

ANALISIS KESTABILAN FREKUENSI AKIBAT PENGINTEGRASIAN PLTS 20MW PADA SISTEM KELISTRIKAN LOMBOK

¹ Yohanes Latumahina, ² Abraham Lomi ³ Awan Uji Krismanto

^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹ yohaneslatumahia@gmail.com, ² abraham@lecturer.itn.ac.id, ³ awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi surya atau energi matahari dengan cara mengintegrasikan Sel Surya atau *Photo Voltaic*. Mengintegrasikan sel surya kedalam jaringan merupakan salah satu langkah dalam menjaga kontinuitas serta ketersediaan pasokan listrik dalam skala besar pada sistem interkoneksi supaya sebuah sistem tidak mengalami penurunan stabilitas performa. *Software* DigSILENT Power Factory 14.1 digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisa pengaruh integrasi PLTS terhadap kestabilan frekuensi pada sistem kelistrikan Lombok

Kata Kunci: DigSILENT, PLTS, Kestabilan Frekuensi

I. PENDAHULUAN

Pada era revolusi industri 4.0 seperti yang terjadi sekarang menyebabkan semakin banyaknya tuntutan kebutuhan energi dalam berbagai sektor. Energi listrik menjadi sebuah kebutuhan yang primer untuk segala aspek kehidupan, sehingga menyebabkan tuntutan akan kualitas energi listrik yang baik juga semakin naik. Tantangan yang terjadi adalah dimana terjadi perubahan beban yang sangat bervariasi yang nantinya akan membawa dampak bagi kestabilan sebuah sistem.

Tuntutan akan energi listrik tersebut tidak dibarengi dengan ketersediaan cadangan bahan bakar fosil yang memadai sehingga diperlukan adanya energi alternatif sebagai penggantinya. Salah satu jenis Energi Baru Terbarukan (EBT) yang paling diminati sekarang adalah Sel Surya / *Photo Voltaic* (PV) yang diintegrasikan menjadi sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Tidak diragukan lagi bahwa energi surya adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi, dan juga sumber energinya banyak tersedia di alam [1].

Mengintegrasikan sel surya ke dalam jaringan merupakan salah satu langkah dalam menjaga kontinuitas serta ketersediaan pasokan listrik dalam skala besar pada sistem interkoneksi supaya sebuah sistem tidak mengalami penurunan stabilitas dalam performanya. [2] Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* DigSILENT Power Factory 14.1.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Fotovoltaik adalah suatu alat yang dapat mengubah energi surya (foton) menjadi listrik arus searah. Kemudian listrik arus searah diubah menjadi arus bolak-balik sesuai dengan sistem tegangan dan frekuensi setempat. Suatu PLTS memiliki komponen utama yaitu: panel surya (fotovoltaik), inverter dan baterai [3].

PLTS tidak memiliki daya konstan (*non capacity value generation sistem*) karena kapasitas keluarannya tergantung pada tingkat radiasi matahari yang selalu berubah setiap waktu. PLTS dinilai dari seberapa banyak energi yang bisa dihasilkan, bukan seberapa besar dayanya, kecuali pada sistem yang memiliki *storage sistem*. Oleh sebab itu, kapasitas suatu PLTS ditentukan oleh besarnya konsumsi energi suatu beban dalam suatu periode, yaitu dengan menggunakan harga rata-rata suatu beban pada suatu lokasi dalam periodenya. [4]

PV sebagai komponen utama dari PLTS mempunyai karakteristik pembangkitan yang tidak menentu, hal ini didasarkan bahwa PV untuk membangkitkan daya ia sangat bergantung pada cuaca di sekitarnya. [5]

B. DigSILENT PowerFactory

Program perhitungan DigSILENT PowerFactory, adalah *software* rekayasa yang berguna untuk analisis industri, utilitas, dan analisis sistem tenaga listrik.

