

Analisa Hosting Capacity Photovoltaic pada Feeder Adinegoro 20 kV, Kota Padang

Muhammad Fachreyza Indora¹, Adrianti^{1*}, Riko Nofendra¹, Muhammad Nasir¹

¹ Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat.

Informasi Artikel

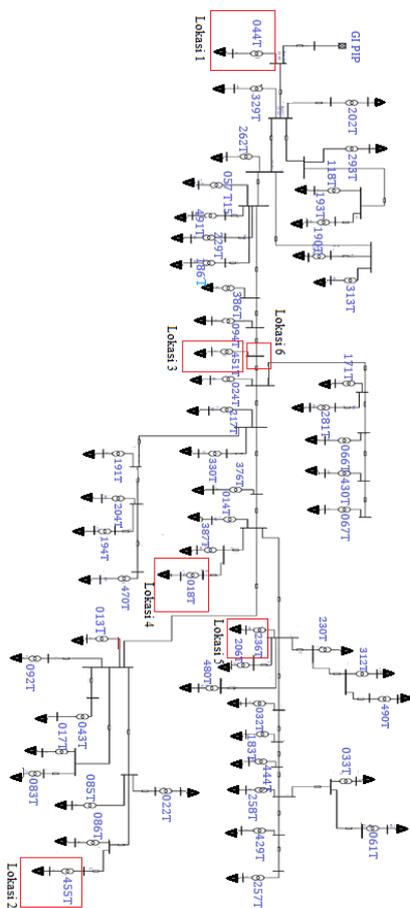
Naskah Diterima : 30 April 2024

Direvisi : 30 Mei 2024

Disetujui : 31 Mei 2024

*Korespondensi Penulis :
adrianti@eng.unand.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Installation of PV capacity that exceeds the demand of the distribution system can produce large currents that exceed the thermal rating of the electrical components and can cause export power to high voltage levels. Therefore, the purpose of this study is to obtain the PV hosting capacity of the Adinegoro feeder and to determine the voltage profile and power loss after installation of the PV. The research method is using power flow simulation with ETAP 12.6. The PV hosting capacity calculations of the Adinegoro feeder are carried out in six locations, i.e. five locations on the secondary network and one location on the primary network. The PV capacities are continuously increased until the receiving power from the grid reaches zero or no export power from the lower voltage level to higher voltage level. From the simulation results, it is obtained that the PV hosting capacity on secondary networks, is equal to 100% of the local load. While for the primary network, the maximum PV hosting capacity is 4400 kW. The installation of PV to the Adinegoro feeder can increase the voltage profile and reduce power losses in the system..

Keywords: Photovoltaic, hosting capacity, voltage profile, power losses

Abstrak

Pemasangan kapasitas PV yang terlalu besar pada sistem distribusi dapat menyebabkan arus yang mengalir melebihi kemampuan peralatan komponen distribusi serta dapat menyebabkan terjadinya ekspor daya ke level tegangan tinggi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai *hosting capacity* (kapasitas maksimum) PV yang bisa ditambahkan pada *feeder* adinegoro dan mengetahui profil tegangan dan rugi daya setelah penambahan PV. Metode yang digunakan yaitu simulasi aliran daya menggunakan ETAP 12.6. Perhitungan *hosting capacity* PV pada *feeder* Adinegoro dilakukan dengan 6 titik, yaitu 5 titik di tegangan rendah dan 1 titik di tegangan menengah. Penentuan nilai *hosting capacity* yaitu dengan cara terus-menerus menaikkan kapasitas daya PV sampai daya yang dikirim dari grid mendekati nol atau tidak terjadi ekspor daya ke arah hulu (arah grid). Dari hasil simulasi didapatkan *hosting capacity* PV pada level tegangan rendah adalah 100% dari total beban pada trafo distribusi yang ditinjau. Sementara pada level tegangan menengah, *hosting capacity* PV adalah 4400 kW. Penambahan PV pada *feeder* Adinegoro mampu meningkatkan profil tegangan dan menurunkan rugi daya pada sistem.

