,1	7,8	4,8	6,8	6,1	5,5	5,4	4,8	3,7	3,1	3,5	4,1
12	4,4	4,8	3,4	4,8	5,4	3,4	2,7	2,4	5,1	6,3	4,1	5,6	6,1	7,9	7,7	6,8	5,8	4,8	4,1	3,2	4,1	3,7	2,7	1,4
13	4,8	4,8	3,1	5,1	4,5	5,4	5,1	4,9	6,6	5,1	4,1	3,7	3,7	3,1	4,8	4,8	5,8	7,8	7,5	5,8	7,1	7,5	5,4	4,8
14	4,8	3,1	2,7	5,8	6,5	7,5	7,5	7,1	5,8	5,8	7,1	6,8	5,8	7,8	7,1	4,8	5,4	5,1	6,5	6,8	7,5	7,1	8,5	6,5
15	6,5	7,1	6,1	5,8	5,4	6,1	5,4	5,4	5,8	6,5	4,8	5,1	5,4	4,4	6,1	6,1	5,4	5,1	6,8	7,8	7,1	8,2	7,1	7,1
16	4,4	5,4	5,8	7,1	5,4	5,4	5,8	6,8	6,1	8,8	6,5	7,5	7,1	4,4	7,5	6,1	7,1	5,1	4,1	8,5	6,5	5,4	5,8	7,1
17	4,8	4,1	4,8	3,4	3,1	3,4	4,4	3,7	4,4	4,4	4,8	6,5	4,8	3,7	4,1	4,1	5,8	4,4	3,4	3,4	3,7	3,4	3,1	4,4
18	5,8	7,1	6,1	4,1	6,1	5,1	4,4	4,4	2,7	4,4	4,1	4,8	4,1	5,8	6,5	7,6	7,5	7,1	5,9	5,8	7,2	3,4	4,1	4,1
19	4,8	3,4	4,1	3,4	2,7	3,1	3,7	3,7	6,5	6,5	5,8	4,4	4,8	6,5	8,8	8,2	7,5	4,1	5,8	4,3	5,1	5,2	6,8	5,4
20	5,1	5,8	7,5	7,5	6,8	6,5	10,2	8,8	6,1	5,4	6,1	6,8	6,1	5,8	8,5	4,1	7,8	6,5	7,5	6,8	4,4	6,1	5,4	4,8
21	5,1	6,8	6,1	5,1	4,8	5,1	1	2	3,4	5,8	5,1	4,5	4,8	4,8	5,1	7,5	7,8	5,2	3,4	5,8	5,1	4,5	2	4,1
22	4,8	3,4	4,1	3,4	2,7	3,1	3,7	3,7	6,5	6,5	4,8	3,1	3,1	4,8	5,1	5,4	4,4	6,1	6,1	5,4	5,1	5,4	4,1	1
23	0,7	2	1,7	4,4	1	0,7	5,8	6,1	6,8	6,5	7,5	8,5	10,2	10,2	5,8	5,8	3,4	4,1	3,4	3,4	5,8	4,4	4,8	4,8
24	4,4	5,1	6,8	4,4	5,1	4,4	4,4	4,8	5,3	4,5	4,1	3,1	2,7	3,1	3,1	2,4	1,7	1,4	0,7	1	3,1	6,5	4,8	3,1

25	4,2	5,4	5,8	6,3	5,2	5,4	5,4	7,1	6,2	8,8	6,6	7,5	7,2	5,5	7,5	6,1	7,1	5,3	4,6	8,5	6,5	5,4	5,8	6,7
26	5,4	4,1	3,7	3,7	4,4	4,1	3,1	4,1	5,4	6,5	6,8	7,1	5,1	5,4	8,8	6,5	7,5	7,1	4,4	7,5	6,1	7,1	5,1	4,1
27	4,3	3,5	4,3	3,4	2,4	3,1	3,7	3,7	6,5	6,5	5,8	4,9	3,2	5,8	6,5	6,8	7,2	5,2	4,1	4,4	5,4	4,8	5,4	4,8
28	5,4	4,1	3,5	3,7	4,8	4,1	3,1	4,1	5,4	6,5	6,8	8,2	7,4	6,5	7,2	6,5	5,7	4,1	5,4	4,1	3,7	4,4	3,4	4,8
29	3,1	4,7	3,4	4,8	5,1	4,6	6	7,5	6,7	5,2	4,2	5,2	4,6	3,7	4,4	5,8	6,3	5,7	6,1	7,2	6,8	7,5	8,1	7,1
30	4,3	4,3	3,1	3,7	5,8	6,5	7,5	7,5	7,1	5,8	5,8	7,1	6,8	6,5	6,8	5,8	5,4	4,4	7,5	6,1	7,1	5,1	1,7	1,4
31	5,2	2,7	1,4	2	2,4	1	1,4	1	2	3,1	4,8	4,8	5,8	7,8	7,5	5,8	6,1	5,4	5,1	2	1,4	1	1,4	3,4
32	4,7	5,4	7,3	7,8	4,8	3,2	5,8	6,5	6,8	7,2	5,1	5,3	8,8	6,5	7,5	7,1	7,8	5,4	5,1	4,1	4,4	5,4	4,8	5,4
33	4,8	3,7	3,7	3,7	2	1,4	1	3,4	4,4	4,5	4,8	5,4	4,4	6,1	6,1	5,4	5,1	5,1	5,1	4,1	3,4	5,4	4,8	3,4
34	3,7	3,7	3,7	4,1	2,7	2,7	1,4	2,7	3,1	3,7	4,4	4,1	6,8	7,5	8,7	10,4	10,2	5,8	5,8	3,4	4,1	3,4	3,4	3,4
35	3,7	3,4	2,7	3,4	4,1	3,7	3,1	2,4	3,4	3,7	4,1	3,4	5,8	4,4	5,5	4,1	4,4	5,4	5,1	5,4	4,8	3,4	3,7	3,1
36	3,4	3,7	4,1	3,1	4,4	3,1	1,7	3,7	3,7	4,8	3,4	3,4	5,8	3,7	5,1	4,8	2,7	3,4	2	2,4	3,7	3,1	5,8	2,4
37	1	1	1	1,7	2,7	5,8	5,4	6,1	5,4	5,4	5,8	6,5	4,8	4,4	4,8	4,1	4,1	1,7	1,7	1,7	1,7	5,8	5,8	6,8
38	5,1	1,4	1	1,4	2	4,4	4,4	4,8	5,4	4,4	6,1	6,1	5,4	5,1	5,1	5,1	5,4	4,8	3,4	1	1	1,4	2	1,4
39	2,7	3,1	3,7	3,7	6,5	6,5	4,8	5,2	4,2	3,1	4,6	3,7	4,3	5,8	6,3	4,8	4,8	4,8	2,2	0,7	1	1,4	1	1,7
40	1,7	0,7	1,4	1,7	1,4	2,4	1	3,7	3,7	4,1	3,4	5,8	3,4	4,4	3,7	4,8	1	4,4	2,4	1,4	2,7	4,1	2,4	1,7
41	1	1	1	1	1,4	1,4	0,7	1	2,4	4,4	5,8	6,3	5,2	5,1	4,8	4,8	3,4	4,8	3,6	3,4	1,4	1,4	1,4	1,4
42	1,7	1,7	1,4	1,7	1,4	1,4	0,7	1	2	5,8	4,8	5,9	5,7	3,7	4,8	5,8	5,4	6,1	5,4	5,4	3,8	3,5	1,4	1
43	1,7	1	1,7	1,7	1,4	1,7	1	0,7	0,7	3,1	2,4	1,4	3,1	4,4	4,1	3,7	1,4	1,7	2	2	1	1,4	1,4	0,7
44	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	1	1,7	2,4	2,7	3,1	3,1	2,7	2,4	2,7	1,7	1,7	1,4	0,7	0,7	0,7	0,7	1
45	4,1	3,1	4,1	1,4	1,4	1,4	1	5,4	4,1	3,7	3,7	4,4	4,1	3,7	3,1	2,4	3,7	3,7	3,4	5,2	4,5	2,7	3,1	2
46	2,4	2,7	2	1,4	1,7	2,4	1,4	0,7	2	2,4	3,4	3,1	2,7	2,7	2,4	2,4	1,4	1,7	1	1	1,4	1,4	2	1,7
47	1,4	1,4	1,4	2	2,4	3,7	1	2	1,7	1,7	3,7	4,1	3,1	4,4	3,1	2,4	3,1	2	2	0,7	0,7	1	0,7	1,4
48	3,7	3,7	3,7	4,1	2,7	2,7	1,4	2,7	3,1	3,7	4,4	4,1	3,7	2,7	4,1	4,1	1,7	3,1	3,4	3,1	3,4	2,7	3,4	3,4
49	3,7	3,4	2,7	3,4	4,1	3,7	3,1	2,4	3,4	3,7	4,1	3,4	5,8	4,4	4,1	3,4	3,1	3,4	3,4	2,7	2,7	3,4	3,7	3,1
50	0,7	0,7	1	1	1	1,7	1	1	1,4	2	3,4	2,4	2,7	4,4	3,7	2	1,4	1	1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7
51	1,4	0,7	1,4	1,7	1,4	2,4	1	3,7	2,4	2,7	2,4	2,4	3,4	4,4	1,7	1	1	1	0,7	1	1	0,7	0,7	0,7
52	3,1	3,4	5,1	3,4	5,8	3,1	1,7	3,7	3,7	4,8	3,7	3,4	4,1	3,4	4,4	5,8	3,7	3,1	2	2,4	3,7	2,4	4,4	2,7
53	5,4	4,1	3,7	3,7	4,4	4,1	3,1	4,1	5,4	6,5	6,8	6,5	4,8	5,4	6,5	1,7	1,7	1,7	1,4	1	0,7	1	3,4	1,7
54	2,7	1,7	1,4	3,4	2,7	1,7	3,1	1,4	2,4	2,4	2,7	2	4,1	3,1	3,1	1,7	1,4	1,4	1	0,7	1,4	1,4	0,7	1