DIGSILENT(Digital Simulation and Electrical Network calculation program) Versi 15.1.7 merupakan perangkat lunak analisis sistem tenaga yang pertama di dunia yang terintegrasi dengan grafis antar muka satu baris, diagram satu baris interaktif juga termasuk fungsi menggambar, kemampuan mengedit dan semua relevan statis dan dinamis fitur perhitungan. Beberapa fungsi yang tersedia dalam DIGSILENT PowerFactory adalah analisis aliran beban (*loadflow analysis*), perhitungan arus pendek (*shortcircuit calculation*), analisis harmonik (*harmonic analysis*), koordinasi proteksi (*protection coordination*), perhitungan stabilitas (*stability calculation*) dan analisis modal (*modal analysis*).

C. Kestabilan Frekuensi

Pada sistem tenaga listrik, frekuensi merupakan indikator dari keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dengan total beban sistem. Frekuensi sistem akan turun bila terjadi kekurangan pembangkitan atau kelebihan beban. Penurunan frekuensi yang besar dapat mengakibatkan kegagalan-kegagalan unit-unit pembangkitan secara beruntun yang menyebabkan kegagalan sistem secara total.

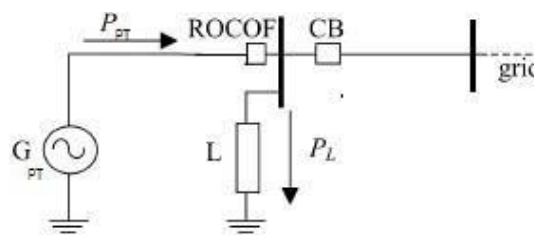
Salah satu karakteristik pada sistem tenaga listrik yang sangat penting untuk dijaga kestabilannya adalah frekuensi. Pentingnya menjaga frekuensi berkaitan erat dengan upaya untuk menyediakan sumber energi yang berkualitas bagi konsumen. Pasokan energi dengan frekuensi yang berkualitas baik akan menghindarkan peralatan konsumen dari kerusakan (umumnya alat hanya dirancang untuk dapat bekerja secara optimal pada batasan frekuensi tertentu saja 50 s.d 60 Hz).[6]

Stabilitas frekuensi mengacu pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan frekuensi stabil ketika sistem terjadi ketidakseimbangan yang signifikan antara pembangkit dan beban. Stabilitas frekuensi dapat bersifat jangka pendek dan jangka panjang. Untuk jangka pendek dapat berupa pembentukan dari sebuah sistem wilayah dengan kondisi undergenerasi yang mempunyai pemutusan beban atau *load shedding* yang kurang sehingga mengakibatkan frekuensi runtuh dengan cepat dan terjadi *blackout* pada wilayah itu dalam beberapa detik. Untuk jangka panjang merupakan situasi yang lebih kompleks dimana ketidakstabilan dapat disebabkan oleh kontrol-kontrol *overspeed* turbin uap atau boiler/ perlindungan dan kontrol-kontrol reaktor dengan jangka waktu dari puluhan detik hingga beberapa menit [7].

D. ROCOF

ROCOF adalah singkatan dari *Rate of Change of Frequency*. Relai ROCOF bekerja jika perubahan frekuensi (df/dt) yang dirasakan lebih besar dari setting. Prinsip kerja relai ROCOF dapat dijelaskan dengan menggunakan Gambar 1. Saat jaringan distribusi terhubung ke grid, grid akan mengirim/menerima daya ke/dari jaringan distribusi tergantung perbandingan keluaran PT (GPT) dan konsumsi beban lokal (L). Jika Grid terputus karena beroperasinya CB, maka frekuensi di jaringan distribusi akan berubah. Perubahan frekuensi tergantung pada besar

ketidakseimbangan antara daya yang dikeluarkan PT dan beban lokal saat grid terputus. Makin besar ketidakseimbangan makin besar perubahan frekuensi. Jika daya keluaran PT lebih besar dari beban lokal, maka frekuensi akan naik dan sebaliknya jika daya keluaran PT lebih kecil dari beban lokal, maka frekuensi akan turun.[8]



Gambar 1. Sistem Dengan ROCOF

Permasalahan timbul jika keluaran PT sama dengan beban lokal saat grid terputus, sehingga tidak akan terjadi perubahan frekuensi dan relai ROCOF akan gagal mendeteksi terjadinya *islanding*. Demikian juga pada saat keluaran PT hanya sedikit berbeda dengan beban lokal dimana perubahan frekuensi yang terjadi lebih rendah dari setting relai ROCOF. Kondisi *islanding* yang tak terdeteksi ini disebut zona tak terdeteksi seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Zona tak terdeteksi dapat diperkecil dengan cara menurunkan setting. Semakin kecil setting, semakin sempit zona *islanding* yang tak terdeteksi.

