

Dampak *Distributed Energy Resources* terhadap Profil Tegangan dan Rugi Daya Penyulang Bantul 05

Muhammad Yusuf Falah¹, Adib Muhammad Arrasyid², Afrida Nurul Ulfa³,

Rizal Zulfiqri Ahmad⁴, Jimmy Trio Putra⁵

^{1,2,3,4,5} Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

¹ muhammadyusuf00@mail.ugm.ac.id*, ² arrasyidmuhammad77@mail.ugm.ac.id, ³ afrida.nurul.ulfa@mail.ugm.ac.id,

⁴ rizal.z.a@mail.ugm.ac.id, ⁵ jimmytrioputra@ugm.ac.id

* corresponding author

ABSTRACT

To realize Indonesia's commitment to cut greenhouse effect, it is important to use environmentally friendly vehicles. On August 12, 2019, the Presidential Regulation on the velocity of Battery-Based Electric Motor Vehicle Program for land vehicle as a sign of the seriousness of the government applying this vehicle. This research is specific in terms of the provision of Public Electric Vehicle Charging Station (SPKLU) in Bantul refinery area, Yogyakarta after the installation of Photovoltaic (PV) plant as Distributed Energy Resources (DER). This study used a simulation of the Open Distribution System Simulator (OpenDSS) software distribution network in analyzing the comparison of voltage profiles and power losses before and after spklu installation. By optimizing the placement of SPKLU using Flower Pollination Algorithm (FPA) method using Matlab software that results in spklu placement on bus 58 by 300 kW, bus 37 by 301 kW, and bus 36 by 300 kW. The voltage profile changed from 0.9695 p.u to 0.9688 p.u and power losses from 53.3 kW to 56.1 kW.

ABSTRAK

Untuk mewujudkan tanggung jawab Indonesia dalam mengurangi efek rumah kaca maka harus menggunakan angkutan ramah lingkungan. Pada tanggal 12 Agustus 2019 telah disahkan Perpres Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai sebagai transportasi jalan merupakan tanda seriusnya pemerintah mengaplikasikan kendaraan ini. Penelitian ini spesifik pada hal penyediaan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) pada area penyulang Bantul, Yogyakarta setelah pemasangan pembangkit *Photovoltaic* (PV) sebagai *Distributed Energy Resources* (DER). Penelitian ini menggunakan simulasi jaringan distribusi *software Open Distribution System Simulator* (OpenDSS) untuk mempelajari perbandingan profil tegangan dan rugi daya sebelum dan sesudah pengaplikasian SPKLU. Dengan optimasi penempatan SPKLU menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm* (FPA) menggunakan *software* Matlab yang menghasilkan penempatan SPKLU pada bus 58 sebesar 300 kW, bus 37 sebesar 301 kW, dan bus 36 sebesar 300 kW. Profil tegangan berubah dari 0,9695 p.u menjadi 0,9688 p.u dan rugi-rugi daya dari 53,3 kW menjadi 56,1 kW.

Article Info

Article history

Received: July 1st, 2021
Revised: Nov. 25th, 2021
Accepted: Nov. 25th, 2021

Keywords

SPKLU,
KBL,
OpenDSS,
Voltage Profile,
Power Losses,
Photovoltaic.

PENDAHULUAN

Transportasi adalah kegiatan memindahkan penumpang ataupun barang antar tempat, dimana hal ini mengandung unsur pergerakan. Dewasa ini, kebutuhan pada sektor transportasi terjadi peningkatan, dengan persentase rata-rata sebesar 11,5% per tahun dalam 10 tahun terakhir. Hal ini selaras dengan peningkatan penggunaan bahan bakar minyak untuk kendaraan bermotor sebesar 5%, dimana sebagian besar BBM yang digunakan diperoleh melalui kegiatan impor. Kedua hal ini berkontribusi pada penurunan indeks kualitas udara, dikarenakan penggunaan BBM dapat meningkatkan kadar CO² sebagai penyebab terjadinya efek rumah kaca.