Kata kunci: Photovoltaic, hosting capacity, profil tegangan, rugi daya

© 2024 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved.

1. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan potensi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang ada di seluruh Indonesia, mengingat Indonesia berada di garis khatulistiwa, yang cukup mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Namun, penetrasi PV yang tinggi pada jaringan distribusi dapat menimbulkan masalah teknis seperti pelanggaran thermal rating, pengaturan tegangan, dan aliran daya terbalik [1, 2]. Jika kapasitas PV terpasang menyebabkan arus yang mengalir melebihi kapasitas nominal transformator pada feeder, maka akan menyebabkan kerusakan pada transformator. Pembangkitan PV

yang terlalu besar dapat mengakibatkan tegangan yang dihasilkan bisa sangat besar dan jika tegangan di luar batas yang diizinkan dapat merusak peralatan listrik [3]. Jika daya yang dihasilkan PV melebihi kebutuhan beban di jaringan maka dapat menyebabkan ekspor daya ke level tegangan yang lebih tinggi. Hal ini akan menghasilkan rugi-rugi daya yang lebih besar, karena suplai daya dikirim dari level tegangan yang rendah [4].

Feeder Adinegoro terhubung ke Gardu Hubung Lubuk Buaya yang disuplai dari Gardu Induk Padang Industrial Park (GI PIP). Bertambahnya kebutuhan listrik pada *feeder* Adinegoro menyebabkan beban listrik yang ditanggung GI PIP akan besar. Jika beban pada trafo distribusi meningkat di *feeder* Adinegoro maka hal ini akan menyebabkan peningkatan rugi daya dan penurunan profil tegangan. Pemasangan PV pada *feeder* Adinegoro menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan listrik. Namun jika penetrasi PV yang tinggi pada *feeder* Adinegoro akan berdampak pada jaringan. Sehingga perlu menentukan batas daya PV yang dapat ditampung pada *feeder* Adinegoro tanpa mengganggu kinerja sistem.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai hosting capacity PV pada *feeder* Adinegoro dan mengetahui profil tegangan dan rugi daya pada *feeder* Adinegoro saat kapasitas PV terpasang sama dengan *hosting capacity*.

