

Analisa Probabilistik Kestabilan Tegangan Akibat Integrasi Pembangkit PV pada Sistem Kelistrikan Lombok

¹ Hafizhul Ayyasi Khairullah, Abraham Lomi, ³ Awan Uji Krismanto

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

¹yoshimitshu45.ym@gmail.com, ² abraham@lecturer.itn.ac.id, ³e awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisa pengaruh integrasi pembangkit listrik Photovoltaic pada kestabilan tegangan sistem transmisi dengan metode probabilistik yang terjadi pada sistem kelistrikan di Lombok, Nusa Tenggara Barat. Analisa hasil probabilitas radiasi matahari yang berdampak pada profil tegangan pada sistem transmisi. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh jumlah instalasi Photovoltaic pada sistem transmisi berpengaruh pada profil tegangan. Dengan analisis menggunakan metode probabilitas dapat disimpulkan bahwa profil tegangan memiliki fluktuasi dan berdampak pada kestabilan tegangan sistem kelistrikan Lombok.

Kata Kunci: Pembangkit Photovoltaic, Kestabilan tegangan, Probabilitas, Fluktuasi tegangan

I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi milenial, kebutuhan akan listrik dirasakan sangat penting. Karena listrik merupakan kebutuhan sekunder yang sangat berpengaruh bagi kehidupan manusia di era milenial ini, menyebabkan permintaan listrik meningkat tinggi, kualitas energi listrik juga harus dipenuhi. Perubahan peningkatan beban dan daya pembangkit berdampak pada stabilitas sistem. Perubahan signifikan dapat menyebabkan sistem mengalami masalah stabilitas.

Baru-baru ini, peningkatan tingkat penetrasi pembangkit PV meningkatkan kekhawatiran terhadap utilitas karena kemungkinan dampak negatif pada stabilitas sistem tenaga listrik seperti yang berspekulasi oleh sejumlah penelitian. Pembangkitan listrik dari matahari memiliki tantangan karena ketersediaan matahari di permukaan bumi tergantung pada posisi matahari yang bervariasi karena perbedaan garis lintang.[1][2]

Tegangan dianggap sebagai indeks penting karena pengaruhnya terhadap stabilitas dan keamanan sistem. Variasi dalam P dan Q mempengaruhi tegangan di semua bus dalam sistem juga. Oleh karena itu, analisis stabilitas tegangan dapat diterapkan untuk membuat keputusan apakah

tingkat tegangan di semua bus berada pada tingkat yang dapat diterima atau tidak.[3][4]

Stabilitas tegangan sistem tenaga mengacu pada semua bus dalam sistem yang dapat mempertahankan tegangan tetap setelah mengalami gangguan. Namun, dari sudut pandang perencanaan dan pengoperasian sistem, analisis stabilitas tegangan adalah untuk menemukan jarak sistem ke penurunan tegangan dalam operasi normal dan untuk mengidentifikasi daerah yang tegangannya lemah ketika tegangan turun. Hal ini disebut stabilitas tegangan statis.[5]

Makalah ini berkonsentrasi pada analisis instalasi pembangkit PV di Lombok, Nusa Tenggara Barat, yang berlokasi di Sengkol, Pringgabaya, dan Paokmotong dengan kapasitas 3 x 5 MW. Dengan mengintegrasikan PV secara berurutan dan akan dilakukan dengan mengacak kapasitas radiasi PV untuk menganalisis profil tegangan sistem transmisi.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Stabilitas Tegangan

Stabilitas tegangan berkaitan dengan kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan yang dapat diterima di semua bus dalam sistem dalam kondisi normal dan setelah mengalami gangguan. Sistem memasuki kondisi ketidakstabilan tegangan ketika terjadi gangguan, peningkatan permintaan beban, atau perubahan kondisi sistem yang menyebabkan penurunan tegangan yang progresif dan tidak terkendali. Faktor utama yang menyebabkan ketidakstabilan adalah ketidakmampuan sistem daya untuk memenuhi permintaan daya reaktif.[4]

B. Probabilitas Aliran Daya Elektrik

Aliran daya probabilistik (PLF) berdasarkan metode numerik (seperti simulasi Monte Carlo) atau metode analitik (seperti teknik konvolusi) dikembangkan pada 1970-an untuk

menangani ketidakpastian sistem tenaga karena variasi dalam variabel jaringan listrik.[6]

Muatan bus aktif adalah variabel acak independen dan sistem transmisi diwakili oleh model jaringan DC (sehingga aliran daya reaktif diabaikan). Prosedur pengiriman pembangkitan dimodelkan dengan mengalokasikan variasi dari total muatan listrik untuk bus pembangkitan. Karena variabel beban listrik aktif di setiap bus diasumsikan independen, fungsi densitas probabilitas dari arus rangkaian dapat dihitung dengan serangkaian konvolusi. Kemudian, metode dasar ini diperpanjang dan juga diterapkan pada model jaringan AC.[7]

Fungsi distribusi probabilistik diperkirakan dari data iradiasi matahari yang dikumpulkan masing-masing menggunakan fungsi distribusi Gaussian mixture.[8] Model gaussian mixture berguna untuk memodelkan data yang berasal dari salah satu dari beberapa kelompok-kelompok mungkin berbeda satu sama lain, tetapi titik data dalam kelompok yang sama dapat dimodelkan dengan baik oleh distribusi Gaussian.[6] Rumus untuk menentukan nilai Gaussian, yaitu :

$$PX(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Variabel x menyatakan nilai dari variabel acak dan untuk variabel μ menunjukkan harapan dari sebuah percobaan, untuk variabel σ^2 atau σ menyatakan standar deviasi. Untuk beberapa rumus berbeda, disini diuliskan dengan :

$$P_x(x) = N(x; \mu, \sigma^2) \quad (2)$$

dimana variabel N menjelaskan nilai normal.