55	0,7	1,4	1,4	1,4	1	1,7	2	3,7	4,4	3,7	4,8	4,1	4,1	2,4	2,4	1,7	2,7	1,7	2,7	1	1	1,4	1,7	2,4
56	1	1	1	1,4	0,7	1	1	0,7	0,3	0,3	1,7	2,4	4,1	3,1	4,4	4,8	2	1,4	1,4	0,3	1	1,4	6,1	5,4
57	1,4	1,4	1	1	2	1	1,4	2	1,4	1,7	3,7	3,7	4,4	3,7	2,4	4,8	2	2	2	1	1	1	1,4	1,4
58	3,4	2,7	3,1	2,7	0,7	1	0,7	1	1	2	3,4	2,4	3,1	2,4	3,1	2	1	1,4	1	1,4	1	1	1	0,7
59	0,7	1	1	1	1,4	0,7	1,4	4,1	3,4	4,4	5,8	2,4	1,7	2,7	4,1	1,4	1,4	3,4	0,7	1,7	1	1	1	1,4
60	4,1	4,4	3,7	1,4	1	3,4	1,7	3,7	4,1	4,4	3,7	4,1	3,7	4,8	4,8	5,9	5,7	3,7	4,8	2,8	1,7	1,4	2	1,7
61	1	1	1,4	2	1,4	1	1	2	3,1	2,7	2,7	2,4	2,4	4,1	3,1	4,4	4,8	2	1,4	2	1,4	1,4	1	1,7
62	1,7	1,7	2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,7	4,1	3,9	4,6	4,8	4,8	1,7	1	2	3,1	0,7	1	1	1,4	1,4
63	1	2,1	3,4	4,4	2	1,4	1	1	3,1	3,4	3,1	4,1	3,4	3,1	3,1	3,4	4,4	2	1	1,4	0,7	1,4	1	1,4
64	1,7	1,4	1	1,4	1,7	1	1	1,7	3,1	2,4	4,1	3,4	4,4	2,4	3,1	5,4	5,1	4,1	4,4	5,4	4,8	4,2	1,7	1,4
65	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1	2,7	3,7	3,7	4,4	3,7	4,3	4,8	5,2	2,8	4,7	4,4	5,4	3,3	1	1	1,4	4,1
66	4,8	3,7	3,7	3,7	2	1,4	1	3,4	4,4	4,4	4,8	3,7	4,1	4,1	3,7	3,4	3,4	1,7	4,1	3,7	1,7	3,1	4,4	3,4
67	3,7	3,7	3,7	4,1	2,7	2,7	1,4	2,7	3,1	3,7	4,4	4,1	3,7	2,7	4,6	5,2	4,2	3,1	4,6	3,7	4,4	5,8	3,4	3,4
68	3,7	3,4	2,7	3,4	4,1	3,7	3,1	2,4	3,4	3,7	4,1	3,4	5,8	4,4	4,1	3,4	3,1	3,4	3,4	2,7	2,7	3,4	3,7	3,1
69	3,4	3,7	4,1	3,1	4,4	3,1	1,7	3,7	3,7	4,8	3,4	3,5	5,8	3,7	5,1	4,8	3,9	3,6	2	2,4	3,7	3,1	5,8	2,4
70	2,4	1,7	1,4	2,7	2,7	1,7	3,1	1,4	2,7	3,5	3,4	4,3	4,1	3,4	3,1	3,3	4,5	4,1	4,2	2,4	2,4	1,4	0,7	0,7
71	0,7	1,4	1,4	1,4	1	1,7	2	3,7	4,4	3,7	4,8	4,1	4,1	5,2	4,2	3,1	4,6	3,7	4,4	5,8	3,3	1,4	1,7	2,4
72	1,4	1,4	1	1	2	1	1,4	2	1,4	1,7	3,7	3,7	4,4	3,7	7,5	7,5	7,1	5,8	5,8	7,1	4,2	3,5	1,4	1,4
73	3,4	5,4	5,4	4,1	2,3	0,7	0,7	1	1,7	3,7	3,4	3,4	4,9	5,8	3,7	5,1	4,8	4,4	4,8	3,7	2,4	1	1	0,7
74	0,7	1	1	1	1,4	0,7	1,4	1,4	4,4	4,8	4,8	4,7	4,1	3,7	3,7	3,4	4,7	4,1	3,7	4,5	1	1	1	1,4
75	1,4	1	1,4	1,4	0,7	1	3,7	4,8	3,4	3,4	5,8	6,2	6,5	4,1	6,8	6,5	4,8	5,4	3,7	3,1	2,4	3,4	1,4	1,4
76	1	1	1,7	2,7	3,7	3,7	4,4	6,5	7,5	7,5	7,1	5,8	6,5	7,5	5,8	6,5	6,5	3,4	2,7	3,4	4,4	4,1	3,4	3,1
77	4,8	5,1	4,1	6,1	2,4	4,8	4,1	3,7	3,7	4,4	6,5	6,5	5,1	3,4	3,4	4,1	5,1	5,1	5,1	5,1	4,1	5,4	3,1	4,4
78	4,1	3,4	5,8	2	2,7	5,4	5,4	4,1	4,4	6,1	4,1	5,4	6,8	6,8	6,5	6,8	5,8	6,5	6,1	6,1	1,4	1	3,4	5,8
79	4,1	5,1	3,4	3,1	5,1	4,8	4,4	3,4	5,8	6,5	5,1	6,1	3,7	5,4	6,5	5,1	5,1	5,4	5,8	7,1	6,5	4,8	6,8	5,1
80	5,1	6,8	7,5	7,5	6,1	4,8	4,1	3,7	3,7	6,1	6,1	6,8	8,5	10,2	9,9	7,5	5,8	6,5	6,5	6,8	5,4	4,8	4,8	6,1
81	7,5	9,2	6,5	7,1	6,1	8,5	9,2	4,8	2,7	4,4	3,7	4,8	7,1	7,8	4,8	6,8	5,8	4,8	5,4	5,8	3,7	3,1	2,7	4,1
82	4,4	4,8	3,4	4,8	5,4	4,4	2,7	2,4	5,1	3,7	4,1	2,7	3,1	5,1	4,3	3,4	2,7	0,7	0,7	1,4	1,7	4,1	1,4	3,7
83	4,8	4,8	3,1	5,1	2,4	5,4	2,4	2,7	2,4	4,4	4,1	3,7	3,7	3,1	4,8	4,8	5,8	7,8	7,5	5,8	7,1	7,5	5,4	4,8
84	4,8	3,1	2,7	5,8	6,5	7,5	7,5	7,1	5,3	5,8	7,1	6,8	5,8	7,8	7,1	4,8	5,4	5,1	6,5	6,8	7,5	7,1	8,5	6,5

85	6,5	7,1	6,1	5,8	5,4	6,1	5,4	5,4	5,8	6,5	4,8	5,1	5,4	4,4	6,1	6,1	5,4	5,1	6,8	7,8	7,1	8,2	7,1	7,1
86	4,4	5,4	5,8	7,1	5,4	5,4	5,8	6,8	6,1	8,8	6,5	7,5	7,1	4,4	7,5	6,1	7,1	5,1	4,1	8,5	6,5	5,4	5,8	7,1
87	4,3	3,5	4,3	3,4	3,4	3,1	4,7	5,9	6,5	6,5	5,8	5,1	3,1	4,4	3,7	4,2	5,8	5,2	4,1	4,4	5,4	4,8	5,4	4,8
88	5,2	4,1	3,5	3,7	4,8	4,1	3,1	4,1	5,4	6,5	6,8	8,2	7,4	6,5	7,2	6,5	5,7	4,1	5,4	4,1	3,7	4,4	4,6	4,8
89	5,4	4,7	3,4	4,8	5,1	4,6	6	7,5	6,7	5,2	4,2	3,1	4,6	3,7	4,4	5,8	6,3	5,7	6,1	7,2	7	7,6	4,1	3,2
90	5,8	4,3	4,4	4,8	3,4	4,8	3,4	4,8	5,4	5,2	4,5	5,2	4,6	3,7	4,2	3,4	4,4	3,7	4	4,8	3,1	4,6	3,7	2,4



Lampiran 4 Spesifikasi dan performa turbin

S52 - 600 kW - POWER CURVE AND TECHNICAL SPECIFICATIONS		
OPERATING DATA	Rated power	600 kW
	Cut-in wind speed	4 m/s
	Rated wind speed	13m/s
	Cut-off wind speed	25m/s
	Survival wind speed	59.5m/sec
ROTOR	Type	3 Blades, Upwind / Horizontal axis
	Diameter	52m
	Rotational speed at rated power	24.19 rpm (fix speed machine, max over speed 28.29 rpm)
	Rotor blade material	Epoxy bonded fiber glass
	Swept area	2,124 m ²
	Power regulation	Active pitch regulated
GEARBOX	Type	One planetary stage and two helical stages
	Ratio	1:63.6
	Nominal load	660 kW
	Type of cooling	Forced oil cooling lubrication system
GENERATOR	Type	Single speed induction generator (asynchronous)
	Speed at rated power	1,539 rpm
	Rated power	600 kW
	Rated voltage	690 V AC (phase to phase)
	Frequency	50 Hz
	Insulation	Class H
	Enclosure	IP 56
	Cooling system	Air cooled
TOWER	Type	Lattice tower with bolted steel structure
	Tower height	73m
	Hub height	75m
BRAKING SYSTEM	Aerodynamic braking	3 Independent systems with blade pitching
	Mechanical braking	Electromechanical disc brake & mechanical rotor lock
YAW SYSTEM	Type	Active electrical yaw motor
	Bearing	Polyamide slide bearing
	Protection	Cable twist sensor, proximity sensor
PITCH SYSTEM	Type	3 Independent blade pitch control with battery backup for each blade
	Operating range	-5° to 90°
	Resolution	0.1° to 10 ° per sec
CONTROLLER	Suzlon Control System with following salient features:	
	• Park slave	• Power output control / limitation
	• Reactive power control	• Grid measurement
	• Low voltage ride through (LVRT)	• Weather measurement
	• Time synchronization	• Statistics
	Wind Class	II a
	Certification & standards	TC-GL-020C-2007 Rev. 1 GL standard
	Quality system	ISO 9001:2008