2. METODE PENELITIAN

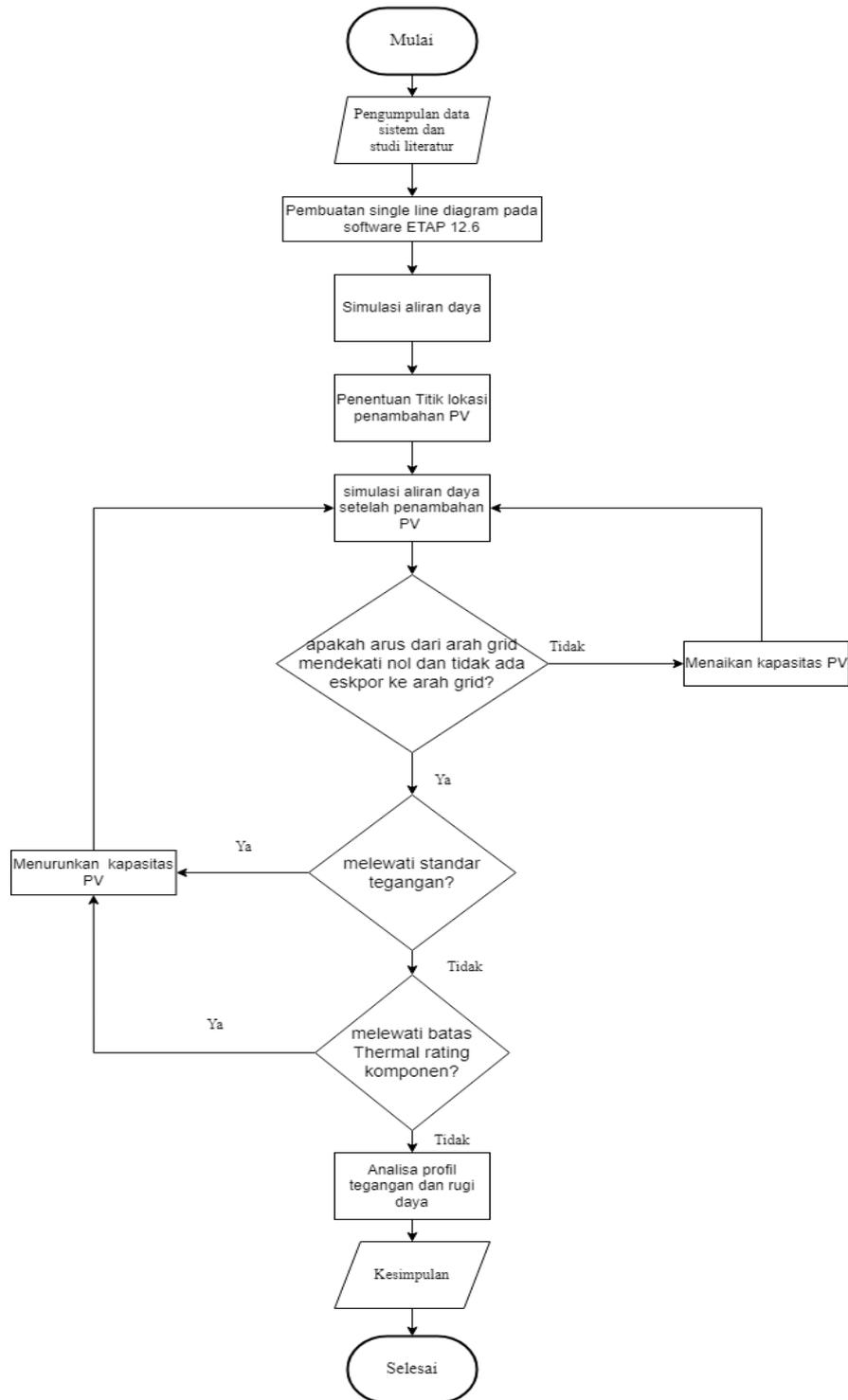
Hosting Capacity PV adalah total daya maksimum PV yang dapat ditampung pada *feeder* tertentu tanpa dampak yang merugikan [5]. Pada pemasangan PV skala kecil mungkin tidak memberikan dampak yang besar. Namun dengan pembangkit tersebar berskala besar, PV dapat menyebabkan terlewatnya batas operasi dari jaringan distribusi, seperti tegangan lebih, *overload* pada komponen sistem. Analisa *hosting capacity* dapat membantu dalam memastikan jaringan distribusi tetap beroperasi sesuai standar yang diinginkan.

Hosting capacity dapat ditentukan dengan kondisi evaluasi kinerja teknis diantaranya peringkat termal, regulasi tegangan, fault level, aliran daya terbalik, islanding, sistem proteksi, kualitas daya, dan lain-lain[5-7]. Untuk mendapatkan nilai *hosting capacity* PV pada *feeder* Adinegoro, dilakukan penambahan PV pada setiap beban trafo distribusi yang ada pada sistem atau pada setiap jaringan rendah dan mencari nilai *hosting capacity* PV pada setiap titik beban. Setelah itu menjumlahkan nilai *hosting capacity* PV pada setiap titik beban dari trafo distribusi.

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian menggunakan aplikasi ETAP untuk mensimulasikan aliran daya pada sistem distribusi *feeder* Adinegoro. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: 55 buah Transformator step-down 20/0,38 kV dengan total kapasitas trafo sebesar 7535 kVA, total panjang saluran distribusi *feeder* Adinegoro adalah 22,3 km, total pengukuran beban trafo *feeder* Adinegoro saat beban waktu luar puncak adalah 4310 kVA.