Di sisi lain, memandang kendaraan listrik memiliki potensi signifikan untuk pengurangan impor BBM yang dapat meningkatkan ketahanan energi, dan dapat meningkatkan kualitas udara dengan berkurangnya emisi karbon. Hal ini sebagai jalan keluar terhadap ketergantungan penggunaan dari BBM sangat memberi harapan untuk ketahanan energi bangsa Indonesia ke depannya. Sehingga implementasi Kendaraan Listrik secara efektif dapat mengurangi efek rumah kaca di bagian hilir manajemen energi pada sektor transportasi. Target jumlah kendaraan listrik (mobil listrik sebanyak 2.200 unit, mobil *hybrid* sebanyak 711.900 unit, dan motor listrik sebanyak 2.130.00 unit) dan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) sebanyak 1000 unit untuk tahun 2025 (G.A Widyaningsish, 2017: 139-152).

Penelitian ini mengkaji mengenai persiapan pemenuhan Infrastruktur Kendaraan Listrik atau dikenal sebagai Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang terdiri dari berbagai subsistem *Fast Charging*, dimana instalasinya harus mengimbangi perkembangan unit Kendaraan Listrik di suatu daerah tertentu. Pada penelitian ini, menggunakan data spesifikasi dan peralatan yang diambil dari jaringan penyulang Bantul 05 Yogyakarta yang terintegrasi pembangkit PV sebagai DER dalam

menganalisis pengaruh integrasi *EV charger* atau SPKLU Kendaraan Listrik terhadap profil tegangan dan rugi daya dengan menggunakan mode aliran daya.

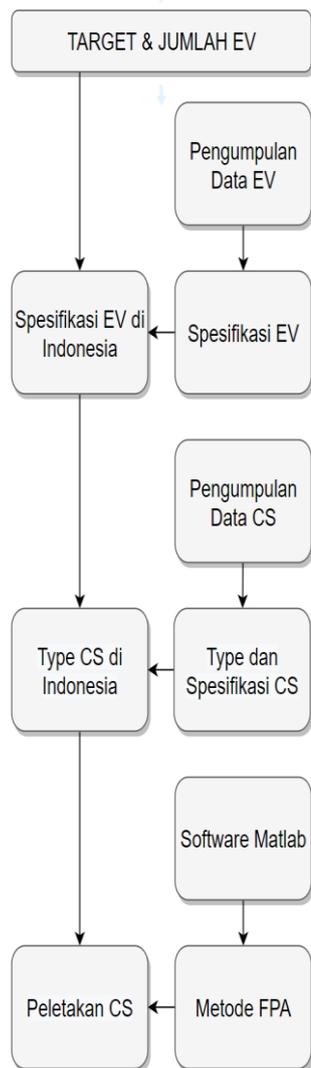
Pada sistem distribusi tenaga listrik analisis aliran daya dapat dilakukan dengan metode konvensional seperti *Gauss Seidel Method*, *New Raphson Method*, dan *Fast Decoupled Method*. Namun metode-metode konvensional tersebut dinilai kurang efektif dan memiliki level keandalan yang cenderung rendah dalam menghitung kompleks untuk sistem distribusi radial seperti penyulang Bantul 05 Yogyakarta ini yang memakai konfigurasi jaringan radial dalam 18 penyulang menyuplai beban di wilayah Kabupaten Bantul dan sekitarnya. Peneliti menganalisis aliran daya pada penambahan SPKLU yang terintegrasi pada jaringan penyulang Bantul 05 Yogyakarta setelah terintegrasi *Distributed Energy Resource* (DER) menggunakan software *Open Distribution System Simulator* (OpenDSS) (J.T Putra, 2019: 72-74). Data spesifikasi peralatan-peralatan distribusi dan data karakter beban yang fluktuatif diambil riil dari salah satu penyulang di Bantul, Yogyakarta.

METODE

Penentuan Tipe dan Letak CS

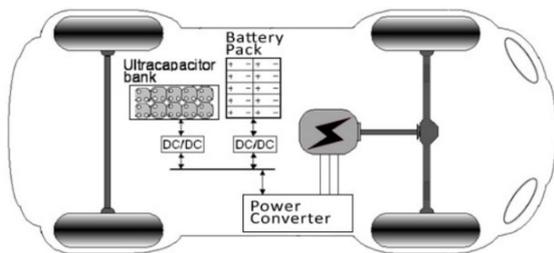
Di dalam penentuan letak dan tipe CS diperlukan data meliputi spesifikasi EV yang sesuai target pasar yang banyak digunakan (Tabel 2), kemudian pemenuhan pengecasan dengan menggunakan tipe *charging* yang sesuai dengan kebutuhan spesifikasi dari EV.