Performance

Wind speed [m/s]	Power [kW]
4	30
5	57
6	99
7	157
8	234
9	334
10	458
11	600

Lampiran 5 Aliran daya beban maksimum

Lampiran 5a

kondisi 1					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9883	4.397352	1.717884	0	0
Bus GI	19.72651	0	0	0	0
Bus1	18.72471	0	0	0	0
Bus2	18.7246	0	0	0.021632	0.00711
Bus3	18.7245	0	0	0.108327	0.035608
Bus4	18.64147	0	0	0	0
Bus5	18.64051	0	0	0.070823	0.023281
Bus6	18.54522	0	0	0	0
Bus7	18.54413	0	0	0.111922	0.036788
Bus8	18.46558	0	0	0.029721	0.009767
Bus9	18.35272	0	0	0	0
Bus10	18.35198	0	0	0.082665	0.027164
Bus11	18.35198	0	0	0	0
Bus12	18.35145	0	0	0.034171	0.011226
Bus13	18.3501	0	0	0.176101	0.057873
Bus14	18.34875	0	0	0.11938	0.039239
Bus15	18.34707	0	0	0.065654	0.021582
Bus16	18.34567	0	0	0.098332	0.032318
Bus17	18.28618	0	0	0.024638	0.008097
Bus18	18.26819	0	0	0	0
Bus19	18.26747	0	0	0	0
Bus20	18.17412	0	0	0	0
Bus21	18.26524	0	0	0.07554	0.02483
Bus22	18.26506	0	0	0	0
Bus23	18.2648	0	0	0.059484	0.01955
Bus24	18.26331	0	0	0.021999	0.007233
Bus25	18.26282	0	0	0.012824	0.004219
Bus26	18.2624	0	0	0.049786	0.016358
Bus27	18.26623	0	0	0	0
Bus28	18.26616	0	0	0.052666	0.017315
Bus29	18.26623	0	0	0	0
Bus30	18.17212	0	0	0.089589	0.029447
Bus31	18.17207	0	0	0.012802	0.004209
Bus32	18.16949	0	0	0.095555	0.031412
Bus33	18.16946	0	0	0.003794	0.001247
Bus34	18.16946	0	0	0	0
Bus35	18.08041	0	0	0	0
Bus36	18.08041	0	0	0	0
Bus37	18.07598	0	0	0	0

Bus38	18.07589	0	0	0.061889	0.020335
Bus39	18.03626	0	0	0	0
Bus40	18.03585	0	0	0.030734	0.010099
Bus41	18.03585	0	0	0	0
Bus42	18.02717	0	0	0	0
Bus43	18.00858	0	0	0.08752	0.028762
Bus44	18.00136	0	0	0.068284	0.022445
Bus45	17.98353	0	0	0.065828	0.021631
Bus46	17.97408	0	0	0.020073	0.006594
Bus47	17.97359	0	0	0	0
Bus48	17.97286	0	0	0.047409	0.01559
Bus49	17.96791	0	0	0	0
Bus50	17.96791	0	0	0	0
Bus51	17.96682	0	0	0	0
Bus52	17.96674	0	0	0.017383	0.005715
Bus53	17.96674	0	0	0	0
Bus54	17.96003	0	0	0.02376	0.007808
Bus55	17.95404	0	0	0.0848	0.027864
Bus56	17.93744	0	0	0.040089	0.013176
Bus57	17.92829	0	0	0.083448	0.027429
Bus58	17.92187	0	0	0	0
Bus59	17.9207	0	0	0.034514	0.011342
Bus60	17.92052	0	0	0.013339	0.004384
Bus61	17.92052	0	0	0	0
Bus62	17.91838	0	0	0	0
Bus63	17.91298	0	0	0.048671	0.015994
Bus64	17.9104	0	0	0.02218	0.007289
Bus65	17.90935	0	0	0.038944	0.012794
Bus66	18.01411	0	0	0	0
Bus67	18.00981	0	0	0.052193	0.017157
Bus68	18.00586	0	0	0.100727	0.033113
Bus69	18.00527	0	0	0	0
Bus70	18.00516	0	0	0.024801	0.008154
Bus71	18.00516	0	0	0	0
Bus72	18.00527	0	0	0	0
Bus73	17.99982	0	0	0.038777	0.012745
Bus74	17.94412	0	0	0.083514	0.027446
Bus75	17.9097	0	0	0.097487	0.032042
Bus76	17.90658	0	0	0	0
Bus77	17.90602	0	0	0.100172	0.032928
Bus78	17.90602	0	0	0	0
Bus79	17.89662	0	0	0.106552	0.035016
Bus80	17.8855	0	0	0	0
Bus81	17.87057	0	0	0	0
Bus82	17.86995	0	0	0.079562	0.026146

Bus83	17.86995	0	0	0	0
Bus84	17.86739	0	0	0	0
Bus85	17.86561	0	0	0.069494	0.022848
Bus86	17.86561	0	0	0	0
Bus87	17.86649	0	0	0.127204	0.041807
Bus88	17.86443	0	0	0.061441	0.020201
Bus89	17.86186	0	0	0.026266	0.008632
Bus90	17.85971	0	0	0.050899	0.016729
Bus91	17.85895	0	0	0.068252	0.022429
Bus92	17.85895	0	0	0	0
Bus93	17.88393	0	0	0	0
Bus94	17.88346	0	0	0.040694	0.013372
Bus95	17.88346	0	0	0	0
Bus96	17.88243	0	0	0	0
Bus97	17.88243	0	0	0	0
Bus98	17.877	0	0	0.131281	0.043159
Bus99	17.85999	0	0	0.089985	0.029577
Bus100	17.84772	0	0	0	0
Bus101	17.84637	0	0	0.044681	0.014684
Bus102	17.84491	0	0	0.033139	0.010892
Bus103	17.84491	0	0	0	0
Bus104	17.84622	0	0	0	0
Bus105	17.84601	0	0	0.017511	0.005755
Bus106	17.84601	0	0	0	0
Bus107	17.84357	0	0	0.045181	0.014851
Bus108	17.83394	0	0	0.063072	0.020727
Bus109	17.82158	0	0	0.092795	0.030496
Bus110	17.81867	0	0	0.050179	0.01649
Bus111	17.81239	0	0	0.044439	0.014607
Bus112	17.81196	0	0	0	0
Bus113	17.81174	0	0	0.035182	0.011566
Bus114	17.80985	0	0	0.088343	0.029041
Bus115	17.80985	0	0	0	0
Bus116	17.81086	0	0	0.015066	0.004953
Bus117	17.81086	0	0	0	0

Lampiran 5b

kondisi 2					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9929	4.396543	1.713865	0	0
Bus GI	19.7290	0	0	0	0
Bus1	18.7291	0	0	0	0
Bus2	18.7290	0	0	0.0216	0.0071
Bus3	18.7289	0	0	0.1083	0.0356

Bus4	18.6460	0	0	0	0
Bus5	18.6451	0	0	0.0708	0.0233
Bus6	18.5500	0	0	0	0
Bus7	18.5489	0	0	0.1119	0.0368
Bus8	18.4705	0	0	0.0297	0.0098
Bus9	18.3578	0	0	0	0
Bus10	18.3571	0	0	0.0827	0.0272
Bus11	18.3571	0	0	0	0
Bus12	18.3566	0	0	0.0342	0.0112
Bus13	18.3552	0	0	0.1761	0.0579
Bus14	18.3539	0	0	0.1194	0.0392
Bus15	18.3522	0	0	0.0657	0.0216
Bus16	18.3508	0	0	0.0983	0.0323
Bus17	18.2914	0	0	0.0246	0.0081
Bus18	18.2735	0	0	0	0
Bus19	18.2728	0	0	0	0
Bus20	18.1797	0	0	0	0
Bus21	18.2705	0	0	0.0756	0.0248
Bus22	18.2704	0	0	0	0
Bus23	18.2701	0	0	0.0595	0.0196
Bus24	18.2686	0	0	0.0220	0.0072
Bus25	18.2681	0	0	0.0128	0.0042
Bus26	18.2677	0	0	0.0498	0.0164
Bus27	18.2715	0	0	0	0
Bus28	18.2715	0	0	0.0527	0.0173
Bus29	18.2715	0	0	0	0
Bus30	18.1777	0	0	0.0896	0.0295
Bus31	18.1776	0	0	0.0128	0.0042
Bus32	18.1751	0	0	0.0956	0.0314
Bus33	18.1750	0	0	0.0038	0.0012
Bus34	18.1750	0	0	0	0
Bus35	18.0863	0	0	0	0
Bus36	18.0863	0	0	0	0
Bus37	18.0819	0	0	0	0
Bus38	18.0818	0	0	0.0619	0.0203
Bus39	18.0423	0	0	0	0
Bus40	18.0418	0	0	0.0307	0.0101
Bus41	18.0418	0	0	0	0
Bus42	18.0332	0	0	0	0
Bus43	18.0148	0	0	0.0875	0.0288
Bus44	18.0077	0	0	0.0683	0.0224
Bus45	17.9902	0	0	0.0658	0.0216
Bus46	17.9809	0	0	0.0201	0.0066
Bus47	17.9804	0	0	0	0
Bus48	17.9797	0	0	0.0474	0.0156

Bus49	17.9749	0	0	0	0
Bus50	17.9749	0	0	0	0
Bus51	17.9738	0	0	0	0
Bus52	17.9737	0	0	0.0174	0.0057
Bus53	17.9737	0	0	0	0
Bus54	17.9671	0	0	0.0238	0.0078
Bus55	17.9613	0	0	0.0848	0.0279
Bus56	17.9452	0	0	0.0401	0.0132
Bus57	17.9364	0	0	0.0835	0.0274
Bus58	17.9303	0	0	0	0
Bus59	17.9293	0	0	0.0345	0.0113
Bus60	17.9292	0	0	0.0133	0.0044
Bus61	17.9292	0	0	0	0
Bus62	17.9268	0	0	0	0
Bus63	17.9214	0	0	0.0487	0.0160
Bus64	17.9188	0	0	0.0222	0.0073
Bus65	17.9178	0	0	0.0390	0.0128
Bus66	18.0201	0	0	0	0
Bus67	18.0158	0	0	0.0522	0.0172
Bus68	18.0119	0	0	0.1007	0.0331
Bus69	18.0113	0	0	0	0
Bus70	18.0112	0	0	0.0248	0.0082
Bus71	18.0112	0	0	0	0
Bus72	18.0113	0	0	0	0
Bus73	18.0058	0	0	0.0388	0.0127
Bus74	17.9501	0	0	0.0835	0.0275
Bus75	17.9157	0	0	0.0975	0.0320
Bus76	17.9126	0	0	0	0
Bus77	17.9120	0	0	0.1002	0.0329
Bus78	17.9120	0	0	0	0
Bus79	17.9026	0	0	0.1066	0.0350
Bus80	17.8915	0	0	0	0
Bus81	17.8766	0	0	0	0
Bus82	17.8760	0	0	0.0796	0.0262
Bus83	17.8760	0	0	0	0
Bus84	17.8734	0	0	0	0
Bus85	17.8716	0	0	0.0695	0.0229
Bus86	17.8716	0	0	0	0
Bus87	17.8725	0	0	0.1272	0.0418
Bus88	17.8704	0	0	0.0615	0.0202
Bus89	17.8679	0	0	0.0263	0.0086
Bus90	17.8657	0	0	0.0509	0.0167
Bus91	17.8650	0	0	0.0683	0.0224
Bus92	17.8650	0	0	0	0
Bus93	17.8899	0	0	0	0