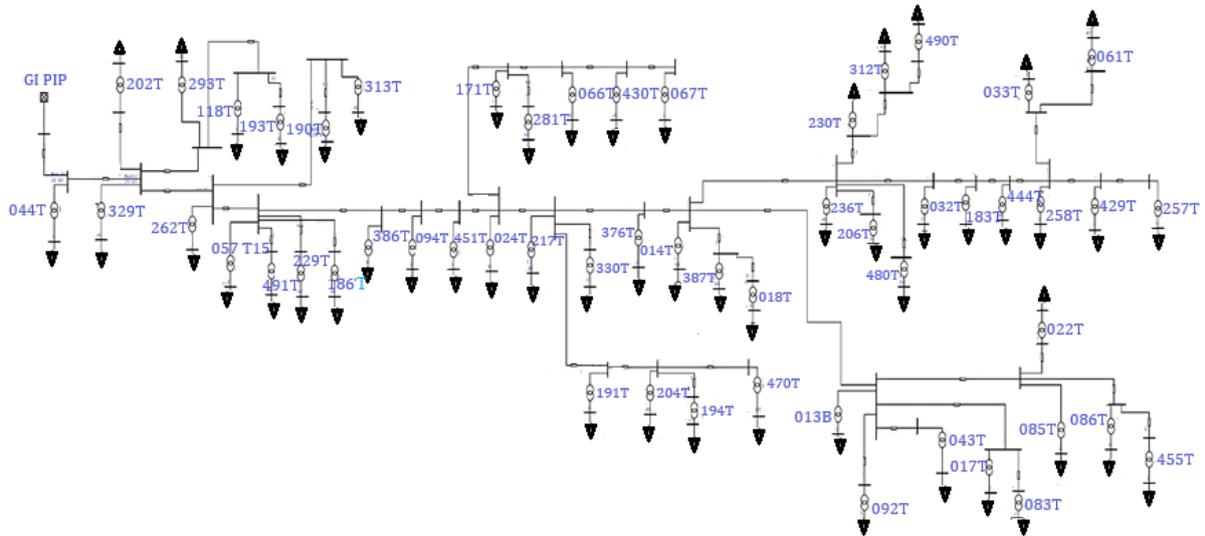
Penentuan *hosting capacity* PV dilakukan pada 5 lokasi beban dan satu lokasi pada jaringan tegangan menengah. Berikut 6 titik lokasi yang berbeda yaitu:

- Bus beban 380 V yang paling dekat dari GH.
- Bus beban 380 V yang paling jauh dari GH.
- Bus beban 380 V di tengah *feeder*.
- Bus beban 380 V pada trafo 018 T.
- Bus beban 380 V pada trafo 236 T.
- Pertengahan *feeder* 20 kV .