Setelah model statistik didefinisikan dalam hal fungsi kerapatan probabilitas (*probability density function*), simulasi *Monte Carlo* dilakukan dengan melibatkan pengulangan proses simulasi menggunakan dalam setiap simulasi satu set nilai-nilai tertentu dari variabel acak.[9]

C. Simulasi Monte Carlo

Berbagai metode telah diusulkan untuk mempelajari efek ketidakpastian dalam stabilitas tegangan. Di antara metode analitik probabilistik yang diusulkan adalah simulasi monte carlo telah menjadi metode yang populer karena kemampuannya untuk menangani sejumlah besar sampel dengan akurasi dan fleksibilitas yang tinggi. Karena output daya dari unit pembangkitan bervariasi karena ketidakpastian sistem energi terbarukan, skema pembagian daya dalam *microgrid* berubah sesuai yang mungkin mengganggu pembangkit listrik dan keseimbangan permintaan beban.[8]

Hasil Load Flow berdasarkan Simulasi Monte Carlo dalam hal aliran daya di berbagai bagian sistem dan profil tegangan di semua bus jaringan, dapat diperlakukan secara statistik, dan metode estimasi statistik maupun inferensi dapat diterapkan.[9]

Dalam analisis ketidakpastian, hubungan antara variabel dependen dan independen dapat dinyatakan sebagai :

$$v = h(z) \quad (3)$$

Dimana h mewakili fungsi yang menggambarkan korelasi antara perilaku dinamis dari variabel output dan nilai-nilai variabel input yang tidak pasti. Variabel vektor input dan output dapat direpresentasikan sebagai $v = [v_1, v_2 \dots]^T$ dan $z = [z_1, z_2 \dots]^T$ dari masing-masing nilai.[8]

Tujuan dari analisis monte carlo adalah untuk memperkirakan ketidakpastian output atau variabel dependen yang dihasilkan dari ketidakpastian input atau variabel independen melalui fungsi kompleks tertentu.[8]

III. METODOLOGI PENELITIAN

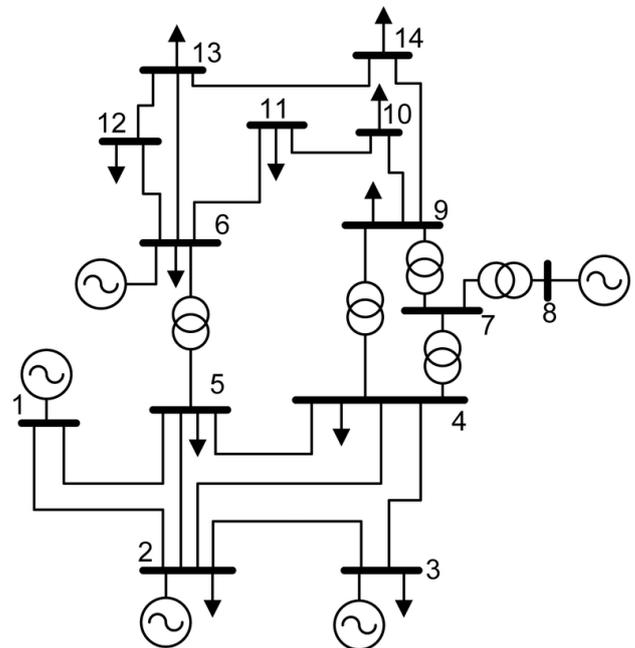
Metodologi yang digunakan dalam pembuatan skripsi Analisa Probabilistik Kestabilan Tegangan Akibat Integrasi Pembangkit PV pada Sistem Kelistrikan Lombok adalah :

1. Kajian Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Analisa Data

A. Studi Kasus

IEEE 14 BUS

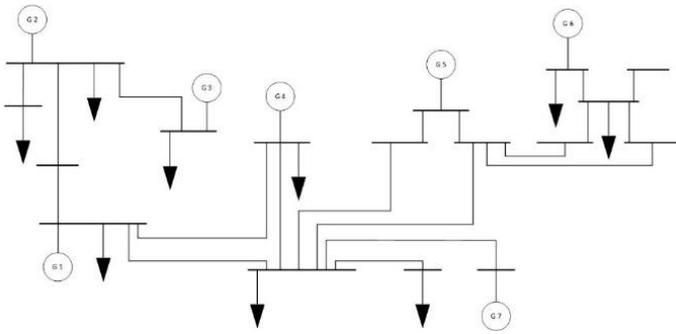
Sistem kelistrikan yang di gunakan untuk uji coba adalah Sistem Interkoneksi IEEE 14 Bus pada example software DigSILENT.



Gambar 1. Single Line diagram IEEE 14 Bus

Sistem Kelistrikan Lombok

Sistem kelistrikan yang di gunakan untuk penelitian ini adalah sistem kelistrikan Lombok yang terdiri dari 7 unit pembangkit, yang beroperasi pada tegangan 150 kV, serta terdiri dari 17 Bus dan 19 saluran yang terhubung dengan pusat-pusat beban.