Bus94	17.8895	0	0	0.0407	0.0134
Bus95	17.8895	0	0	0	0
Bus96	17.8884	0	0	0	0
Bus97	17.8884	0	0	0	0
Bus98	17.8830	0	0	0.1313	0.0432
Bus99	17.8660	0	0	0.0900	0.0296
Bus100	17.8537	0	0	0	0
Bus101	17.8524	0	0	0.0447	0.0147
Bus102	17.8509	0	0	0.0331	0.0109
Bus103	17.8509	0	0	0	0
Bus104	17.8522	0	0	0	0
Bus105	17.8520	0	0	0.0175	0.0058
Bus106	17.8520	0	0	0	0
Bus107	17.8496	0	0	0.0452	0.0149
Bus108	17.8399	0	0	0.0631	0.0207
Bus109	17.8276	0	0	0.0928	0.0305
Bus110	17.8247	0	0	0.0502	0.0165
Bus111	17.8184	0	0	0.0444	0.0146
Bus112	17.8180	0	0	0	0
Bus113	17.8177	0	0	0.0352	0.0116
Bus114	17.8158	0	0	0.0884	0.0290
Bus115	17.8158	0	0	0	0
Bus116	17.8169	0	0	0.0151	0.0050
Bus117	17.8169	0	0	0	0
Bus118	17.9300	0	0	0	0
Bus119	5.6528	0.001298	0.0042	0	0

Lampiran 5c

kondisi 3					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9826	4.3944	1.7015	0	0
Bus GI	19.73094	0	0	0	0
Bus1	18.73582	0	0	0	0
Bus2	18.73572	0	0	0.021655	0.007118
Bus3	18.73561	0	0	0.108445	0.035647
Bus4	18.65311	0	0	0	0
Bus5	18.65215	0	0	0.070903	0.023307
Bus6	18.55748	0	0	0	0
Bus7	18.55639	0	0	0.112056	0.036832
Bus8	18.47837	0	0	0.029758	0.009779
Bus9	18.36627	0	0	0	0
Bus10	18.36553	0	0	0.082773	0.0272
Bus11	18.36553	0	0	0	0

Bus12	18.365	0	0	0.034216	0.011241
Bus13	18.36365	0	0	0.176333	0.057949
Bus14	18.3623	0	0	0.119537	0.03929
Bus15	18.36063	0	0	0.06574	0.021611
Bus16	18.35922	0	0	0.098461	0.032361
Bus17	18.30025	0	0	0.024671	0.008109
Bus18	18.28227	0	0	0	0
Bus19	18.28155	0	0	0	0
Bus20	18.18826	0	0	0	0
Bus21	18.27932	0	0	0.075643	0.024864
Bus22	18.27914	0	0	0	0
Bus23	18.27888	0	0	0.059566	0.019577
Bus24	18.27739	0	0	0.022029	0.007243
Bus25	18.2769	0	0	0.012842	0.004224
Bus26	18.27649	0	0	0.049854	0.01638
Bus27	18.28031	0	0	0	0
Bus28	18.28024	0	0	0.052738	0.017339
Bus29	18.28031	0	0	0	0
Bus30	18.18625	0	0	0.089711	0.029487
Bus31	18.18621	0	0	0.01282	0.004214
Bus32	18.18362	0	0	0.095685	0.031455
Bus33	18.1836	0	0	0.003799	0.001249
Bus34	18.1836	0	0	0	0
Bus35	18.0946	0	0	0	0
Bus36	18.0946	0	0	0	0
Bus37	18.09017	0	0	0	0
Bus38	18.09008	0	0	0.061974	0.020363
Bus39	18.05048	0	0	0	0
Bus40	18.05006	0	0	0.030776	0.010113
Bus41	18.05006	0	0	0	0
Bus42	18.04139	0	0	0	0
Bus43	18.02281	0	0	0.087639	0.028801
Bus44	18.01559	0	0	0.068378	0.022475
Bus45	17.99777	0	0	0.065918	0.021661
Bus46	17.98833	0	0	0.020101	0.006603
Bus47	17.98784	0	0	0	0
Bus48	17.98711	0	0	0.047474	0.015612
Bus49	17.98216	0	0	0	0
Bus50	17.98216	0	0	0	0
Bus51	17.98107	0	0	0	0
Bus52	17.98099	0	0	0.017407	0.005723
Bus53	17.98099	0	0	0	0
Bus54	17.97428	0	0	0.023793	0.007819
Bus55	17.9683	0	0	0.084915	0.027902
Bus56	17.95171	0	0	0.040144	0.013194

Bus57	17.94256	0	0	0.083562	0.027467
Bus58	17.93615	0	0	0	0
Bus59	17.93498	0	0	0.034561	0.011357
Bus60	17.9348	0	0	0.013357	0.00439
Bus61	17.9348	0	0	0	0
Bus62	17.93266	0	0	0	0
Bus63	17.92726	0	0	0.048737	0.016016
Bus64	17.92468	0	0	0.02221	0.007299
Bus65	17.92363	0	0	0.038997	0.012812
Bus66	18.02833	0	0	0	0
Bus67	18.02404	0	0	0.052265	0.017181
Bus68	18.02009	0	0	0.100864	0.033158
Bus69	18.0195	0	0	0	0
Bus70	18.01939	0	0	0.024835	0.008165
Bus71	18.01939	0	0	0	0
Bus72	18.0195	0	0	0	0
Bus73	18.01406	0	0	0.03883	0.012763
Bus74	17.95839	0	0	0.083628	0.027483
Bus75	17.92398	0	0	0.09762	0.032086
Bus76	17.92087	0	0	0	0
Bus77	17.92031	0	0	0.100309	0.032972
Bus78	17.92031	0	0	0	0
Bus79	17.91091	0	0	0.106697	0.035064
Bus80	17.8998	0	0	0	0
Bus81	17.88487	0	0	0	0
Bus82	17.88426	0	0	0.07967	0.026181
Bus83	17.88426	0	0	0	0
Bus84	17.8817	0	0	0	0
Bus85	17.87992	0	0	0.069589	0.022879
Bus86	17.87992	0	0	0	0
Bus87	17.88079	0	0	0.127378	0.041864
Bus88	17.87874	0	0	0.061525	0.020229
Bus89	17.87618	0	0	0.026302	0.008644
Bus90	17.87402	0	0	0.050969	0.016752
Bus91	17.87327	0	0	0.068345	0.02246
Bus92	17.87327	0	0	0	0
Bus93	17.89822	0	0	0	0
Bus94	17.89776	0	0	0.04075	0.01339
Bus95	17.89776	0	0	0	0
Bus96	17.89673	0	0	0	0
Bus97	17.89673	0	0	0	0
Bus98	17.8913	0	0	0.131461	0.043218
Bus99	17.8743	0	0	0.090108	0.029618
Bus100	17.86204	0	0	0	0
Bus101	17.86069	0	0	0.044742	0.014704

Bus102	17.85923	0	0	0.033185	0.010907
Bus103	17.85923	0	0	0	0
Bus104	17.86054	0	0	0	0
Bus105	17.86033	0	0	0.017535	0.005762
Bus106	17.86033	0	0	0	0
Bus107	17.85789	0	0	0.045242	0.014871
Bus108	17.84827	0	0	0.063158	0.020756
Bus109	17.83592	0	0	0.092922	0.030538
Bus110	17.83301	0	0	0.050247	0.016513
Bus111	17.82673	0	0	0.0445	0.014627
Bus112	17.8263	0	0	0	0
Bus113	17.82608	0	0	0.03523	0.011582
Bus114	17.82419	0	0	0.088463	0.029081
Bus115	17.82419	0	0	0	0
Bus116	17.8252	0	0	0.015087	0.004959
Bus117	17.8252	0	0	0	0
Bus118	18.30288	0	0	0	0
Bus119	5.770335	0.006655	0.035988	0	0

Lampiran 5d

kondisi 4					
Bus	V [kV]	P gen [MW]	Q gen [MVAR]	P load [MW]	Q load [MVAR]
Bus 0	149.9911	4.39753	1.71788	0	0
Bus GI	19.7271	0	0	0	0
Bus1	18.72736	0	0	0	0
Bus2	18.72725	0	0	0.021633	0.00711
Bus3	18.72715	0	0	0.108333	0.03561
Bus4	18.6443	0	0	0	0
Bus5	18.64334	0	0	0.070827	0.023282
Bus6	18.54826	0	0	0	0
Bus7	18.54717	0	0	0.111928	0.03679
Bus8	18.46881	0	0	0.029723	0.009767
Bus9	18.3562	0	0	0	0
Bus10	18.35546	0	0	0.08267	0.027166
Bus11	18.35546	0	0	0	0
Bus12	18.35494	0	0	0.034173	0.011227
Bus13	18.35358	0	0	0.176112	0.057877
Bus14	18.35223	0	0	0.119387	0.039241
Bus15	18.35056	0	0	0.065658	0.021584
Bus16	18.34915	0	0	0.098338	0.032321
Bus17	18.28984	0	0	0.024639	0.008098
Bus18	18.2719	0	0	0	0
Bus19	18.27121	0	0	0	0

Bus20	18.17782	0	0	0	0
Bus21	18.26898	0	0	0.075545	0.024832
Bus22	18.2688	0	0	0	0
Bus23	18.26854	0	0	0.059488	0.019551
Bus24	18.26704	0	0	0.022	0.007233
Bus25	18.26656	0	0	0.012825	0.004219
Bus26	18.26614	0	0	0.049789	0.016359
Bus27	18.27018	0	0	0	0
Bus28	18.27012	0	0	0.052669	0.017316
Bus29	18.27018	0	0	0	0
Bus30	18.17582	0	0	0.089595	0.029449
Bus31	18.17577	0	0	0.012803	0.004209
Bus32	18.17319	0	0	0.095561	0.031414
Bus33	18.17316	0	0	0.003794	0.001247
Bus34	18.17316	0	0	0	0
Bus35	18.0841	0	0	0	0
Bus36	18.0841	0	0	0	0
Bus37	18.07967	0	0	0	0
Bus38	18.07957	0	0	0.061893	0.020337
Bus39	18.03994	0	0	0	0
Bus40	18.03953	0	0	0.030736	0.0101
Bus41	18.03953	0	0	0	0
Bus42	18.03085	0	0	0	0
Bus43	18.01226	0	0	0.087525	0.028764
Bus44	18.00504	0	0	0.068289	0.022446
Bus45	17.9872	0	0	0.065832	0.021633
Bus46	17.97775	0	0	0.020075	0.006594
Bus47	17.97727	0	0	0	0
Bus48	17.97653	0	0	0.047412	0.015591
Bus49	17.97158	0	0	0	0
Bus50	17.97158	0	0	0	0
Bus51	17.97049	0	0	0	0
Bus52	17.97041	0	0	0.017384	0.005716
Bus53	17.97041	0	0	0	0
Bus54	17.9637	0	0	0.023762	0.007808
Bus55	17.95771	0	0	0.084805	0.027866
Bus56	17.9411	0	0	0.040092	0.013176
Bus57	17.93196	0	0	0.083453	0.027431
Bus58	17.92554	0	0	0	0
Bus59	17.92437	0	0	0.034516	0.011342
Bus60	17.92419	0	0	0.01334	0.004385
Bus61	17.92419	0	0	0	0
Bus62	17.92204	0	0	0	0
Bus63	17.91664	0	0	0.048674	0.015995
Bus64	17.91406	0	0	0.022181	0.00729