Peningkatan sensitivitas relai ROCOF dengan membuat setting yang lebih rendah menimbulkan permasalahan stabilitas relai. Setting yang rendah membuat relai trip untuk berbagai perubahan frekuensi yang terjadi sistem yang bukan merupakan kejadian *islanding*. Misalnya generator berkapasitas cukup besar terlepas dari sistem, sistem kehilangan beban atau gangguan hubung singkat di jaringan distribusi. Karena itu diperlukan kompromi antara sensitivitas dan stabilitas relai ROCOF. Kompromi akan cenderung ke arah stabilitas jika kapasitas PT yang menggunakan relai ROCOF di sistem tenaga semakin signifikan. Misalnya, jika sebuah pembangkit terlepas, perubahan frekuensi yang dihasilkannya dapat memicu terlepasnya PT-PT yang ada di jaringan-jaringan distribusi sistem tersebut. Hal ini akan memperburuk kondisi kekurangan pembangkitan dan tentunya stabilitas sistem tenaga dan dapat memicu *blackout*. Mengingat pentingnya menjaga sekuriti sistem tenaga, maka relai ROCOF dibuat tidak terlalu sensitif. Seperti kondisi di Inggris, dimana setting relai ROCOF telah dinaikkan dari 0,125 Hz/s menjadi 0,5-1 Hz/s [9]

Ada berbagai *measuring windows* yang digunakan oleh relai ROCOF untuk menghitung perubahan frekuensi (df/dt), biasanya antara 2 *cycles* sampai 100 *cycles*[6]. Sebagai ilustrasi, perhitungan df/dt untuk 3 *cycles measuring windows* adalah [8]:

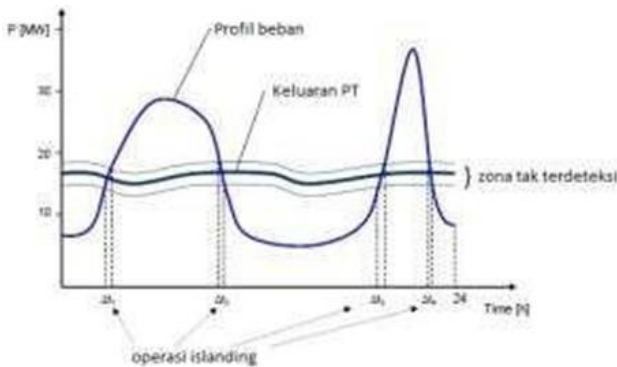
$$\frac{df}{dt} = \frac{f_n - f_{n-3}}{t_{3cycles}}$$

Dimana :

f_n = frekuensi saat cycle ke n (Hz)

f_{n-3} = frekuensi saat cycle ke n-3

$t_{3 \text{ cycles}}$ = waktu untuk 3 cycles (detik)



Gambar 2. Zone Operasi Sistem Islanding

III. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Pengambilan Data

Pada penelitian ini, lokasi pengambilan data kelistrikan yang berasal dari PT. PLN (Persero) Wilayah Lombok.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan langkah – Langkah sebagai berikut:

a. Kajian Literatur

Yaitu kajian Pustaka untuk mempelajari teori – teori mengenai penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Referensi berupa buku - buku maupun jurnal yang ada dan berhubungan dengan penelitian ini.

b. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah data jaringan interkoneksi area Lombok, data beban tersalurkan, *single line diagram* interkoneksi area Lombok.

c. Analisa

Data yang diperoleh akan dijadikan sebagai acuan untuk mensimulasikan dan menganalisa efek dari pemasangan atau penambahan PV pada saluran transmisi di Lombok. Simulasi akan menggunakan *software DigSilent*.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menganalisa *Stability Frequency* pada sistem jaringan distribusi Lombok.