Gambar 2. Single Line diagram Lombok 150kV

B. Flowchart

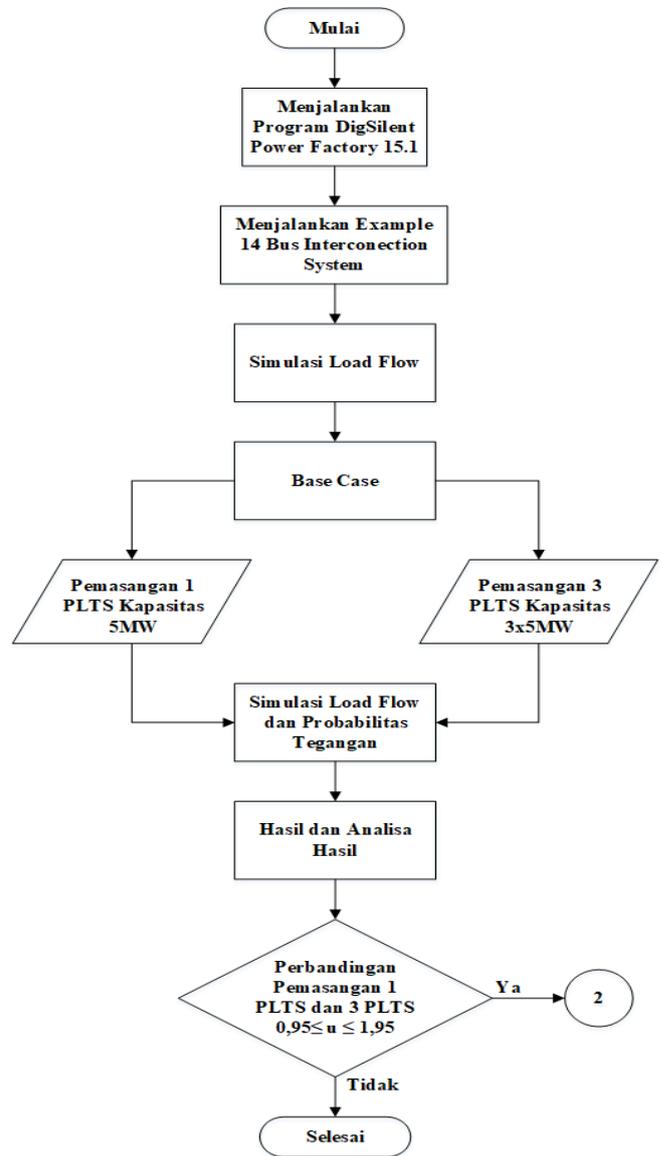
Pada Gambar 3 menjelaskan tentang alur Simulasi Uji Coba dengan menggunakan Sistem Interkoneksi IEEE 14 Bus.

1. Simulasi Load Flow pada base sistem IEEE 14 bus untuk melihat aliran daya pada sistem
2. Dilakukan pemasangan 1 PLTS pada sistem IEEE 14 bus
3. Simulasi Load Flow dan probabilitas untuk mendapatkan data tegangan pada setiap bus sistem IEEE 14 bus
4. Dilakukan pemasangan 3 PLTS pada sistem IEEE 14 bus
5. Simulasi Load Flow dan probabilitas untuk mendapatkan data tegangan pada setiap bus sistem IEEE 14 bus
6. Menganalisa hasil probabilitas tegangan pada setiap bus sistem IEEE 14 bus
7. Dari hasil analisa probabilitas tegangan setiap bus pada saat pemasangan 1 PLTS dan 3 PLTS dilakukan perbandingan kestabilan tegangan. Jika kestabilan tegangan kurang dari 0,95 p.u. atau lebih dari 1,05 p.u. maka dilakukan analisa dengan data sistem Lombok
8. Jika tidak, penelitian selesai dengan hasil tersebut.

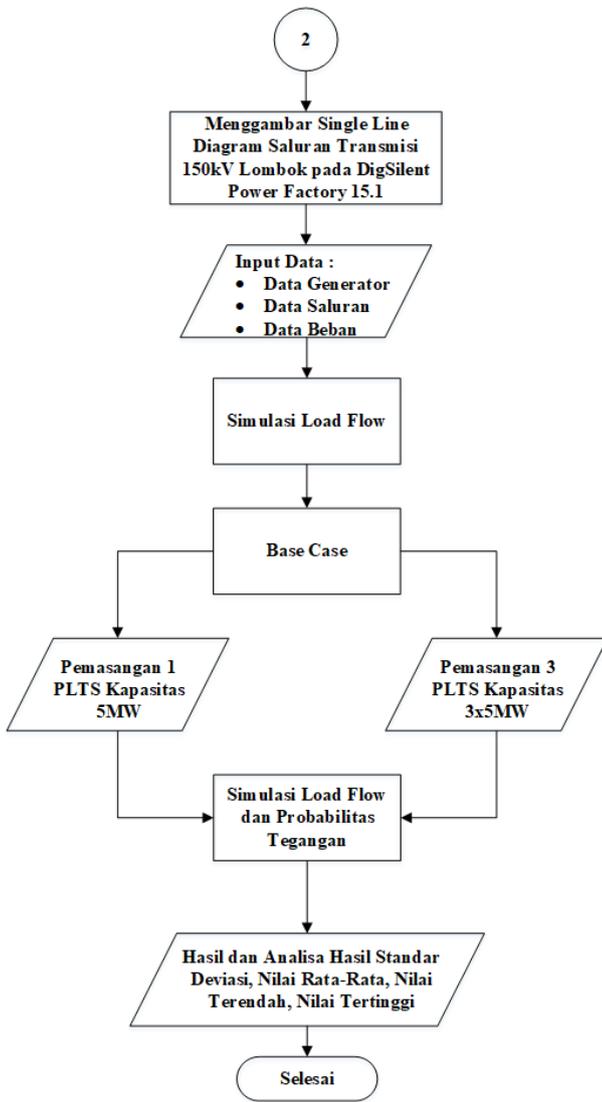
Pada Gambar 4 menjelaskan tentang alur Simulasi *Real* dengan menggunakan Sistem Kelistrikan Lombok (17 Bus).

1. Menggambar single line dan input data sistem kelistrikan Lombok
2. Simulasi Load Flow pada base sistem kelistrikan Lombok untuk melihat aliran daya pada sistem
3. Dilakukan pemasangan 1 PLTS pada sistem kelistrikan Lombok
4. Simulasi Load Flow dan probabilitas pada sistem kelistrikan Lombok
5. Dilakukan pemasangan 3 PLTS pada sistem kelistrikan Lombok

6. Menganalisa hasil probabilitas tegangan, batas deviasi, nilai rata-rata, nilai terendah, dan nilai tertinggi pada setiap bus kelistrikan Lombok
7. Melakukan perbandingan hasil analisa kestabilan tegangan pada saat pemasangan 1 PLTS dan 3 PLTS
8. Selesai