Bus65	17.91301	0	0	0.038947	0.012795
Bus66	18.01779	0	0	0	0
Bus67	18.01349	0	0	0.052197	0.017158
Bus68	18.00954	0	0	0.100733	0.033115
Bus69	18.00895	0	0	0	0
Bus70	18.00884	0	0	0.024802	0.008155
Bus71	18.00884	0	0	0	0
Bus72	18.00895	0	0	0	0
Bus73	18.0035	0	0	0.03878	0.012746
Bus74	17.94779	0	0	0.083519	0.027447
Bus75	17.91336	0	0	0.097493	0.032044
Bus76	17.91025	0	0	0	0
Bus77	17.90968	0	0	0.100179	0.03293
Bus78	17.90968	0	0	0	0
Bus79	17.90028	0	0	0.106559	0.035018
Bus80	17.88916	0	0	0	0
Bus81	17.87423	0	0	0	0
Bus82	17.87361	0	0	0.079567	0.026147
Bus83	17.87361	0	0	0	0
Bus84	17.87105	0	0	0	0
Bus85	17.86927	0	0	0.069499	0.022849
Bus86	17.86927	0	0	0	0
Bus87	17.87014	0	0	0.127213	0.04181
Bus88	17.86808	0	0	0.061445	0.020202
Bus89	17.86552	0	0	0.026267	0.008633
Bus90	17.86336	0	0	0.050903	0.01673
Bus91	17.86261	0	0	0.068256	0.02243
Bus92	17.86261	0	0	0	0
Bus93	17.88759	0	0	0	0
Bus94	17.88712	0	0	0.040697	0.013373
Bus95	17.88712	0	0	0	0
Bus96	17.88609	0	0	0	0
Bus97	17.88609	0	0	0	0
Bus98	17.88066	0	0	0.13129	0.043162
Bus99	17.86365	0	0	0.089991	0.029579
Bus100	17.85137	0	0	0	0
Bus101	17.85002	0	0	0.044684	0.014685
Bus102	17.84857	0	0	0.033142	0.010893
Bus103	17.84857	0	0	0	0
Bus104	17.84987	0	0	0	0
Bus105	17.84966	0	0	0.017512	0.005755
Bus106	17.84966	0	0	0	0
Bus107	17.84723	0	0	0.045184	0.014851
Bus108	17.8376	0	0	0.063076	0.020729
Bus109	17.82523	0	0	0.092802	0.030498

Bus110	17.82232	0	0	0.050182	0.016491
Bus111	17.81604	0	0	0.044442	0.014608
Bus112	17.81561	0	0	0	0
Bus113	17.81539	0	0	0.035184	0.011567
Bus114	17.8135	0	0	0.088348	0.029043
Bus115	17.8135	0	0	0	0
Bus116	17.81451	0	0	0.015067	0.004953
Bus117	17.81451	0	0	0	0
Bus118	18.27185	0	0	0	0
Bus119	1.096351	0.001979	5.9E-05	0	0

Lampiran 5e

kondisi 5					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.992	4.393751	1.701804	0	0
Bus Gl	19.73422	0	0	0	0
Bus1	18.74268	0	0	0	0
Bus2	18.74258	0	0	0.021659	0.007119
Bus3	18.74247	0	0	0.108465	0.035654
Bus4	18.66027	0	0	0	0
Bus5	18.65931	0	0	0.070917	0.023312
Bus6	18.56498	0	0	0	0
Bus7	18.56389	0	0	0.112079	0.03684
Bus8	18.48617	0	0	0.029764	0.009781
Bus9	18.37449	0	0	0	0
Bus10	18.37375	0	0	0.082793	0.027206
Bus11	18.37375	0	0	0	0
Bus12	18.37322	0	0	0.034223	0.011244
Bus13	18.37187	0	0	0.176374	0.057963
Bus14	18.37052	0	0	0.119564	0.039299
Bus15	18.36885	0	0	0.065756	0.021616
Bus16	18.36744	0	0	0.098484	0.032368
Bus17	18.30876	0	0	0.024677	0.00811
Bus18	18.29087	0	0	0	0
Bus19	18.29017	0	0	0	0
Bus20	18.19711	0	0	0	0
Bus21	18.28795	0	0	0.075662	0.02487
Bus22	18.28777	0	0	0	0
Bus23	18.28751	0	0	0.05958	0.019581
Bus24	18.28601	0	0	0.022034	0.007244
Bus25	18.28553	0	0	0.012845	0.004225
Bus26	18.28511	0	0	0.049866	0.016384
Bus27	18.28915	0	0	0	0

Bus28	18.28909	0	0	0.052751	0.017343
Bus29	18.28915	0	0	0	0
Bus30	18.19511	0	0	0.089734	0.029494
Bus31	18.19506	0	0	0.012823	0.004215
Bus32	18.19249	0	0	0.095709	0.031463
Bus33	18.19247	0	0	0.0038	0.001249
Bus34	18.19247	0	0	0	0
Bus35	18.10372	0	0	0	0
Bus36	18.10372	0	0	0	0
Bus37	18.09931	0	0	0	0
Bus38	18.09922	0	0	0.06199	0.020368
Bus39	18.05973	0	0	0	0
Bus40	18.05932	0	0	0.030784	0.010116
Bus41	18.05932	0	0	0	0
Bus42	18.05068	0	0	0	0
Bus43	18.03232	0	0	0.087664	0.028809
Bus44	18.0252	0	0	0.068397	0.022482
Bus45	18.00765	0	0	0.065937	0.021667
Bus46	17.99838	0	0	0.020107	0.006605
Bus47	17.9979	0	0	0	0
Bus48	17.99717	0	0	0.047488	0.015617
Bus49	17.99234	0	0	0	0
Bus50	17.99234	0	0	0	0
Bus51	17.99127	0	0	0	0
Bus52	17.99119	0	0	0.017412	0.005725
Bus53	17.99119	0	0	0	0
Bus54	17.98463	0	0	0.0238	0.007821
Bus55	17.97879	0	0	0.084943	0.027911
Bus56	17.96269	0	0	0.040158	0.013198
Bus57	17.95387	0	0	0.083592	0.027477
Bus58	17.9478	0	0	0	0
Bus59	17.9468	0	0	0.034574	0.011361
Bus60	17.94671	0	0	0.013362	0.004392
Bus61	17.94671	0	0	0	0
Bus62	17.94431	0	0	0	0
Bus63	17.93891	0	0	0.048756	0.016022
Bus64	17.93633	0	0	0.022219	0.007302
Bus65	17.93528	0	0	0.039012	0.012817
Bus66	18.03762	0	0	0	0
Bus67	18.03332	0	0	0.052279	0.017185
Bus68	18.02937	0	0	0.100892	0.033167
Bus69	18.02878	0	0	0	0
Bus70	18.02867	0	0	0.024841	0.008168
Bus71	18.02867	0	0	0	0
Bus72	18.02878	0	0	0	0

Bus73	18.02333	0	0	0.038841	0.012766
Bus74	17.96765	0	0	0.083651	0.027491
Bus75	17.93324	0	0	0.097647	0.032095
Bus76	17.93012	0	0	0	0
Bus77	17.92956	0	0	0.100336	0.032982
Bus78	17.92956	0	0	0	0
Bus79	17.92016	0	0	0.106727	0.035073
Bus80	17.90905	0	0	0	0
Bus81	17.89412	0	0	0	0
Bus82	17.89351	0	0	0.079692	0.026188
Bus83	17.89351	0	0	0	0
Bus84	17.89094	0	0	0	0
Bus85	17.88916	0	0	0.069608	0.022885
Bus86	17.88916	0	0	0	0
Bus87	17.89004	0	0	0.127413	0.041875
Bus88	17.88798	0	0	0.061541	0.020234
Bus89	17.88542	0	0	0.026309	0.008646
Bus90	17.88326	0	0	0.050983	0.016757
Bus91	17.88251	0	0	0.068364	0.022466
Bus92	17.88251	0	0	0	0
Bus93	17.90747	0	0	0	0
Bus94	17.90701	0	0	0.040761	0.013394
Bus95	17.90701	0	0	0	0
Bus96	17.90598	0	0	0	0
Bus97	17.90598	0	0	0	0
Bus98	17.90055	0	0	0.131496	0.04323
Bus99	17.88355	0	0	0.090133	0.029626
Bus100	17.87128	0	0	0	0
Bus101	17.86993	0	0	0.044754	0.014708
Bus102	17.86847	0	0	0.033194	0.01091
Bus103	17.86847	0	0	0	0
Bus104	17.86978	0	0	0	0
Bus105	17.86957	0	0	0.01754	0.005764
Bus106	17.86957	0	0	0	0
Bus107	17.86713	0	0	0.045255	0.014875
Bus108	17.85751	0	0	0.063175	0.020761
Bus109	17.84515	0	0	0.092948	0.030546
Bus110	17.84224	0	0	0.050261	0.016517
Bus111	17.83597	0	0	0.044512	0.014631
Bus112	17.83553	0	0	0	0
Bus113	17.83531	0	0	0.03524	0.011585
Bus114	17.83342	0	0	0.088488	0.029089
Bus115	17.83342	0	0	0	0
Bus116	17.83444	0	0	0.015091	0.004961
Bus117	17.83444	0	0	0	0

Bus118	18.31105	0	0	0	0
Bus119	5.772903	0.006654	0.035988	0	0
Bus120	18.29083	0	0	0	0
Bus121	1.097495	0.001979	5.9E-05	0	0
Bus122	17.94747	0	0	0	0
Bus123	5.658163	0.001297	0.0042	0	0