Penelitian ini dilakukan di PT. VENA ENERGI INDONESIA Wilayah Lombok untuk menganalisa *Stability Frequency* di daerah tertentu di sistem Lombok.

1. Mulai

2. Mengambil data dan gambar single line diagram sistem transmisi di PT. PLN Wilayah Lombok
3. Memodelkan sistem transmisi menggunakan *Software DigSilent*
4. Analisa kestabilan pada sistem transmisi Lombok
5. Mengatur setting pada relai ROCOF
6. Ketika nilai frekuensi tidak sesuai dengan set relai ROCOF, maka relai ROCOF akan mengirimkan trip sinyal ke CB
7. Menganalisa kestabilan frekuensi pada sistem transmisi setelah pemasangan relai ROCOF
8. Melakukan perbandingan kestabilan sebelum dan sesudah pemasangan relai ROCOF
9. Selesai.

Uji Sistem IEEE

Perlindungan LOM diperlukan saat pembangkit yang terintegrasi (misalnya pembangkit terbarukan) digunakan dalam sistem tenaga. Area jaringan listrik kadang-kadang akan diisolasi dari jaringan yang lebih luas baik sengaja untuk pemeliharaan atau tidak sengaja karena suatu kesalahan. Oleh karena itu, relai LOM (antiislanding) diperlukan untuk memutuskan sambungan energi terbarukan lokal ketika jaringan yang lebih luas tidak tersedia. Hal ini dilakukan dengan membuat asumsi bahwa jaringan tersinkronisasi yang lebih luas memiliki frekuensi yang lebih stabil daripada sub-jaringan kecil yang terisolasi. Oleh karena itu, laju perubahan frekuensi dapat digunakan dalam relai proteksi untuk mendeteksi LOM dan menghentikan energi terbarukan untuk memastikan perlindungan personel teknik.[10]

Peraturan baru untuk ambang batas perjalanan LOM di Inggris [11] mencerminkan masalah ini dan ambang batas perjalanan telah dilonggarkan dari 0,125 Hz / s menjadi 1 Hz/s dalam upaya untuk mengurangi biaya intervensi operator untuk mempertahankan frekuensi variasi.

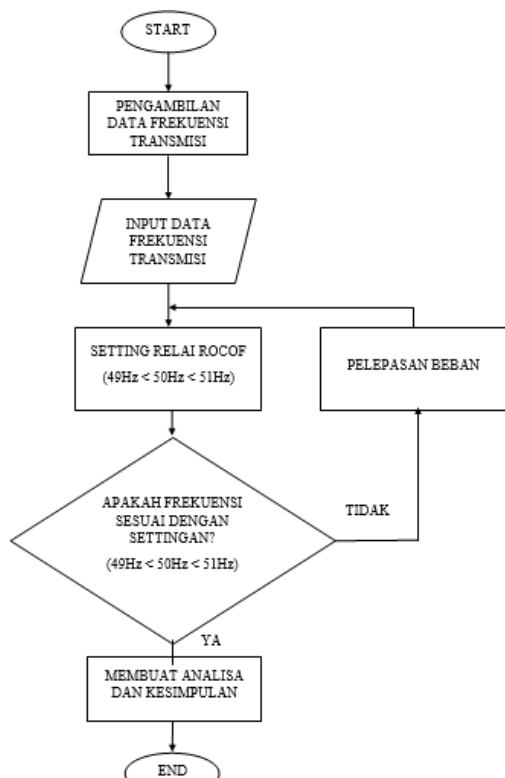
Akurasi LOM dan persyaratan latensi memperhitungkan kebutuhan berbagai sumber dan menyimpulkan spesifikasi berikut untuk ROCOF untuk LOM:

- Kesalahan maksimum 0,1 Hz / dtk
- Penundaan pengukuran tidak lebih dari 250 ms [12]