Dari spesifikasi tersebut dapat diketahui *variable* yang dapat dijadikan parameter. Kemudian dilakukan penempatan CS melalui simulasi dari *Software* MATLAB dengan metode FPA di data penyulang 05 Bantul.



Gambar 1. Skema Penentuan Letak CS

All Electric Vehicle (AEV)

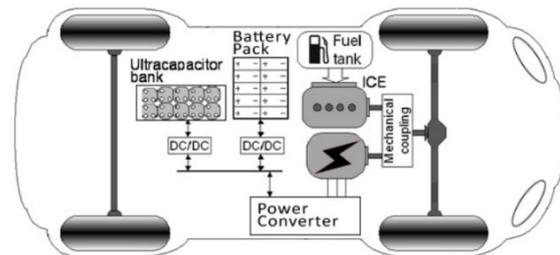


Gambar 2. All Electric Vehicle (AEV) atau Battery Electric Vehicle (BEV) (C. Mahmoudi, 2014: 36).

All Electric Vehicle (AEV) atau Battery Electric Vehicle (BEV) menggunakan baterai berkapasitas tinggi dan motor listrik untuk penggerak (Gambar 2.). Untuk jenis ini pasokan daya diperoleh melalui baterai dan tidak

terdapat tambahan mesin yang menggunakan BBM. Satu-satunya cara untuk mengisi ulang baterainya adalah dengan menghubungkan kendaraan ke titik pengisian daya. (C. Mahmoudi, 2014: 36).

Hybrid Electric Vehicle (HEV)



Gambar 3. Hybrid Electric Vehicle (HEV) (C. Mahmoudi, 2014: 36).

HEV memiliki *power source* sebuah motor elektrik (*Electric Motor*) atau motor listrik ber-IEC (*Internal Combustion Engine*) dapat disebut dengan diesel motor (Gambar 3). Inovasi ini dapat dipakai untuk masalah *energy crisis* dan *air pollution* di kota-kota. Susunan HEV ini tersusun dari satu ICE, satu generator, battery, dan electric motor. Susunan HEV didistribusikan menjadi PHEV atau *Parallel Hybrid Electric Vehicle*, SPHEV atau *Series-Parallel Hybrid Electric Vehicle*, dan SHEV atau *Series Hybrid Electric Vehicle*. Susunan ini berdampak di distribusi kerja dua motor ICE dan DC motor sebagai EM.

Charging Station (CS)

Charging station adalah alat untuk mengisi daya baterai pada EV. Waktu yang diperlukan untuk mengisi daya baterai bergantung sisi tegangan ataupun arus yang dihasilkan alat pengisian daya, ketika arus ataupun tegangannya rendah maka waktu mengisi daya akan lebih lama, lalu ketika arus ataupun tegangannya tinggi maka waktu pengisian daya akan lebih cepat.

Charging station memiliki klasifikasi yaitu DC Fast Charge (DCFC), AC level 2, dan AC level 1. Klasifikasi tersebut berkaitan alat untuk mengisi daya baterai EV. Ketika level mengisi

semakin tinggi maka waktu mengisi akan lebih singkat (F.S.Kamajaya, 2015: 163-166).

Tabel 1. Level Charging Station

Level	AC Supply (V)	Arus Maks (A)	Daya Maks (kW)	Charger Location
AC Level 1	120	12	1,44	Onboard 1-fasa
AC Level 2	240	32	7,7	Onboard 1/3 fasa
DC Level 3	208-600	400	240	Offboard 3-fasa

AC level 1

AC level 1 Charging adalah alat mengisi daya yang paling sering digunakan, dimana menggunakan standard residensial dengan voltase 120 volt. Sebagian besar pabrikan EV menggunakan AC level 1 EVSE untuk standar sehingga tanpa memerlukan additional part. Pada pengisian daya dengan AC level 1 selama 60 menit dapat menambah kurang lebih 6 km jarak tempuh perjalanan.