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

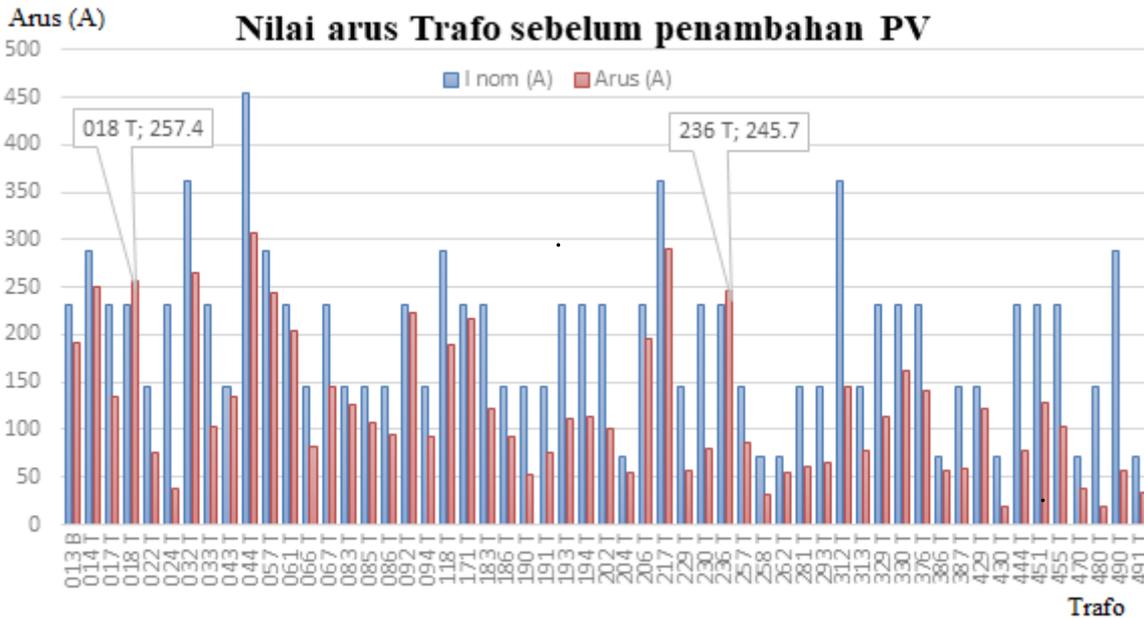
Diagram satu garis *feeder* Adinegoro dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram satu garis feeder Adinegoro

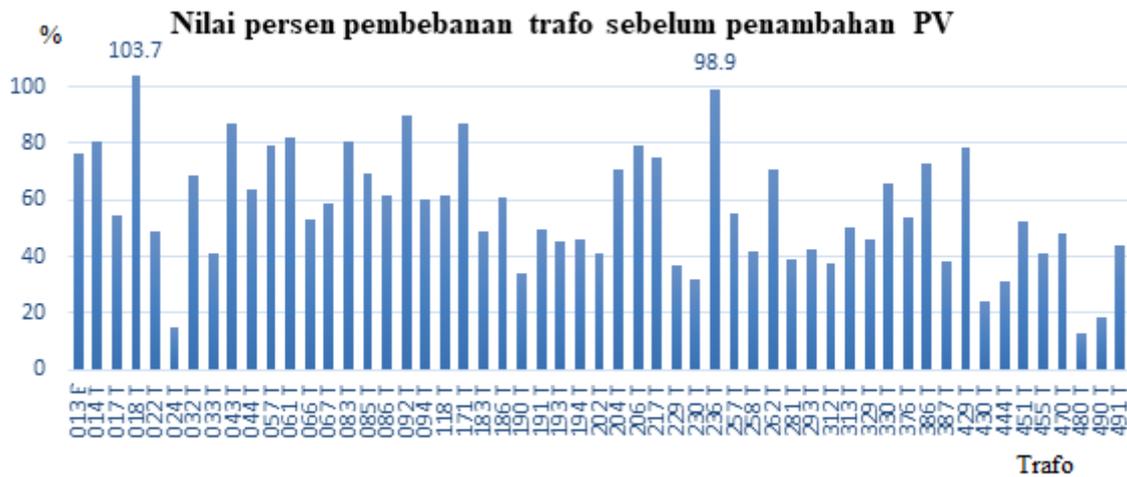
3. HASIL

Hasil simulasi aliran daya menggunakan ETAP untuk kondisi awal sebelum penambahan PV ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