Lampiran 6 Aliran daya beban minimum

Lampiran 6a

kondisi 1					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9840	1.2268	0.4241	0	0
Bus GI	19.9338	0	0	0	0
Bus1	19.6799	0	0	0	0
Bus2	19.6798	0	0	0.01026	0.003375
Bus3	19.6798	0	0	0.02061	0.00678
Bus4	19.6586	0	0	0	0
Bus5	19.6583	0	0	0.021952	0.007216
Bus6	19.6341	0	0	0	0
Bus7	19.6339	0	0	0.021952	0.007216
Bus8	19.6137	0	0	0.01368	0.0045
Bus9	19.5848	0	0	0	0
Bus10	19.5846	0	0	0.02746	0.00902
Bus11	19.5846	0	0	0	0
Bus12	19.5846	0	0	0.01192	0.00392
Bus13	19.5843	0	0	0.0343	0.011275
Bus14	19.5839	0	0	0.02746	0.00902
Bus15	19.5835	0	0	0.02292	0.00753
Bus16	19.5832	0	0	0.021952	0.007216
Bus17	19.5675	0	0	0.01026	0.003375
Bus18	19.5628	0	0	0	0
Bus19	19.5626	0	0	0	0
Bus20	19.5384	0	0	0	0
Bus21	19.5621	0	0	0.021952	0.007216
Bus22	19.5621	0	0	0	0
Bus23	19.5620	0	0	0.01368	0.0045
Bus24	19.5617	0	0	0.00684	0.00225
Bus25	19.5616	0	0	0.00171	0.00056
Bus26	19.5614	0	0	0.01368	0.0045
Bus27	19.5622	0	0	0	0
Bus28	19.5621	0	0	0.021952	0.007216
Bus29	19.5622	0	0	0	0
Bus30	19.5378	0	0	0.021952	0.007216
Bus31	19.5377	0	0	0.01368	0.0045
Bus32	19.5372	0	0	0.02746	0.00902
Bus33	19.5372	0	0	0.00342	0.001125
Bus34	19.5372	0	0	0	0
Bus35	19.5143	0	0	0	0
Bus36	19.5143	0	0	0	0
Bus37	19.5131	0	0	0	0

Bus38	19.5131	0	0	0.02746	0.00902
Bus39	19.5030	0	0	0	0
Bus40	19.5029	0	0	0.00684	0.00225
Bus41	19.5029	0	0	0	0
Bus42	19.5007	0	0	0	0
Bus43	19.4955	0	0	0.02061	0.00678
Bus44	19.4933	0	0	0.021952	0.007216
Bus45	19.4881	0	0	0.021952	0.007216
Bus46	19.4853	0	0	0.01368	0.0045
Bus47	19.4852	0	0	0	0
Bus48	19.4848	0	0	0.02746	0.00902
Bus49	19.4837	0	0	0	0
Bus50	19.4837	0	0	0	0
Bus51	19.4834	0	0	0	0
Bus52	19.4834	0	0	0.00477	0.00157
Bus53	19.4834	0	0	0	0
Bus54	19.4816	0	0	0.00684	0.00225
Bus55	19.4801	0	0	0.021952	0.007216
Bus56	19.4756	0	0	0.01368	0.0045
Bus57	19.4731	0	0	0.021952	0.007216
Bus58	19.4712	0	0	0	0
Bus59	19.4708	0	0	0.01368	0.0045
Bus60	19.4707	0	0	0.00684	0.00225
Bus61	19.4707	0	0	0	0
Bus62	19.4703	0	0	0	0
Bus63	19.4688	0	0	0.01368	0.0045
Bus64	19.4681	0	0	0.00684	0.00225
Bus65	19.4678	0	0	0.01368	0.0045
Bus66	19.4975	0	0	0	0
Bus67	19.4966	0	0	0.01368	0.0045
Bus68	19.4958	0	0	0.021952	0.007216
Bus69	19.4957	0	0	0	0
Bus70	19.4956	0	0	0.00684	0.00225
Bus71	19.4956	0	0	0	0
Bus72	19.4957	0	0	0	0
Bus73	19.4939	0	0	0.01026	0.003375
Bus74	19.4799	0	0	0.021952	0.007216
Bus75	19.4712	0	0	0.021952	0.007216
Bus76	19.4704	0	0	0	0
Bus77	19.4703	0	0	0.021952	0.007216
Bus78	19.4703	0	0	0	0
Bus79	19.4678	0	0	0.02061	0.00678
Bus80	19.4648	0	0	0	0
Bus81	19.4613	0	0	0	0
Bus82	19.4611	0	0	0.021952	0.007216

Bus83	19.4611	0	0	0	0
Bus84	19.4605	0	0	0	0
Bus85	19.4601	0	0	0.021952	0.007216
Bus86	19.4601	0	0	0	0
Bus87	19.4603	0	0	0.02746	0.00902
Bus88	19.4598	0	0	0.022515	0.007395
Bus89	19.4591	0	0	0.00684	0.00225
Bus90	19.4586	0	0	0.01368	0.0045
Bus91	19.4584	0	0	0.021952	0.007216
Bus92	19.4584	0	0	0	0
Bus93	19.4644	0	0	0	0
Bus94	19.4642	0	0	0.021952	0.007216
Bus95	19.4642	0	0	0	0
Bus96	19.4640	0	0	0	0
Bus97	19.4640	0	0	0	0
Bus98	19.4624	0	0	0.079375	0.0261
Bus99	19.4585	0	0	0.021952	0.007216
Bus100	19.4556	0	0	0	0
Bus101	19.4553	0	0	0.01368	0.0045
Bus102	19.4550	0	0	0.00684	0.00225
Bus103	19.4550	0	0	0	0
Bus104	19.4552	0	0	0	0
Bus105	19.4552	0	0	0.00684	0.00225
Bus106	19.4552	0	0	0	0
Bus107	19.4546	0	0	0.01368	0.0045
Bus108	19.4524	0	0	0.02318	0.00762
Bus109	19.4497	0	0	0.021952	0.007216
Bus110	19.4490	0	0	0.01368	0.0045
Bus111	19.4476	0	0	0.01368	0.0045
Bus112	19.4475	0	0	0	0
Bus113	19.4475	0	0	0.01026	0.003375
Bus114	19.4471	0	0	0.021952	0.007216
Bus115	19.4471	0	0	0	0
Bus116	19.4473	0	0	0.00342	0.001125
Bus117	19.4473	0	0	0	0

Lampiran 6b

kondisi 2					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9911	1.2267	0.4241	0	0
Bus GI	19.9352	0	0	0	0
Bus1	19.6817	0	0	0	0
Bus2	19.6817	0	0	0.01026	0.003375

Bus3	19.6817	0	0	0.02061	0.00678
Bus4	19.6605	0	0	0	0
Bus5	19.6602	0	0	0.021952	0.007216
Bus6	19.6360	0	0	0	0
Bus7	19.6358	0	0	0.021952	0.007216
Bus8	19.6156	0	0	0.01368	0.0045
Bus9	19.5868	0	0	0	0
Bus10	19.5867	0	0	0.02746	0.00902
Bus11	19.5867	0	0	0	0
Bus12	19.5866	0	0	0.01192	0.00392
Bus13	19.5864	0	0	0.0343	0.011275
Bus14	19.5859	0	0	0.02746	0.00902
Bus15	19.5855	0	0	0.02292	0.00753
Bus16	19.5852	0	0	0.021952	0.007216
Bus17	19.5695	0	0	0.01026	0.003375
Bus18	19.5649	0	0	0	0
Bus19	19.5647	0	0	0	0
Bus20	19.5405	0	0	0	0
Bus21	19.5642	0	0	0.021952	0.007216
Bus22	19.5641	0	0	0	0
Bus23	19.5641	0	0	0.01368	0.0045
Bus24	19.5637	0	0	0.00684	0.00225
Bus25	19.5636	0	0	0.00171	0.00056
Bus26	19.5635	0	0	0.01368	0.0045
Bus27	19.5642	0	0	0	0
Bus28	19.5642	0	0	0.021952	0.007216
Bus29	19.5642	0	0	0	0
Bus30	19.5399	0	0	0.021952	0.007216
Bus31	19.5399	0	0	0.01368	0.0045
Bus32	19.5393	0	0	0.02746	0.00902
Bus33	19.5393	0	0	0.00342	0.001125
Bus34	19.5393	0	0	0	0
Bus35	19.5165	0	0	0	0
Bus36	19.5165	0	0	0	0
Bus37	19.5153	0	0	0	0
Bus38	19.5153	0	0	0.02746	0.00902
Bus39	19.5052	0	0	0	0
Bus40	19.5052	0	0	0.00684	0.00225
Bus41	19.5052	0	0	0	0
Bus42	19.5029	0	0	0	0
Bus43	19.4977	0	0	0.02061	0.00678
Bus44	19.4957	0	0	0.021952	0.007216
Bus45	19.4905	0	0	0.021952	0.007216
Bus46	19.4877	0	0	0.01368	0.0045
Bus47	19.4876	0	0	0	0

Bus48	19.4872	0	0	0.02746	0.00902
Bus49	19.4861	0	0	0	0
Bus50	19.4861	0	0	0	0
Bus51	19.4859	0	0	0	0
Bus52	19.4858	0	0	0.00477	0.00157
Bus53	19.4858	0	0	0	0
Bus54	19.4841	0	0	0.00684	0.00225
Bus55	19.4826	0	0	0.021952	0.007216
Bus56	19.4782	0	0	0.01368	0.0045
Bus57	19.4758	0	0	0.021952	0.007216
Bus58	19.4740	0	0	0	0
Bus59	19.4736	0	0	0.01368	0.0045
Bus60	19.4735	0	0	0.00684	0.00225
Bus61	19.4735	0	0	0	0
Bus62	19.4730	0	0	0	0
Bus63	19.4716	0	0	0.01368	0.0045
Bus64	19.4709	0	0	0.00684	0.00225
Bus65	19.4706	0	0	0.01368	0.0045
Bus66	19.4997	0	0	0	0
Bus67	19.4988	0	0	0.01368	0.0045
Bus68	19.4980	0	0	0.021952	0.007216
Bus69	19.4979	0	0	0	0
Bus70	19.4979	0	0	0.00684	0.00225
Bus71	19.4979	0	0	0	0
Bus72	19.4979	0	0	0	0
Bus73	19.4961	0	0	0.01026	0.003375
Bus74	19.4822	0	0	0.021952	0.007216
Bus75	19.4735	0	0	0.021952	0.007216
Bus76	19.4727	0	0	0	0
Bus77	19.4726	0	0	0.021952	0.007216
Bus78	19.4726	0	0	0	0
Bus79	19.4701	0	0	0.02061	0.00678
Bus80	19.4671	0	0	0	0
Bus81	19.4635	0	0	0	0
Bus82	19.4634	0	0	0.021952	0.007216
Bus83	19.4634	0	0	0	0
Bus84	19.4628	0	0	0	0
Bus85	19.4623	0	0	0.021952	0.007216
Bus86	19.4623	0	0	0	0
Bus87	19.4626	0	0	0.02746	0.00902
Bus88	19.4620	0	0	0.022515	0.007395
Bus89	19.4614	0	0	0.00684	0.00225
Bus90	19.4608	0	0	0.01368	0.0045
Bus91	19.4606	0	0	0.021952	0.007216
Bus92	19.4606	0	0	0	0