Gambar 4. CS level 1 (New West Technologies, 2015: 18).

AC level 2

AC Level 2 Charging membutuhkan residensial dengan 220-240 volt. Pada pengisian ulang menggunakan AC Level 2 dengan lama pengisian 60 menit dapat menambah kurang lebih 25 km perjalanan untuk angkutan pada 3.3 kW onboard charger, atau 50 km untuk kendaraan dengan 6.6 kW onboard charger. Perangkat ini mampu digunakan dalam mengisi daya yang lebih singkat, tetapi diperlukan ahli dalam penataan listrik dan kesesuaian penggunaan sirkuit kelistrikan.



Gambar 5. CS level 2 (New West Technologies, 2015: 8).

DC Fast Charging (DCFC)

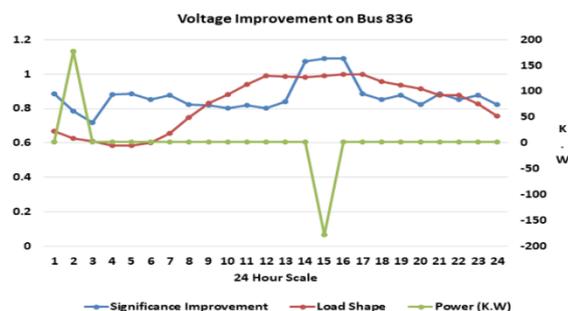
DCFC merubah AC current menjadi DC current pada peralatan EVSE, sehingga menyediakan arus searah (DC) yang memiliki daya tinggi dengan memotong jalur charger mobil untuk langsung menuju traction baterai EV melewati inlet pengisian pada kendaraan. Peralatan DCFC menggunakan komersial dengan 480-volt AC power service. Pada pengisian ulang selama 20-30 menit DCFC dapat menambah kurang lebih 130-160 km jarak tempuh perjalanan. (D.Kettles, 2016: 424-443).



Gambar 6. CS level 1 (New West Technologies, 2015: 27).

Penggunaan CS

Untuk data load shape pada OpenDSS penggunaan CS dalam 24 jam sebagai berikut :



Gambar 7. penggunaan CS (M.Aqib, 2019: 223).

Flower Pollination Algorithm (FPA)

Flower Pollination Algorithm merupakan algoritma heuristik tinggi yang dapat menggantikan metode klasik (F.P. Sakti, 2019: 36-43). Beberapa fenomena penyerbukan bunga adalah sebagai berikut (F.P. Sakti, 2017: 3).

1. Penyerbukan menyeluruh (global) diketahui sebagai penyerbukan silang dan penyerbukan biotik, yaitu organisme penyerbuk yang membawa serbuk sari dengan gerak Lévy Flights.
2. Penyerbukan domestik (lokal) diketahui sebagai penyerbukan sendiri dan penyerbukan abiotik.
3. Flower constancy diketahui untuk probabilitas reproduksi yang seimbang dengan persamaan dari keterlibatan dua buah bunga.
4. Penyerbukan global dan lokal diatur oleh peluang berpindah.

Dalam algoritma ini mencakup dua pijakan inti, yaitu penyerbukan domestik dan penyerbukan menyeluruh. Ketika penyerbukan menyeluruh, serbuk sari yang bermula pada bunga diangkut oleh organisme yang menyerbuk, dan serbuk sari dapat menjalankan jalan jarak jauh dikarenakan organisme penyerbuk dimungkinkan berpindah-pindah di tempat yang lapang. Pada jalan tersebut dapat mengeluarkan solusi teroptimal yang ditampilkan pada regulasi pertama, dan direpresentasikan secara matematis dengan fenomena flower constancy sebagai berikut : (M.R. Djalal, 2017: 3).

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \gamma L(\lambda)(x_i^t - g^*)$$

x_i^t : vektor solusi x_i atau serbuk sari i di iterasi t ,
 g^* : hasil paling baik dari iterasi yang berjalan.
 L : kekuatan dari penyerbukan, merupakan besar langkah.