Uji Sistem Kelistrikan Lombok

Proses penelitian meliputi, Pengumpulan data baik primer maupun sekunder. Pengolahan data sebelum digunakan dalam simulasi yaitu mengolah data-durasi operasi, durasi gangguan, dan kali gangguan pada pembangkit dan saluran transmisi pada bulan Januari sampai Desember tahun 2020. Membuat skenario pelepasan unit pembangkit dan/atau saluran transmisi pada sistem kelistrikan Lombok. Melakukan simulasi aliran daya dengan *DigSilent v.15.1.7* untuk dapat mensimulasikan jaringan saat keadaan normal dan kontingensi.

Flowchart Analisa Pengaruh PV Terhadap *Frequency Stability*

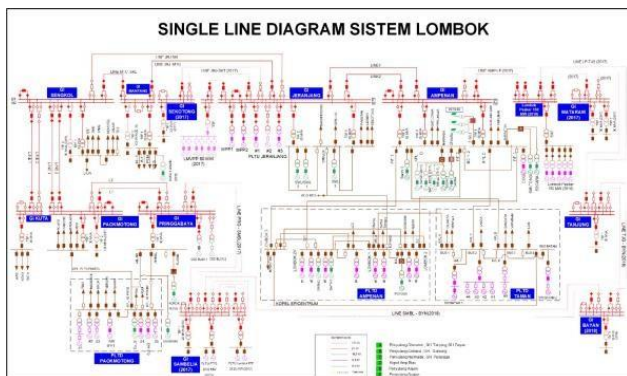


Gambar 3. Flowchart Penyelesaian Masalah

IV. SIMULASI DAN ANALISA

1. Perencanaan simulasi

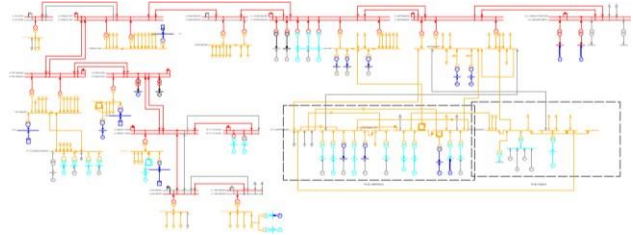
Perencanaan simulasi yang dilakukan yaitu simulasi kestabilan frekuensi sistem kelistrikan Lombok dengan integrasi PLTS. Analisa kestabilan frekuensi merupakan Analisa aliran daya yang dilakukan pada tiap tiap bus pada sistem. Analisa kestabilan frekuensi yang dilakukan yakni untuk melihat kondisi frekuensi sistem



Gambar 4. Sistem Kelistrikan Lombok

2. Data sistem kelistrikan Lombok

Sistem kelistrikan Lombok merupakan sistem interkoneksi se pulau Lombok yang terdiri dari pembangkit pembangkit berbeda-beda yang tersebar di seluruh pulau Lombok. Penelitian ini menggunakan data dari PT.PLN (Persero) wilayah Lombok, adapun data yang diperoleh adalah data single line diagram