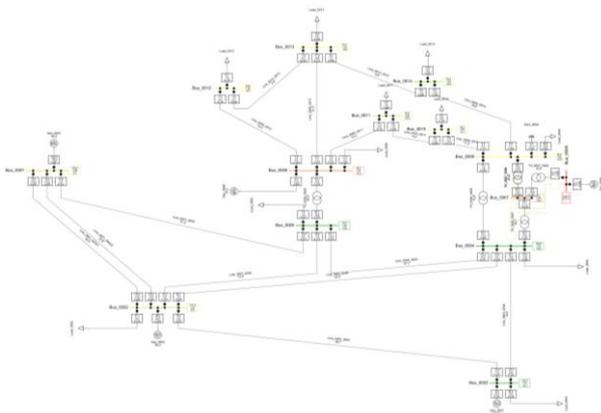


Gambar 3. Flowchart Simulasi Uji Coba



Gambar 4 Flowchart Simulasi Kelistrikan Lombok

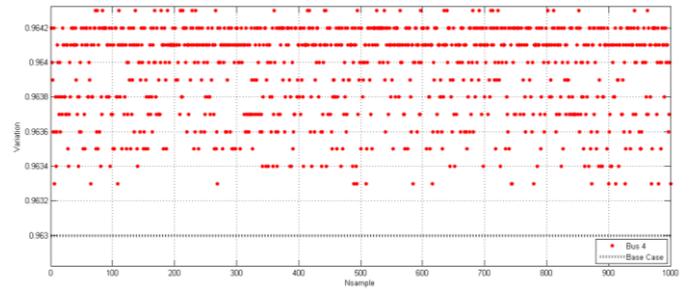
IV. SIMULASI DAN ANALISA



Gambar 5. Single Line Diagram Jaringan Interkoneksi IEEE 14 bus

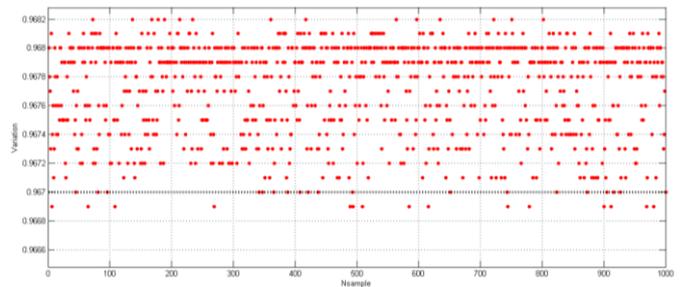
A. Integrasi 1 Pembangkit PV pada Sistem IEEE 14 bus

Simulasi awal dijalankan untuk melihat *base case voltage*. Selanjutnya akan dilakukan simulasi penambahan 1 pembangkit PV.



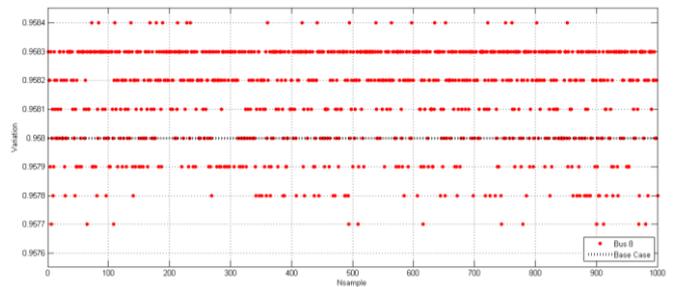
Gambar 6. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus 4

Pada gambar 6 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,96376, nilai maksimal 0,96419, nilai minimal 0,96333, dan nilai standar deviasi pada bus 4 adalah 0,00060.



Gambar 7. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus 5

Pada gambar 7 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9675, nilai maksimal 0,96802, nilai minimal 0,96697, dan nilai standar deviasi pada bus 5 adalah 0,00074.

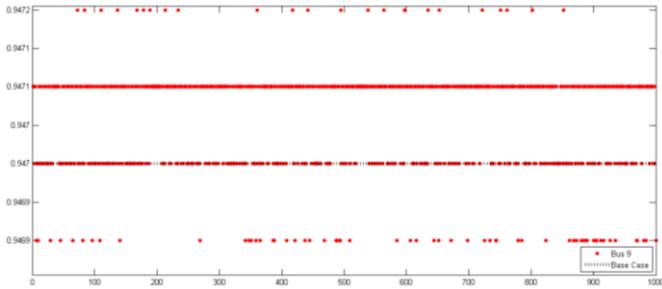


Gambar 8. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus 8

Pada gambar 8 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,95803, nilai maksimal 0,95830, nilai minimal 0,95776, dan nilai standar deviasi pada bus 8 adalah 0,00037.

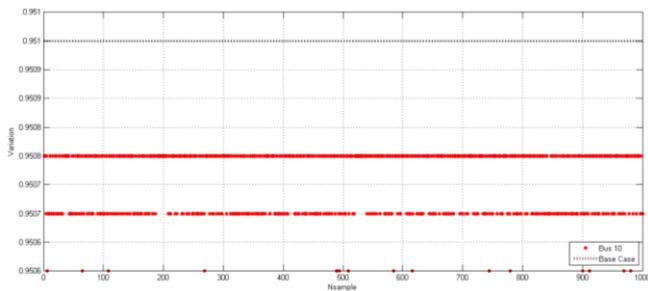
B. Integrasi 3 Pembangkit PV pada Sistem IEEE 14 bus

Setelah integrasi 1 pembangkit PV lalu akan dilakukan integrasi 3 pembangkit PV.



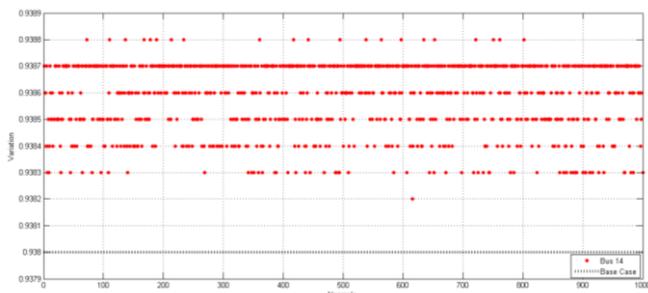
Gambar 9. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus 9

Pada gambar 9 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,94702, nilai maksimal 0,94713, nilai minimal 0,94691, dan nilai standar deviasi pada bus 9 adalah 0,00015.