Bus93	19.4666	0	0	0	0
Bus94	19.4664	0	0	0.021952	0.007216
Bus95	19.4664	0	0	0	0
Bus96	19.4662	0	0	0	0
Bus97	19.4662	0	0	0	0
Bus98	19.4647	0	0	0.079375	0.0261
Bus99	19.4607	0	0	0.021952	0.007216
Bus100	19.4578	0	0	0	0
Bus101	19.4575	0	0	0.01368	0.0045
Bus102	19.4573	0	0	0.00684	0.00225
Bus103	19.4573	0	0	0	0
Bus104	19.4575	0	0	0	0
Bus105	19.4574	0	0	0.00684	0.00225
Bus106	19.4574	0	0	0	0
Bus107	19.4569	0	0	0.01368	0.0045
Bus108	19.4546	0	0	0.02318	0.00762
Bus109	19.4519	0	0	0.021952	0.007216
Bus110	19.4513	0	0	0.01368	0.0045
Bus111	19.4499	0	0	0.01368	0.0045
Bus112	19.4498	0	0	0	0
Bus113	19.4497	0	0	0.01026	0.003375
Bus114	19.4493	0	0	0.021952	0.007216
Bus115	19.4493	0	0	0	0
Bus116	19.4496	0	0	0.00342	0.001125
Bus117	19.4496	0	0	0	0
Bus118	19.4737	0	0	0	0
Bus119	6.1352	0.000362	0.0042	0	0

Lampiran 6c

kondisi 3					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9903	1.2268	0.4240	0	0
Bus GI	19.9395	0	0	0	0
Bus1	19.6907	0	0	0	0
Bus2	19.6907	0	0	0.01026	0.003375
Bus3	19.6906	0	0	0.02061	0.00678
Bus4	19.6698	0	0	0	0
Bus5	19.6695	0	0	0.021952	0.007216
Bus6	19.6458	0	0	0	0
Bus7	19.6456	0	0	0.021952	0.007216
Bus8	19.6257	0	0	0.01368	0.0045
Bus9	19.5974	0	0	0	0
Bus10	19.5972	0	0	0.02746	0.00902

Bus11	19.5972	0	0	0	0
Bus12	19.5972	0	0	0.01192	0.00392
Bus13	19.5969	0	0	0.0343	0.011275
Bus14	19.5965	0	0	0.02746	0.00902
Bus15	19.5961	0	0	0.02292	0.00753
Bus16	19.5958	0	0	0.021952	0.007216
Bus17	19.5805	0	0	0.01026	0.003375
Bus18	19.5758	0	0	0	0
Bus19	19.5756	0	0	0	0
Bus20	19.5514	0	0	0	0
Bus21	19.5751	0	0	0.021952	0.007216
Bus22	19.5751	0	0	0	0
Bus23	19.5750	0	0	0.01368	0.0045
Bus24	19.5746	0	0	0.00684	0.00225
Bus25	19.5745	0	0	0.00171	0.00056
Bus26	19.5744	0	0	0.01368	0.0045
Bus27	19.5752	0	0	0	0
Bus28	19.5751	0	0	0.021952	0.007216
Bus29	19.5752	0	0	0	0
Bus30	19.5508	0	0	0.021952	0.007216
Bus31	19.5507	0	0	0.01368	0.0045
Bus32	19.5502	0	0	0.02746	0.00902
Bus33	19.5502	0	0	0.00342	0.001125
Bus34	19.5502	0	0	0	0
Bus35	19.5273	0	0	0	0
Bus36	19.5273	0	0	0	0
Bus37	19.5261	0	0	0	0
Bus38	19.5261	0	0	0.02746	0.00902
Bus39	19.5160	0	0	0	0
Bus40	19.5159	0	0	0.00684	0.00225
Bus41	19.5159	0	0	0	0
Bus42	19.5137	0	0	0	0
Bus43	19.5085	0	0	0.02061	0.00678
Bus44	19.5064	0	0	0.021952	0.007216
Bus45	19.5011	0	0	0.021952	0.007216
Bus46	19.4983	0	0	0.01368	0.0045
Bus47	19.4982	0	0	0	0
Bus48	19.4978	0	0	0.02746	0.00902
Bus49	19.4967	0	0	0	0
Bus50	19.4967	0	0	0	0
Bus51	19.4964	0	0	0	0
Bus52	19.4964	0	0	0.00477	0.00157
Bus53	19.4964	0	0	0	0
Bus54	19.4947	0	0	0.00684	0.00225
Bus55	19.4931	0	0	0.021952	0.007216

Bus56	19.4886	0	0	0.01368	0.0045
Bus57	19.4861	0	0	0.021952	0.007216
Bus58	19.4842	0	0	0	0
Bus59	19.4838	0	0	0.01368	0.0045
Bus60	19.4837	0	0	0.00684	0.00225
Bus61	19.4837	0	0	0	0
Bus62	19.4833	0	0	0	0
Bus63	19.4819	0	0	0.01368	0.0045
Bus64	19.4811	0	0	0.00684	0.00225
Bus65	19.4808	0	0	0.01368	0.0045
Bus66	19.5105	0	0	0	0
Bus67	19.5096	0	0	0.01368	0.0045
Bus68	19.5088	0	0	0.021952	0.007216
Bus69	19.5087	0	0	0	0
Bus70	19.5087	0	0	0.00684	0.00225
Bus71	19.5087	0	0	0	0
Bus72	19.5087	0	0	0	0
Bus73	19.5069	0	0	0.01026	0.003375
Bus74	19.4930	0	0	0.021952	0.007216
Bus75	19.4843	0	0	0.021952	0.007216
Bus76	19.4835	0	0	0	0
Bus77	19.4834	0	0	0.021952	0.007216
Bus78	19.4834	0	0	0	0
Bus79	19.4809	0	0	0.02061	0.00678
Bus80	19.4779	0	0	0	0
Bus81	19.4743	0	0	0	0
Bus82	19.4742	0	0	0.021952	0.007216
Bus83	19.4742	0	0	0	0
Bus84	19.4736	0	0	0	0
Bus85	19.4731	0	0	0.021952	0.007216
Bus86	19.4731	0	0	0	0
Bus87	19.4734	0	0	0.02746	0.00902
Bus88	19.4728	0	0	0.022515	0.007395
Bus89	19.4722	0	0	0.00684	0.00225
Bus90	19.4716	0	0	0.01368	0.0045
Bus91	19.4714	0	0	0.021952	0.007216
Bus92	19.4714	0	0	0	0
Bus93	19.4774	0	0	0	0
Bus94	19.4772	0	0	0.021952	0.007216
Bus95	19.4772	0	0	0	0
Bus96	19.4770	0	0	0	0
Bus97	19.4770	0	0	0	0
Bus98	19.4755	0	0	0.079375	0.0261
Bus99	19.4715	0	0	0.021952	0.007216
Bus100	19.4686	0	0	0	0

Bus101	19.4684	0	0	0.01368	0.0045
Bus102	19.4681	0	0	0.00684	0.00225
Bus103	19.4681	0	0	0	0
Bus104	19.4683	0	0	0	0
Bus105	19.4682	0	0	0.00684	0.00225
Bus106	19.4682	0	0	0	0
Bus107	19.4677	0	0	0.01368	0.0045
Bus108	19.4654	0	0	0.02318	0.00762
Bus109	19.4627	0	0	0.021952	0.007216
Bus110	19.4621	0	0	0.01368	0.0045
Bus111	19.4607	0	0	0.01368	0.0045
Bus112	19.4606	0	0	0	0
Bus113	19.4605	0	0	0.01026	0.003375
Bus114	19.4601	0	0	0.021952	0.007216
Bus115	19.4601	0	0	0	0
Bus116	19.4604	0	0	0.00342	0.001125
Bus117	19.4604	0	0	0	0
Bus118	19.5822	0	0	0	0
Bus119	6.1730	0.001855	0.035988	0	0

Lampiran 6d

kondisi 4					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9912	1.2256	0.4241	0	0
Bus GI	19.9360	0	0	0	0
Bus1	19.6851	0	0	0	0
Bus2	19.6851	0	0	0.01026	0.003375
Bus3	19.6850	0	0	0.02061	0.00678
Bus4	19.6641	0	0	0	0
Bus5	19.6638	0	0	0.021952	0.007216
Bus6	19.6399	0	0	0	0
Bus7	19.6397	0	0	0.021952	0.007216
Bus8	19.6197	0	0	0.01368	0.0045
Bus9	19.5912	0	0	0	0
Bus10	19.5910	0	0	0.02746	0.00902
Bus11	19.5910	0	0	0	0
Bus12	19.5910	0	0	0.01192	0.00392
Bus13	19.5907	0	0	0.0343	0.011275
Bus14	19.5903	0	0	0.02746	0.00902
Bus15	19.5899	0	0	0.02292	0.00753
Bus16	19.5896	0	0	0.021952	0.007216
Bus17	19.5741	0	0	0.01026	0.003375
Bus18	19.5695	0	0	0	0

Bus19	19.5694	0	0	0	0
Bus20	19.5451	0	0	0	0
Bus21	19.5689	0	0	0.021952	0.007216
Bus22	19.5688	0	0	0	0
Bus23	19.5688	0	0	0.01368	0.0045
Bus24	19.5684	0	0	0.00684	0.00225
Bus25	19.5683	0	0	0.00171	0.00056
Bus26	19.5682	0	0	0.01368	0.0045
Bus27	19.5692	0	0	0	0
Bus28	19.5692	0	0	0.021952	0.007216
Bus29	19.5692	0	0	0	0
Bus30	19.5445	0	0	0.021952	0.007216
Bus31	19.5445	0	0	0.01368	0.0045
Bus32	19.5439	0	0	0.02746	0.00902
Bus33	19.5439	0	0	0.00342	0.001125
Bus34	19.5439	0	0	0	0
Bus35	19.5210	0	0	0	0
Bus36	19.5210	0	0	0	0
Bus37	19.5198	0	0	0	0
Bus38	19.5198	0	0	0.02746	0.00902
Bus39	19.5097	0	0	0	0
Bus40	19.5096	0	0	0.00684	0.00225
Bus41	19.5096	0	0	0	0
Bus42	19.5074	0	0	0	0
Bus43	19.5022	0	0	0.02061	0.00678
Bus44	19.5000	0	0	0.021952	0.007216
Bus45	19.4948	0	0	0.021952	0.007216
Bus46	19.4920	0	0	0.01368	0.0045
Bus47	19.4919	0	0	0	0
Bus48	19.4915	0	0	0.02746	0.00902
Bus49	19.4904	0	0	0	0
Bus50	19.4904	0	0	0	0
Bus51	19.4901	0	0	0	0
Bus52	19.4901	0	0	0.00477	0.00157
Bus53	19.4901	0	0	0	0
Bus54	19.4883	0	0	0.00684	0.00225
Bus55	19.4868	0	0	0.021952	0.007216
Bus56	19.4822	0	0	0.01368	0.0045
Bus57	19.4798	0	0	0.021952	0.007216
Bus58	19.4779	0	0	0	0
Bus59	19.4775	0	0	0.01368	0.0045
Bus60	19.4774	0	0	0.00684	0.00225
Bus61	19.4774	0	0	0	0
Bus62	19.4770	0	0	0	0
Bus63	19.4755	0	0	0.01368	0.0045