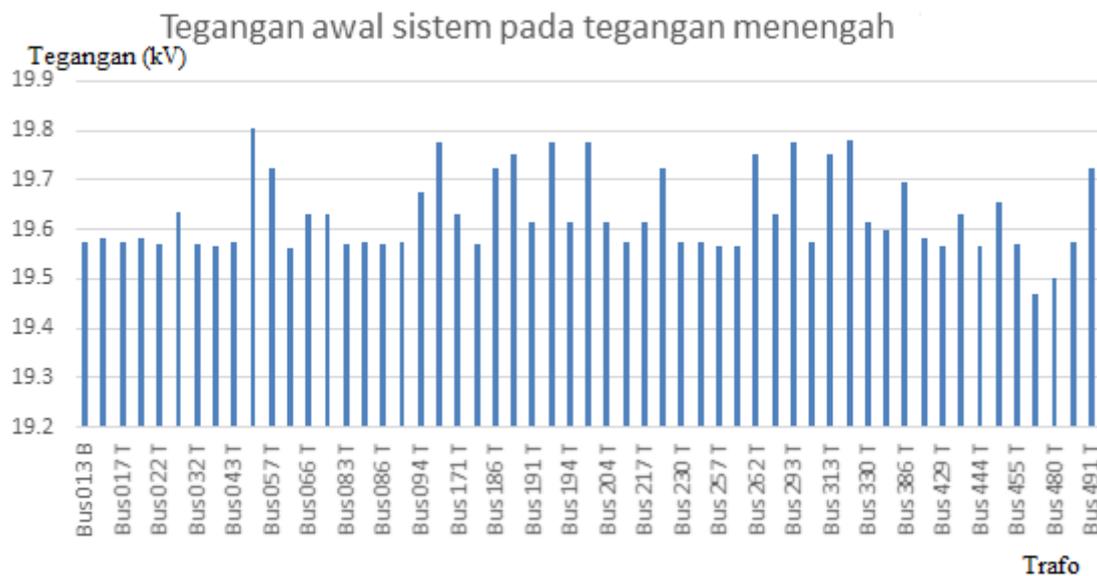
Gambar 3. Grafik nilai arus trafo sebelum penambahan PV

Gambar 3 merupakan grafik nilai arus pada setiap trafo sebelum penambahan PV. Terlihat diagram batang berwarna biru merupakan nilai arus nominal pada trafo dan diagram berwarna merah merupakan nilai arus pada trafo hasil simulasi aliran daya. Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa terdapat dua buah trafo yang melewati batas arus nominal trafo. Pada trafo 018 T nilai arus trafo setelah simulasi aliran daya adalah 257,4 A yang telah melewati batas arus nominal trafo yang bernilai 231 A. pada trafo 236 T nilai arus trafo setelah simulasi aliran daya adalah 245,7 A yang telah melewati batas arus nominal trafo yang bernilai 231 A.



Gambar 4. Grafik persen pembebanan trafo sebelum penambahan PV

Gambar 4 merupakan grafik persen pembebanan trafo pada feeder Adinegoro setelah simulasi aliran daya. 100% dari grafik mengartikan bahwa pada trafo mengalami overload atau beban yang sudah memenuhi kapasitas trafo. Terlihat dari Gambar 4.3, dapat diketahui pada trafo 018 T nilai persen pembebanan trafo bernilai 103,7% yang berarti trafo tersebut telah mengalami overload atau kelebihan beban. Pada trafo 236 T, nilai persen pembebanan trafo bernilai 98,9% yang berarti trafo tersebut hampir mengalami kelebihan beban atau overload.