Pada aturan kedua atau polinasi lokal, representasi dari hubungan spesifik bunga sebagai berikut :

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \epsilon (x_j^t - x_k^t)$$

x_j^t dan x_k^t : serbuk sari yang memiliki asal bunga yang lain dengan jenis sama.

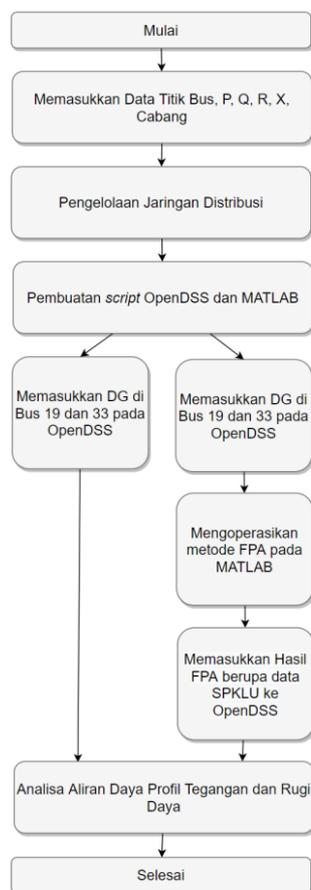
Secara matematis, jika x_j^t dan x_k^t dipilih dari populasi serupa atau datang dari jenis yang serupa, jika harga ϵ adalah pendistribusi serupa 0 sampai 1, maka akan menjadi tahap acak lokal.

Analisa Aliran Daya

Di awal memasukan variabel titik bus, daya, dan impedans atau beban yang telah diketahui dari sebuah diagram satu garis, kemudian membuat permodelan jaringan distribusinya dalam suatu software ETAP 12.6.

Dari model jaringan distribusi yang ada dibuat bahasa pemrograman di OpenDSS untuk bahan data analisa profil tegangan dan rugi-rugi daya nantinya. Pada bahasa pemrograman Matlab digunakan untuk menjalankan metode Flower Pollination Algorithm dengan data-data variabel titik bus, daya, dan impedans atau beban dari OpenDSS, sehingga terjalin komunikasi data antara OpenDSS dengan Matlab, yaitu OpenDSS sebagai sumber data metode dan Matlab sebagai operasi metode Flower Pollination Algorithm. Kemudian menjalankan simulasi dengan dua model yaitu dengan menambahkan generator terdistribusi pada bus 33 dan bus 19 di OpenDSS dan pada model kedua dengan menambahkan generator terdistribusi pada bus tersebut serta menambahkan letak dan kapasitas stasiun pengisian kendaraan listrik di OpenDSS. Dimana letak dan kapasitas stasiun pengisian kendaraan listrik diperoleh dari hasil operasi metode Flower Pollination Algorithm oleh Matlab.

Setelah semua variabel dimasukkan dapat melakukan analisa profil tegangan dan rugi daya menggunakan *software* OpenDSS. Kemudian didapatkan hasil penelitian profil tegangan dan rugi-rugi daya yang sebaik mungkin.



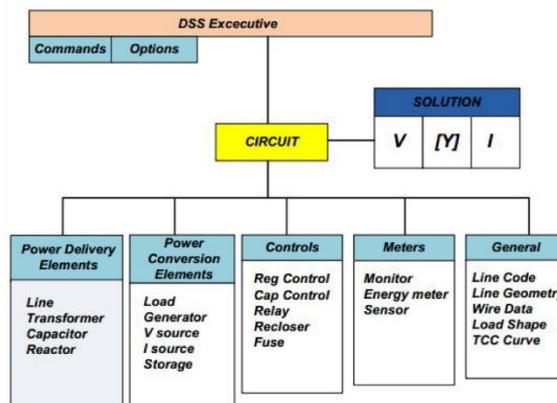
Gambar 8. Skema Penelitian

OpenDSS

OpenDSS adalah *software* simulasi untuk jaringan distribusi yang pertama kali dikembangkan pada tahun 1997 oleh Electrotek Concepts. Pada tahun 2004, OpenDSS diakuisisi oleh EPRI (*Electric Power Research Institute*) sehingga *dijadikan Open Source* pada tahun 2008 yang diprogram dalam Delphi untuk dijalankan sebagai *software* sendiri pada basis sistem operasi windows dan dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak lain seperti Excel, Python, dan Matlab (D.W. Gao, 2017: 3-4).