Bus64	19.4748	0	0	0.00684	0.00225
Bus65	19.4745	0	0	0.01368	0.0045
Bus66	19.5042	0	0	0	0
Bus67	19.5033	0	0	0.01368	0.0045
Bus68	19.5025	0	0	0.021952	0.007216
Bus69	19.5024	0	0	0	0
Bus70	19.5023	0	0	0.00684	0.00225
Bus71	19.5023	0	0	0	0
Bus72	19.5024	0	0	0	0
Bus73	19.5006	0	0	0.01026	0.003375
Bus74	19.4866	0	0	0.021952	0.007216
Bus75	19.4779	0	0	0.021952	0.007216
Bus76	19.4771	0	0	0	0
Bus77	19.4770	0	0	0.021952	0.007216
Bus78	19.4770	0	0	0	0
Bus79	19.4745	0	0	0.02061	0.00678
Bus80	19.4715	0	0	0	0
Bus81	19.4680	0	0	0	0
Bus82	19.4678	0	0	0.021952	0.007216
Bus83	19.4678	0	0	0	0
Bus84	19.4672	0	0	0	0
Bus85	19.4667	0	0	0.021952	0.007216
Bus86	19.4667	0	0	0	0
Bus87	19.4670	0	0	0.02746	0.00902
Bus88	19.4665	0	0	0.022515	0.007395
Bus89	19.4658	0	0	0.00684	0.00225
Bus90	19.4653	0	0	0.01368	0.0045
Bus91	19.4651	0	0	0.021952	0.007216
Bus92	19.4651	0	0	0	0
Bus93	19.4711	0	0	0	0
Bus94	19.4709	0	0	0.021952	0.007216
Bus95	19.4709	0	0	0	0
Bus96	19.4706	0	0	0	0
Bus97	19.4706	0	0	0	0
Bus98	19.4691	0	0	0.079375	0.0261
Bus99	19.4652	0	0	0.021952	0.007216
Bus100	19.4623	0	0	0	0
Bus101	19.4620	0	0	0.01368	0.0045
Bus102	19.4617	0	0	0.00684	0.00225
Bus103	19.4617	0	0	0	0
Bus104	19.4619	0	0	0	0
Bus105	19.4619	0	0	0.00684	0.00225
Bus106	19.4619	0	0	0	0
Bus107	19.4613	0	0	0.01368	0.0045
Bus108	19.4591	0	0	0.02318	0.00762

Bus109	19.4564	0	0	0.021952	0.007216
Bus110	19.4557	0	0	0.01368	0.0045
Bus111	19.4543	0	0	0.01368	0.0045
Bus112	19.4542	0	0	0	0
Bus113	19.4542	0	0	0.01026	0.003375
Bus114	19.4538	0	0	0.021952	0.007216
Bus115	19.4538	0	0	0	0
Bus116	19.4540	0	0	0.00342	0.001125
Bus117	19.4540	0	0	0	0
Bus118	19.5711	0	0	0	0
Bus119	1.1748	0.001979	5.9E-05	0	0

Lampiran 6e

kondisi 5					
Bus	V	P gen	Q gen	P load	Q load
	[kV]	[MW]	[MVAR]	[MW]	[MVAR]
Bus 0	149.9904	1.2251	0.4037	0	0
Bus GI	19.9412	0	0	0	0
Bus1	19.6957	0	0	0	0
Bus2	19.6957	0	0	0.01026	0.003375
Bus3	19.6957	0	0	0.02061	0.00678
Bus4	19.6752	0	0	0	0
Bus5	19.6749	0	0	0.021952	0.007216
Bus6	19.6515	0	0	0	0
Bus7	19.6513	0	0	0.021952	0.007216
Bus8	19.6317	0	0	0.01368	0.0045
Bus9	19.6038	0	0	0	0
Bus10	19.6036	0	0	0.02746	0.00902
Bus11	19.6036	0	0	0	0
Bus12	19.6035	0	0	0.01192	0.00392
Bus13	19.6033	0	0	0.0343	0.011275
Bus14	19.6029	0	0	0.02746	0.00902
Bus15	19.6025	0	0	0.02292	0.00753
Bus16	19.6022	0	0	0.021952	0.007216
Bus17	19.5871	0	0	0.01026	0.003375
Bus18	19.5825	0	0	0	0
Bus19	19.5824	0	0	0	0
Bus20	19.5582	0	0	0	0
Bus21	19.5819	0	0	0.021952	0.007216
Bus22	19.5818	0	0	0	0
Bus23	19.5818	0	0	0.01368	0.0045
Bus24	19.5814	0	0	0.00684	0.00225
Bus25	19.5813	0	0	0.00171	0.00056
Bus26	19.5812	0	0	0.01368	0.0045

Bus27	19.5822	0	0	0	0
Bus28	19.5822	0	0	0.021952	0.007216
Bus29	19.5822	0	0	0	0
Bus30	19.5576	0	0	0.021952	0.007216
Bus31	19.5575	0	0	0.01368	0.0045
Bus32	19.5570	0	0	0.02746	0.00902
Bus33	19.5570	0	0	0.00342	0.001125
Bus34	19.5570	0	0	0	0
Bus35	19.5341	0	0	0	0
Bus36	19.5341	0	0	0	0
Bus37	19.5330	0	0	0	0
Bus38	19.5329	0	0	0.02746	0.00902
Bus39	19.5229	0	0	0	0
Bus40	19.5228	0	0	0.00684	0.00225
Bus41	19.5228	0	0	0	0
Bus42	19.5206	0	0	0	0
Bus43	19.5154	0	0	0.02061	0.00678
Bus44	19.5133	0	0	0.021952	0.007216
Bus45	19.5081	0	0	0.021952	0.007216
Bus46	19.5054	0	0	0.01368	0.0045
Bus47	19.5052	0	0	0	0
Bus48	19.5049	0	0	0.02746	0.00902
Bus49	19.5038	0	0	0	0
Bus50	19.5038	0	0	0	0
Bus51	19.5035	0	0	0	0
Bus52	19.5035	0	0	0.00477	0.00157
Bus53	19.5035	0	0	0	0
Bus54	19.5018	0	0	0.00684	0.00225
Bus55	19.5002	0	0	0.021952	0.007216
Bus56	19.4958	0	0	0.01368	0.0045
Bus57	19.4934	0	0	0.021952	0.007216
Bus58	19.4916	0	0	0	0
Bus59	19.4912	0	0	0.01368	0.0045
Bus60	19.4911	0	0	0.00684	0.00225
Bus61	19.4911	0	0	0	0
Bus62	19.4907	0	0	0	0
Bus63	19.4892	0	0	0.01368	0.0045
Bus64	19.4885	0	0	0.00684	0.00225
Bus65	19.4882	0	0	0.01368	0.0045
Bus66	19.5174	0	0	0	0
Bus67	19.5165	0	0	0.01368	0.0045
Bus68	19.5157	0	0	0.021952	0.007216
Bus69	19.5156	0	0	0	0
Bus70	19.5155	0	0	0.00684	0.00225
Bus71	19.5155	0	0	0	0

Bus72	19.5156	0	0	0	0
Bus73	19.5138	0	0	0.01026	0.003375
Bus74	19.4998	0	0	0.021952	0.007216
Bus75	19.4911	0	0	0.021952	0.007216
Bus76	19.4903	0	0	0	0
Bus77	19.4902	0	0	0.021952	0.007216
Bus78	19.4902	0	0	0	0
Bus79	19.4877	0	0	0.02061	0.00678
Bus80	19.4847	0	0	0	0
Bus81	19.4812	0	0	0	0
Bus82	19.4811	0	0	0.021952	0.007216
Bus83	19.4811	0	0	0	0
Bus84	19.4804	0	0	0	0
Bus85	19.4800	0	0	0.021952	0.007216
Bus86	19.4800	0	0	0	0
Bus87	19.4802	0	0	0.02746	0.00902
Bus88	19.4797	0	0	0.022515	0.007395
Bus89	19.4791	0	0	0.00684	0.00225
Bus90	19.4785	0	0	0.01368	0.0045
Bus91	19.4783	0	0	0.021952	0.007216
Bus92	19.4783	0	0	0	0
Bus93	19.4843	0	0	0	0
Bus94	19.4841	0	0	0.021952	0.007216
Bus95	19.4841	0	0	0	0
Bus96	19.4839	0	0	0	0
Bus97	19.4839	0	0	0	0
Bus98	19.4824	0	0	0.079375	0.0261
Bus99	19.4784	0	0	0.021952	0.007216
Bus100	19.4755	0	0	0	0
Bus101	19.4752	0	0	0.01368	0.0045
Bus102	19.4750	0	0	0.00684	0.00225
Bus103	19.4750	0	0	0	0
Bus104	19.4752	0	0	0	0
Bus105	19.4751	0	0	0.00684	0.00225
Bus106	19.4751	0	0	0	0
Bus107	19.4745	0	0	0.01368	0.0045
Bus108	19.4723	0	0	0.02318	0.00762
Bus109	19.4696	0	0	0.021952	0.007216
Bus110	19.4689	0	0	0.01368	0.0045
Bus111	19.4675	0	0	0.01368	0.0045
Bus112	19.4674	0	0	0	0
Bus113	19.4674	0	0	0.01026	0.003375
Bus114	19.4670	0	0	0.021952	0.007216
Bus115	19.4670	0	0	0	0
Bus116	19.4672	0	0	0.00342	0.001125

Bus117	19.4672	0	0	0	0
Bus118	19.5888	0	0	0	0
Bus119	6.1751	0.001854	0.035988	0	0
Bus120	19.5842	0	0	0	0
Bus121	1.1756	0.001979	5.9E-05	0	0
Bus122	19.4913	0	0	0	0
Bus123	6.1407	0.000362	0.0042	0	0



Lampiran 7 Single line dan gambar rangkaian Penyulang Pujon

122