Gambar 5. Grafik tegangan sistem pada tegangan menengah sebelum penambahan PV

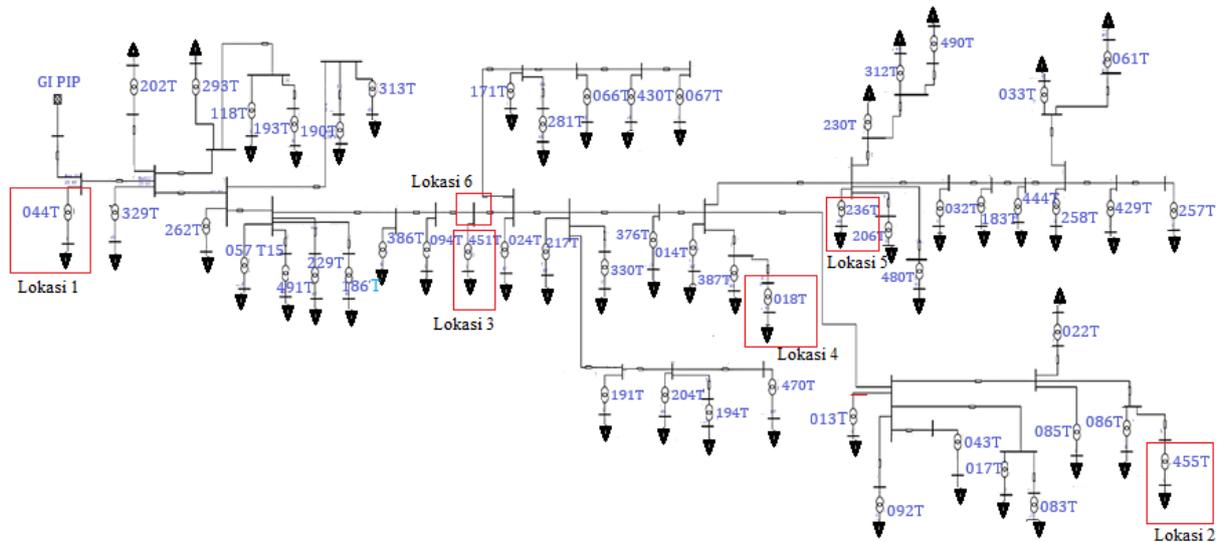
Gambar 5 merupakan profil tegangan di jaringan menengah pada feeder Adinegoro. Diketahui bahwa nilai tegangan pada semua bus untuk kondisi awal tidak ada melewati standar tegangan yang diizinkan.

Untuk perhitungan hosting capacity pada 6 titik lokasi, maka dilakukan pemasangan PV secara terpisah (tidak bersamaan) di setiap lokasi, yaitu:

- Lokasi 1, bus trafo 044 T, dipilih berdasarkan jarak beban yang paling dekat dengan GH Lubuk buaya.
- Lokasi 2, bus trafo 455 T, dipilih berdasarkan jarak beban yang paling jauh dengan GH lubuk buaya.

- Lokasi 3, bus trafo 451 T, dipilih berdasarkan jarak beban yang berada di tengah feeder Adinegoro.
- Lokasi 4, bus trafo 018 T, dipilih karena trafo sudah mengalami overload dan arus trafo yang dihasilkan melewati batas arus nominal.
- Lokasi 5, bus trafo 236 T, dipilih karena arus trafo yang dihasilkan telah melewati batas arus nominal dan hampir mengalami overload. Titik 6 (bus 451 T)
- Lokasi 6, bus 20 kV trafo 451 T, dipilih berdasarkan trafo beban yang berada di tengah feeder Adinegoro.

Single line diagram yang menunjukkan 6 titik lokasi penambahan PV dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Lokasi penambahan PV.

Penambahan kapasitas daya PV pada setiap titik, dimana dilakukan secara bertahap yang ditingkatkan dari kapasitas 0 kW sampai batas pelanggaran terdeteksi pada saat simulasi aliran daya. Pada peningkatan kapasitas daya PV diperhatikan daya yang dikirim dari sistem ke trafo mencapai nilai nol atau mendekati nol.

Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh hosting capacity untuk keenam lokasi PV tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Hosting Capacity* untuk masing-masing lokasi PV

No lokasi	Lokasi PV	Hosting Capacity PV (kW)
1	bus trafo 044 T (dekat GH)	200
2	bus trafo 455 T(ujung feeder)	66
3	bus trafo 451 T	82,5
4	bus trafo 018 T	160
5	bus trafo 236 T	155
6	bus 20 kV trafo 451 T	4400

Tabel 2 memperlihatkan nilai tegangan pada setiap lokasi penambahan PV di tegangan menengah. Dapat dilihat bahwa penambahan PV mempengaruhi tegangan, sehingga diperoleh

perbaikan profil tegangan pada *feeder* Adinegoro. Semua nilai tegangan sistem tidak melewati standar tegangan yang diizinkan.