Untuk mensimulasi suatu rangkaian, OpenDSS memiliki fleksibilitas tinggi dalam pengolahan program dapat mempertimbangkan

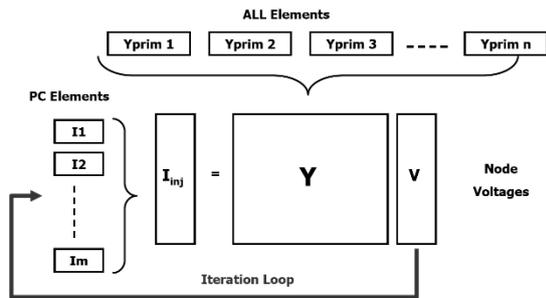
banyak elemen, seperti, elemen pengukuran, elemen umum, elemen kontrol, elemen penghantar, dan elemen konversi yang dapat digambarkan melalui diagram (gambar 9). OpenDSS diintegrasikan dengan *software* pihak ketiga yang lainnya melalui sebuah jalur komunikasi antarmuka, dan dibutuhkan penulisan pengguna untuk mendapatkan elemen-elemen tersebut (D.W. Gao, 2017: 3-5).



Gambar 9. Bagan cara kerja simulasi OpenDSS

OpenDSS memiliki fitur seperti *Grid Elements* yang dapat mensimulasikan suatu jaringan *distribution power grid* dengan variabel *generation* seperti kalkulasi *short-circuit*, kalkulasi rugi daya, manajemen penyimpanan, dan beban tidak seimbang. Kemudian fitur analisa aliran daya untuk tipe jaringan mesh dan radial, kemudian terdapat *capacitor bank control* untuk pengaturan bank kapasitor, kemudian terdapat analisa harmonik pada arus dan tegangan di suatu jaringan distribusi, lalu memiliki analisa transien di jaringan distribusi maupun *microgrids*, dan memiliki analisa regulasi tegangan (D.W. Gao, 2017: 3-5).

Pada penelitian ini digunakan analisa aliran daya dengan suatu sistem iterasi yang berulang dan mempertimbangkan elemen penghantar seperti kabel, kapasitor, reaktor, dan transformator serta mempertimbangkan elemen konversi seperti sumber arus, sumber tegangan, reaktor, generator, dan beban. Dimana pengolahan elemen-elemen tersebut dapat digambarkan seperti berikut:



Gambar 10. Bagan iterasi solusi OpenDSS (R.C Dugan, 2013: 1-177).

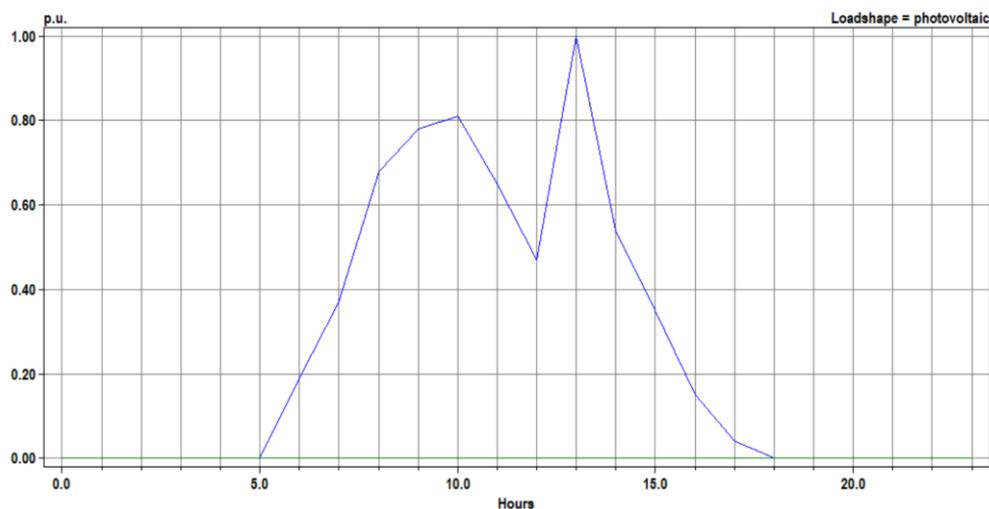
Untuk pencarian solusi difokuskan pada sistem nonlinier admitansi dengan rumus

$$berikut : I_{inj}(V) = Y_{system}V$$

Dimana merupakan injeksi atau kompensasi elemen konversi yang dimungkinkan pada elemen nonlinier.