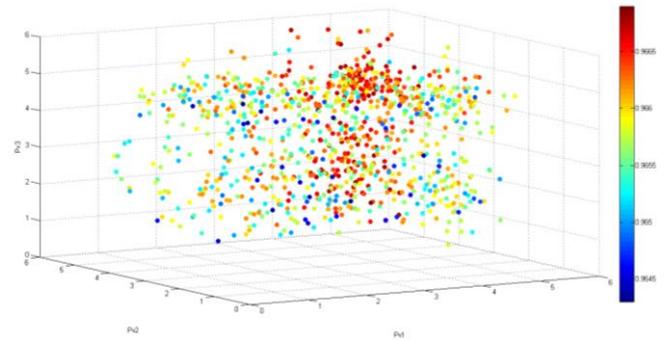
Gambar 10. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus 10

Pada gambar 10 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,95702, nilai maksimal 0,95080, nilai minimal 0,95065, dan nilai standar deviasi pada bus 10 adalah 0,00010.



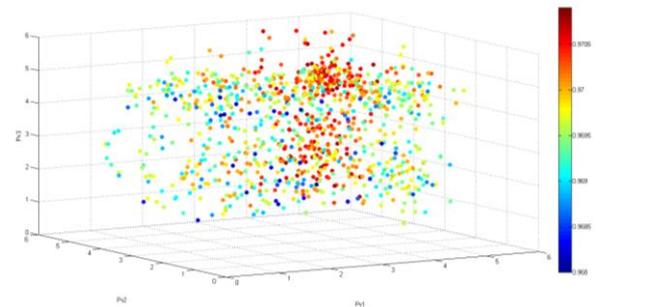
Gambar 11. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus 14

Pada gambar 11 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,93849, nilai maksimal 0,93870, nilai minimal 0,93828, dan nilai standar deviasi pada bus 14 adalah 0,00030.



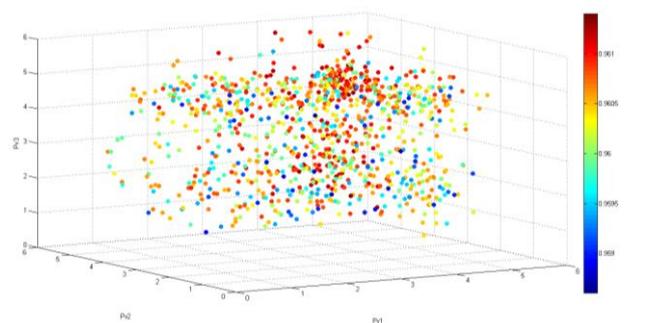
Gambar 12. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus 4

Pada gambar 12 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,96585, nilai maksimal 0,96604, nilai minimal 0,96566, dan nilai standar deviasi pada bus 4 adalah 0,00027.



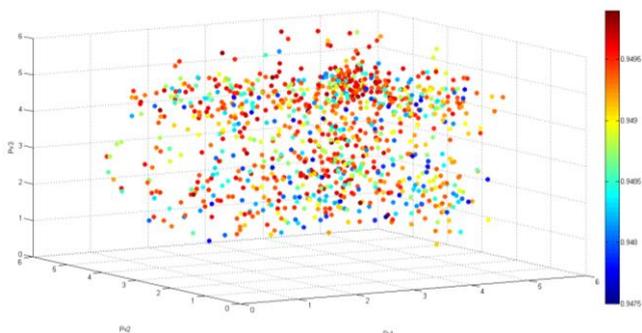
Gambar 13. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus 5

Pada gambar 13 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,96966, nilai maksimal 0,96990, nilai minimal 0,96942, dan nilai standar deviasi pada bus 5 adalah 0,00034.



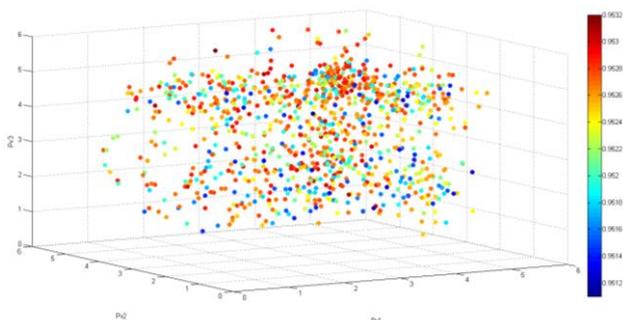
Gambar 14. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus 8

Pada gambar 14 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9604, nilai maksimal 0,96058, nilai minimal 0,96040, dan nilai standar deviasi pada bus 8 adalah 0,00012.



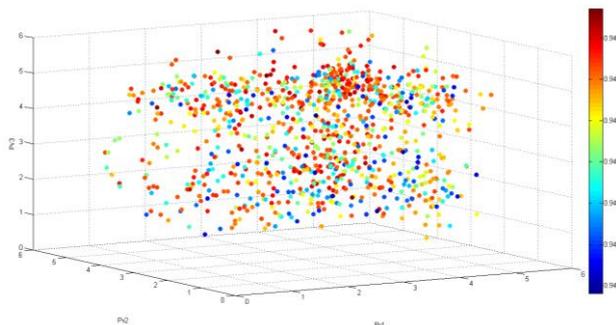
Gambar 15. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus 9

Pada gambar 15 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,94927, nilai maksimal 0,94928, nilai minimal 0,94927, dan nilai standar deviasi pada bus 9 adalah 0,00013.



Gambar 16. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus 10

Pada gambar 16 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,95259, nilai maksimal 0,95260, nilai minimal 0,95259, dan nilai standar deviasi pada bus 10 adalah 0,00017.



Gambar 17. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus 14

Pada gambar 17 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,94477, nilai maksimal 0,94477, nilai minimal 0,94477, dan nilai standar deviasi pada bus 14 adalah 0,00012.