Tabel 2. Nilai tegangan pada setiap lokasi penambahan PV

Penambahan PV	Tegangan (kV)	
	tertinggi	terendah
Awal	19,805	19,467
lokasi 1	19,813	19,571
lokasi 2	19,808	19,57
lokasi 3	19,809	19,569
lokasi 4	19,812	19,481
lokasi 5	19,812	19,48
lokasi 6	19,981	19,891

Rugi-rugi daya pada *feeder* Adinegoro sebelum dan setelah penambahan PV ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Total rugi-rugi daya pada *Feeder* Adinegoro

Lokasi PV	Losses	
	kW	kVAR
Sebelum penambahan PV	144,9	122,1
lokasi 6	89,2	104,1

Dari tabel 3 dapat dilihat nilai rugi daya yang lebih kecil terjadi setelah penambahan PV di titik 6 yaitu sebesar 89,2 kW dan 104,1 kVAR. Hal ini disebabkan karena suplai daya (PV) menjadi lebih dekat dengan beban-beban sehingga rugi-rugi saluran menjadi berkurang.

4. KESIMPULAN

Hosting Capacity PV pada *feeder* Adinegoro pada jaringan tegangan rendah adalah sama dengan beban waktu luar puncak yang dilayani. Sedangkan *hosting capacity* total *feeder* Adinegoro adalah 4400 kW yang merepresentasikan akumulasi semua PV yang dapat dipasang di semua bagian dari *feeder* Adinegoro.

Penambahan PV pada *feeder* Adinegoro dapat memperbaiki profil tegangan sistem. Terutama pada pemasangan PV di level tegangan menengah. Penambahan PV juga dapat mengurangi rugi-rugi daya pada sistem *feeder* Adinegoro. Penurunan rugi daya jika penambahan PV sebesar *hosting capacity* total *feeder* Adinegoro yaitu sebesar 55,7 kW dan 18 kVAR

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perhitungan *hosting capacity* PV pada setiap trafo tegangan rendah dan membandingkan total nilai *hosting capacity* yang diperoleh dengan total *hosting capacity* yang dihitung di level tegangan menengah.

REFERENSI

- [1] M. S. S. Abad and J. Ma, "Photovoltaic Hosting Capacity Sensitivity to Active Distribution Network Management," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 36, pp. 107-117, 2021.
- [2] B. Azibek, A. Abukhan, H. S. V. S. K. Nunna, B. Mukatov, S. Kamalasadnan, and S. Doolla, "Hosting Capacity Enhancement in Low Voltage Distribution Networks: Challenges and



- Solutions," in *2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Smart Grid and Renewable Energy (PESGRE2020)*, 2020, pp. 1-6.
- [3] A. Arshad and M. Lehtonen, "A Stochastic Assessment of PV Hosting Capacity Enhancement in Distribution Network Utilizing Voltage Support Techniques," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 46461-46471, 2019.
- [4] A. S. Bouhouras, K. I. Sgouras, P. A. Gkaidatzis, and D. P. Labridis, "Optimal active and reactive nodal power requirements towards loss minimization under reverse power flow constraint defining DG type," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 78, pp. 445-454, 2016/06/01/ 2016.
- [5] M. Zain ul Abideen, O. Ellabban, and L. Al-Fagih. (2020, A Review of the Tools and Methods for Distribution Networks' Hosting Capacity Calculation. *Energies 13(11)*.
- [6] S. Fatima, V. Püvi, A. Arshad, M. Pourakbari-Kasmaei, and M. Lehtonen. (2021, Comparison of Economical and Technical Photovoltaic Hosting Capacity Limits in Distribution Networks. *Energies 14(9)*.
- [7] E. Mulenga, M. H. J. Bollen, and N. Etherden, "A review of hosting capacity quantification methods for photovoltaics in low-voltage distribution grids," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 115, p. 105445, 2020/02/01/ 2020.