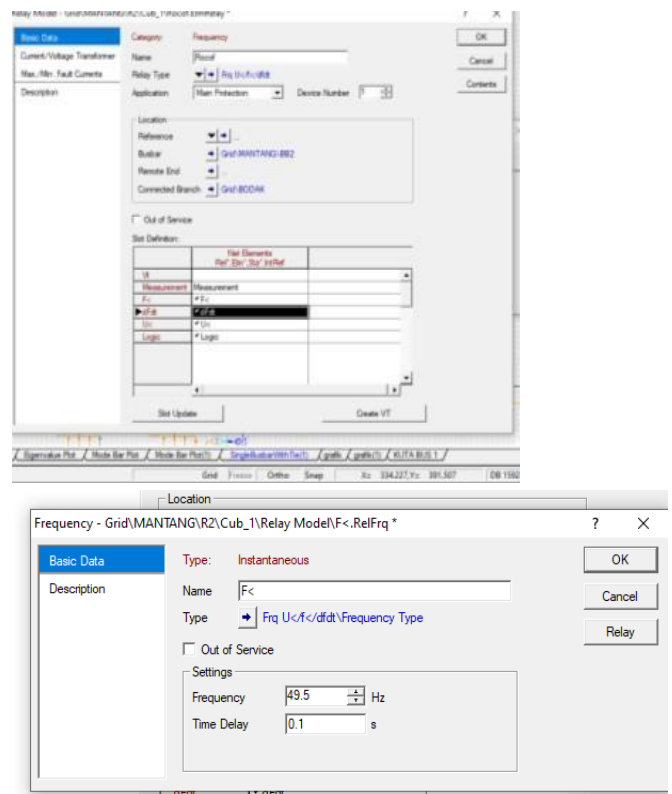


Gambar 5. Single Line System

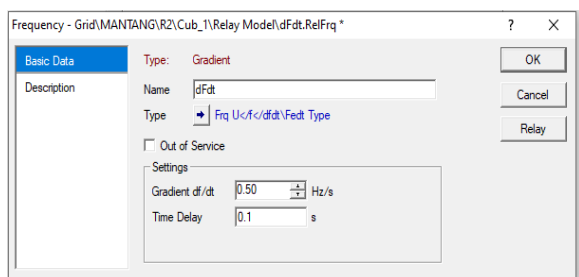
a. Simulasi Kestabilan Frekuensi

Simulasi yang dilakukan yaitu simulasi kestabilan frekuensi menggunakan relay Rocof.

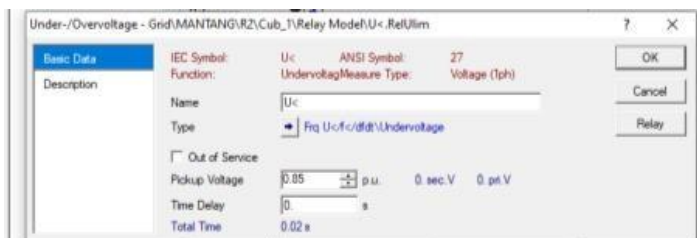
a) Setting nilai pada relay Rocof



Gambar 6. Setting nilai (F<) pada relay RocoF

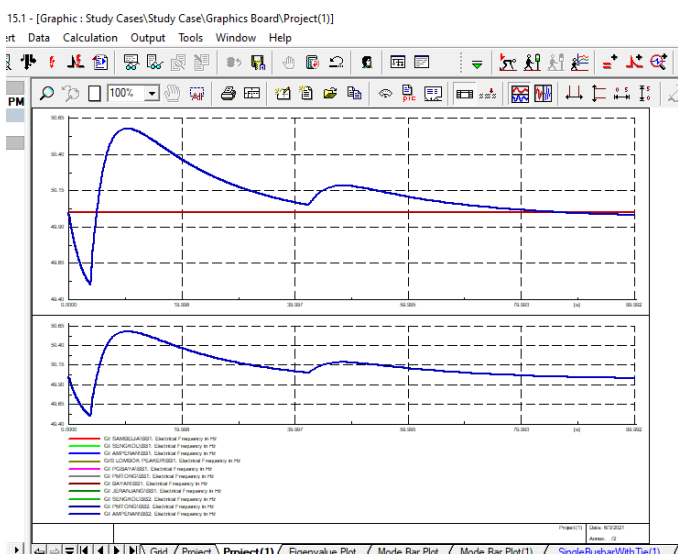


Gambar 7. setting nilai dfdt pada relayRocof



Gambar 8. setting nilai (U<) pada relayrocof

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, bahwa penambahan relay rocof pada sistem kelistrikan Lombok dapat menjaga kestabilan listrik pada integrasi PV.