Pada integrasi 1 PLTS perubahan profil tegangan sangat kecil dan tegangan berfluktuasi, lalu pada integrasi 3 PLTS perubahan profil tegangan kecil dan tegangan berfluktuasi lebih kecil. Hal ini disebabkan penempatan PLTS saling berdekatan sehingga perbaikan aliran daya lebih efektif. Hal ini tidak dapat meningkatkan profil tegangan secara signifikan maka pada sistem IEEE 14 bus saat integrasi 1 PLTS dan 3 PLTS berdaya 5MW dan 15MW hanya dapat memperbaiki profil tegangan namun dampak yang ditimbulkan tidak begitu besar.

C. Pemodelan Fungsi Distribusi Pembangkitan Daya pada PV

Untuk pemodelan pembangkitan daya pada PV ada beberapa model beberapa masalah sistem yang tidak perlu dipertimbangkan, seperti tidak mempertimbangkan konfigurasi sistem dan nilai impedansi saluran. Tujuan dilakukan pemodelan fungsi distribusi pembangkitan daya pada PV adalah untuk penjadwalan pembangkit dengan mempertimbangkan sistem energi matahari dengan menentukan jumlah daya pembangkit yang optimal untuk unit sistem energi surya selama periode penelitian sehingga total biaya bisa diminimalkan dengan persamaan keseimbangan daya, persyaratan untuk cadangan pembangkit, dan kendala lainnya.[10]

Perhitungan perubahan lamanya radiasi dapat dirubah ke daya dengan menggunakan rumus :

$$P_{PV}(G_t) = \left\{ \begin{array}{l} P_{sn} \frac{(G_t)^2}{G_{std} R_c} \\ P_{sn} \frac{G_t}{G_{std}} \end{array} \right\}$$

G_t = Meramalkan radiasi per jam

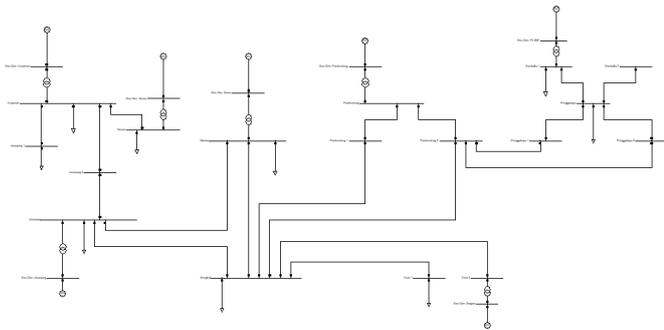
G_{std} = Radiasi matahari di lingkungan standar ditetapkan dengan nilai 1000 W/m^2

R_c = Titik radiasi ditetapkan dengan nilai 150 W/m^2

P_{sn} = Rata - rata output daya PV

Nilai-nilai ini hanya dapat diketahui melalui jangka pendek peramalan. Karena permintaan beban sistem dan radiasi matahari tergantung pada perilaku sosial variabel pelanggan dan cuaca.[11]

D. Analisa Aliran Daya Jaringan Lombok

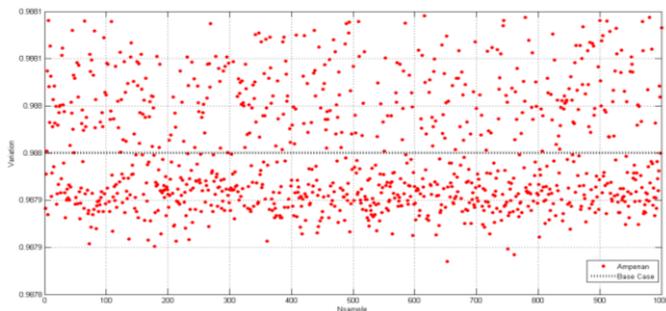


Gambar 18. Load Flow Single line Diagram

Pada single line di atas setelah diload flow dapat diketahui bahwa sistem telah konvergen dan profil tegangan tidak terdapat overvoltage dan undervoltage ($1.05 \leq n \leq 0.95 p.u$).

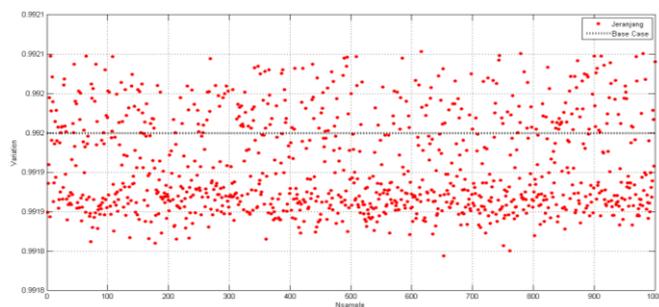
E. Integrasi 1 PLTS pada Sistem Lombok

Study case kedua yang kedua dilakukan pada sistem kelistrikan Lombok dengan integrasi 1 PLTS.



Gambar 19. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus Ampenan

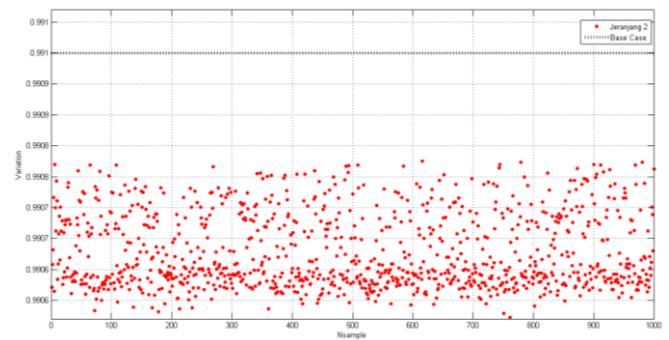
Pada gambar 19 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9879, nilai maksimal 0,9881, nilai minimal 0,9878, dan nilai standar deviasi pada bus Ampenan adalah 6,0451.



Gambar 20. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus Jeranjang

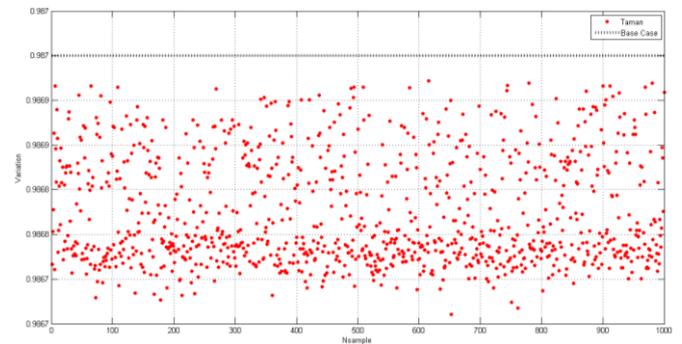
Pada gambar 20 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9919, nilai

maksimal 0,9921, nilai minimal 0,9918, dan nilai standar deviasi pada bus Jeranjang adalah 6,0154.



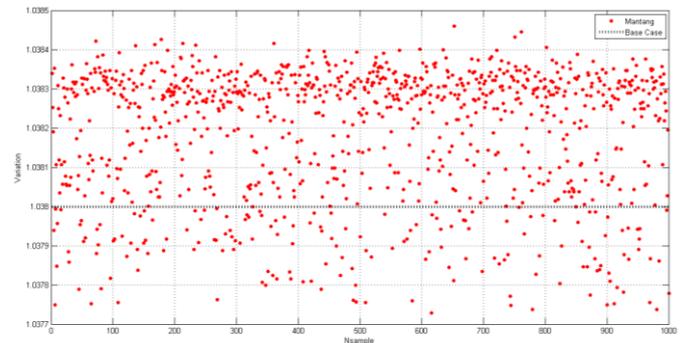
Gambar 21. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus Jeranjang 2

Pada gambar 21 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9906, nilai maksimal 0,9908, nilai minimal 0,9905, dan nilai standar deviasi pada bus Jeranjang 2 adalah 6,0253.



Gambar 22. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus Taman

Pada gambar 22 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9868, nilai maksimal 0,9869, nilai minimal 0,9867, dan nilai standar deviasi pada bus Taman adalah 6,0521.

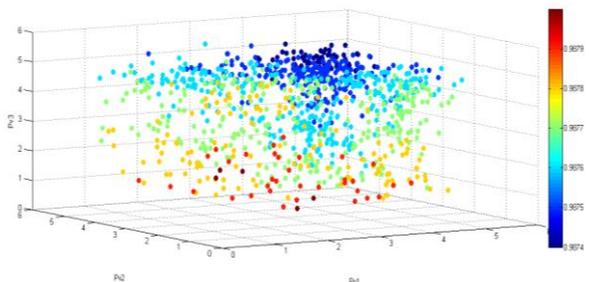


Gambar 23. Hasil profil tegangan setelah integrasi 1 PLTS pada bus Mantang

Pada gambar 23 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 1 PLTS dengan nilai rata-rata 1,0381, nilai maksimal 1,0384, nilai minimal 1,0384, dan nilai standar deviasi pada bus Mantang adalah 0,0001.

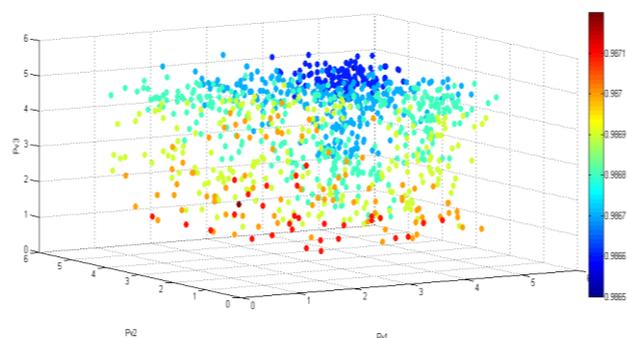
F. Integrasi 3 PLTS pada Sistem Lombok

Setelah integrasi 1 pembangkit PV lalu akan dilakukan integrasi 3 pembangkit PV.



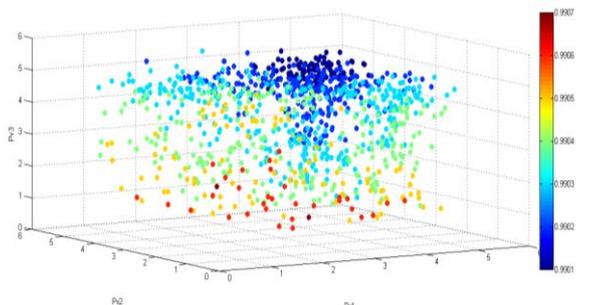
Gambar 24. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus Ampenan

Pada gambar 24 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9876, nilai maksimal 0,9879, nilai minimal 0,9873, dan nilai standar deviasi pada bus Ampenan adalah 0.000122.



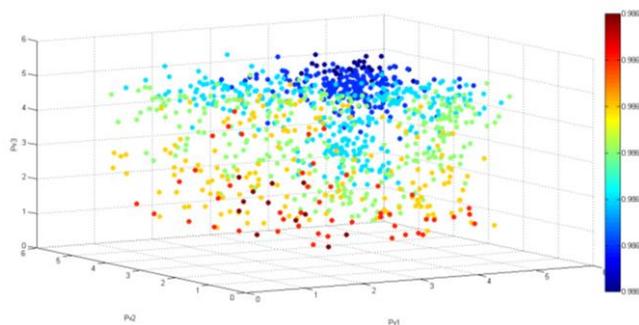
Gambar 25. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus Jeranjang

Pada gambar 25 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9867, nilai maksimal 0,9871, nilai minimal 0,9865, dan nilai standar deviasi pada bus Jeranjang adalah 0.000123.