Gambar 9. Hasil simulasi kestabilan sistem

Kondisi kestabilan frekuensi pada sistem kelistrikan Lombok mengalami kenaikan frekuensi dari 50 Hz menjadi 50,55 Hz. Walaupun mengalami kenaikan frekuensi, setelah beberapa detik frekuensi cenderung stabil dan masih dalam batas toleransi frekuensi listrik di Indonesia

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Pemasangan relay Rocof pada sistem kelistrikan Lombok dapat menjaga kestabilan frekuensi pada saat terjadi gangguan pada jaringan listrik.
- Kondisi kestabilan frekuensi pada sistem kelistrikan Lombok mengalami kenaikan frekuensi dari 50 Hz menjadi 50,55 Hz. Walaupun mengalami kenaikan frekuensi, setelah beberapa detik frekuensi cenderung stabil dan masih dalam batas toleransi frekuensi listrik di Indonesia.
- Saat frekuensi turun pada nilai 49.5 relay Rocof akan bekerja melepas beban sehingga frekuensi akan kembali naik di rentang nilai 50 Hz

Saran

Pembuatan penelitian ini tidak lepas dari kekurangan, maka dari itu untuk mengembang sistem agar lebih baik lagi saran penulis adalah :

- Menambahkan LFC (Load Frequency Control) pada sistem sehingga ketikaterjadi perubahan frekuensi sistem tidak akan langsung melakukan pelepasan beban atau pembangkit
- Data-data dari PLN perlu diperbaharui lagi berdasarkan sistem yang terus berkembang setiap saat, agar lebih akurat dalam kelanjutan penelitian ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Rahayuningtyas, A., Kuala, S.I., dan Apriyanto, F., (2014), Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan, *Prosiding SnaPP 2014 Sains, Teknologi, dan Kesehatan*, pp. 223-230
- A. U. Krismanto, N. Mithulananthan, and I. Kamwa, "Oscillatory stability assessment of microgrid in autonomous operation with uncertainties," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 12, no. 4, pp. 494– 504,2018, doi: 10.1049/iet-rpg.2017.0579.
- Michael Boxwell. *The Solar Electricity Handbook: A Simple, Practical Guide to Solar Energy - Designing and Installing Photovoltaic Solar Electric Systems*, Ed. ke-6. Warwickshire,UK: Greenstream Publishing, 2012
- Sianipar, Rafael. 2014. "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya", Jurnal. Jakarta : Universitas Trisakti.
- X. Buqiong and L. Yan, "Study on the Impact of PV Connection to Grid on Power Flow Based on Time Series Output Characteristics," *Chinese Control Conf. CCC*, vol. 2018-July, pp. 8991–8993, 2018, doi: 10.23919/ChiCC.2018.8483748.

- [6]. Arifai, Muhammad, dkk. 2017. Analisis Kestabilan Frekuensi Dan Tegangan Sistem Tenaga Listrik Pt. Aneka Tambang (Persero) Tbk Ubpn Sulawesi Tenggara. Universitas Hasanuddin. Makassar
- [7]. [prabha kundur] power system stability and control.pdf. MCGraw-Hill, Inc., 1994
- [8]. Adrianti. 2017. "Pemilihan Relai Proteksi Anti Island Untuk Pembangkit Tersebar". Universitas Andalas. Kota Padang, Sumatera Barat
- [9]. A. Dysko, I. Abdulhadi, X. Li, and C. Booth, "Assessment of Risk Resulting from the Adjustment of ROCOF Based Loss of Mains Protection Settings, Phase I " University of Strathclyde, Glasgow 2013.
- [10]. Wright, Paul. 2016. Standard tests and requirements for rate-of-change of frequency (ROCOF) measurements in smart grids. EURAMET
- [11]. OFGEM, "Distribution Code: DC0079 - Frequency Changes during Large Disturbances and their Impact on the Total System", published 15 Dec. 2017, Available on-line at: https://www.ofgem.gov.uk/system/files/docs/2017/12/dc0079_d.pdf, Accessed 21 July 2017," London,UK, 2017.
- [12]. Wright, Paul. 2016. Evaluation report on the problem of ROCOF measurement in the context of actual use cases and the "wish list" of accuracy and latency from an end-user point of view. EURAMET.
- [13]. IEEE, "IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems -- Amendment 1: Modification of Selected Performance Requirements," C37.118.1a- 2014.
- [14]. IEEE, "IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems," 2011, C37.118.1- 2011.