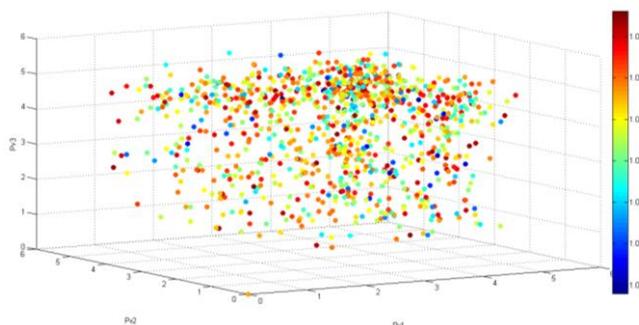
Gambar 26. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus Jeranjang 1

Pada gambar 26 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9903, nilai maksimal 0,9906, nilai minimal 0,9900, dan nilai standar deviasi pada bus Jeranjang 1 adalah 0.000122.



Gambar 27. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus Taman

Pada gambar 27 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 0,9864, nilai maksimal 0,9868, nilai minimal 0,9861, dan nilai standar deviasi pada bus Taman adalah 0.000123.



Gambar 28. Hasil profil tegangan setelah integrasi 3 PLTS pada bus Sengkol

Pada gambar 28 menunjukkan hasil profil tegangan setelah terpasang 3 PLTS dengan nilai rata-rata 1,0140, nilai maksimal 1,0153, nilai minimal 1,0118, dan nilai standar deviasi pada bus Sengkol adalah 0.000674.

Pada integrasi 1 PLTS perubahan profil tegangan sangat kecil dan tegangan berfluktuasi, lalu pada integrasi 3 PLTS perubahan profil tegangan lebih besar dari integrasi 1 PLTS dan tegangan berfluktuasi lebih besar. Hal ini disebabkan penempatan PLTS saling berjauhan sehingga perbaikan aliran daya lebih merata pada sistem transmisi Lombok. Hal ini dapat meningkatkan profil tegangan pada sistem transmisi Lombok saat integrasi 1 PLTS dan 3 PLTS berdaya 5MW dan 15MW dapat memperbaiki profil tegangan namun dapat menimbulkan dampak yang ditimbulkan tidak begitu besar dan menyebabkan tegangan berfluktuasi lebih besar ketika ada penambahan PLTS.

Bagian ini mengulas tentang simulasi dan Analisa yang anda lakukan. Jelaskan dengan detail langkah-langkah anda yang anda kerjakan, beri tanggapan terkait hasil yang anda

peroleh. Jangan lupa berikan analisa ilmiah terkait kegiatan penelitian yang anda lakukan. Penulis dan Afiliasi

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode analisis probabilistik kestabilan tegangan dengan sistem jaringan 150kV PT PLN Lombok, di dapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sebelum integrasi PLTS pada sistem 14 bus telah mengalami undervoltage pada bus 9 dan 14.
2. Integrasi 1 dan 3 PLTS pada sistem Interkoneksi IEEE 14 bus dapat memperbaiki profil tegangan sebanyak 0,001 p.u. dan 0,007 p.u. belum bisa memperbaiki profil tegangan pada bus 9 dan 14 yang berada pada kondisi undervoltage.
3. Integrasi 1 dan 3 PLTS pada sistem kelistrikan Lombok mengalami peningkatan 0,001 p.u. dan 0,004 p.u. lalu tegangan pada setiap bus mengalami fluktuasi.
4. Integrasi 1 PLTS tegangan mengalami fluktuasi pada setiap bus tetapi tidak terlalu besar fluktuasinya, sedangkan ketika integrasi 3 PLTS fluktuasi tegangan mengalami peningkatan dari sebelumnya terintegrasi 1 PLTS.
5. Semakin tinggi nilai standar deviasi maka semakin besar tegangan itu berfluktuasi dan hal ini juga dipengaruhi oleh jumlah banyak penempatan PLTS.
6. Jarak penempatan PLTS mempengaruhi nilai standar deviasi dan fluktuasi tegangan karena semakin dekat penempatan PLTS maka aliran daya semakin sedikit dan semakin jauh maka aliran daya semakin besar.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Shah, M. Nadarajah, R. Bansal, K. Lee, and A. Lomi, "Influence of Large-scale PV on Voltage Stability of Sub-transmission System," *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 4, Mar. 2012.
- [2] N. Dhlamini and S. P. D. Chowdhury, "Solar Photovoltaic Generation and its Integration Impact on the Existing Power Grid," in *2018 IEEE PES/IAS PowerAfrica*, 2018, pp. 710–715.
- [3] R. Bayindir, Ş. Demirbaş, E. Irmak, U. Cetinkaya, A. Ova, and M. Yeşil, "Effects of renewable energy sources on the power system. 2016."
- [4] P. Kundur, "[Prabha Kundur] Power System Stability And Control.pdf." p. 1661, 1993.
- [5] D. Wang, X. Yuan, M. Zhao, and Y. Qian, "Impact of large-scale photovoltaic generation integration structure on static voltage stability in China's Qinghai province network," *J. Eng.*, vol. 2017, no. 13, pp. 671–675, 2017.
- [6] R. Sridharan, "Gaussian mixture models and the EM Algorithm (Lecture Notes - MIT CSAIL)," p. 11, 2017.
- [7] G. Stefopoulos, A. P. Meliopoulos, and G. J. Cokkinides, "Advanced probabilistic power flow methodology," *15th Power Syst. Comput. Conf. PSCC 2005*, no. January, 2005.
- [8] A. U. Krismanto, N. Mithulanathan, 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.
- [9] S. Conti and S. Raiti, "Probabilistic load flow using Monte Carlo techniques for distribution networks with photovoltaic generators," *Sol. Energy*, vol. 81, no. 12, pp. 1473–1481, 2007.
- [10] R. Liang and J. Liao, "A Fuzzy-Optimization Approach for Generation Scheduling With Wind and Solar Energy Systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 22, no. 4, pp. 1665–1674, 2007.
- [11] J. Park, W. Liang, J. Choi, A. A. El-Keib, M. Shahidehpour, and R. Billinton, "A probabilistic reliability evaluation of a power system including Solar/Photovoltaic cell generator," in *2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, 2009, pp. 1–6.