Photovoltaic

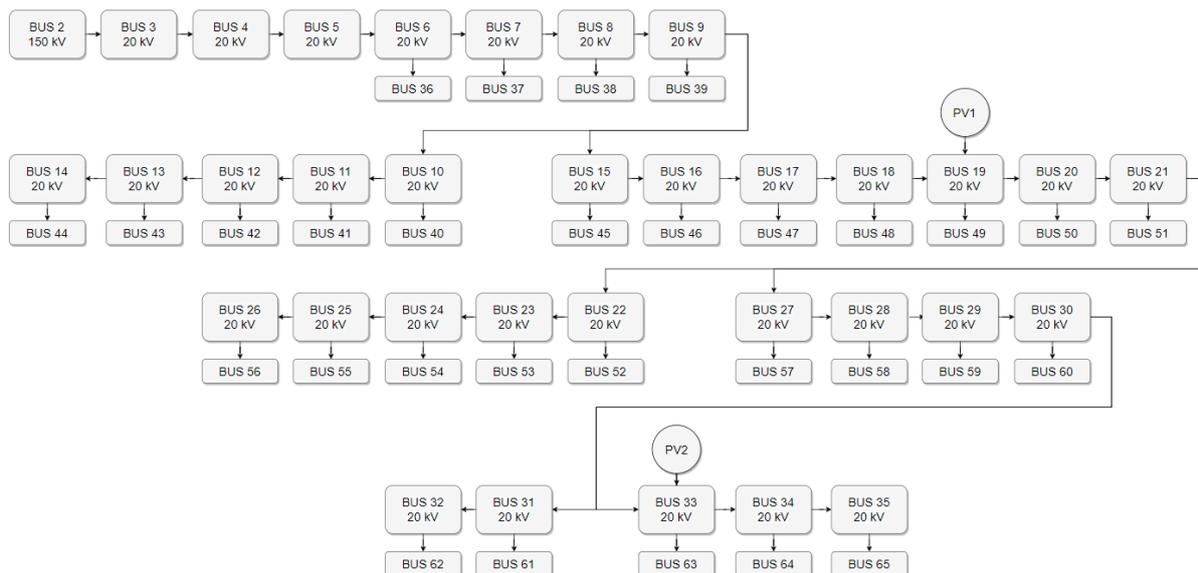
Grid terkoneksi *photovoltaic (PV) solar panel* adalah pembangkit listrik tenaga matahari. *Solar panel module* dapat menjadikan energi matahari menjadi *DC current*. *DC current* yang diproduksi kemudian didistribusi dengan *power converter* yang menjadikan *AC current*, dimana dengan sendirinya akan mengatur sistem keseluruhan. *AC current* akan disebarkan lewat hubung bagi distribusi lalu mengalirkan listrik di sistem distribusi. Data *photovoltaic power* yang dihasilkan dari mengamati dan mengukur tiap harinya di Quensland University dapat dilihat pada gambar berikut, (UQ *Solar photovoltaic data*, 2019).



Gambar 11. Kurva profil daya output PV

Penyulang Bantul 05

Data penelitian ini berasal dari penyulang GI Bantul 05 Yogyakarta. Berikut diagram penyulang Bantul 05 di Yogyakarta setelah diintegrasikan dengan DG pada bus 19 dan 33:



Gambar 12. Data penyulang Bantul 05 (J.T Putra, 2019: 74).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada analisis data penjualan mobil listrik di Indonesia diperoleh jenis dan spesifikasi EV yang banyak digunakan (H.S Das, 2020: 36). Berikut spesifikasi EV :

Tabel 2. Spesifikasi EV

Parameter	Toyota Plug-in Prius	Exora REEV	Honda Fit- EV	Mitsubishi i-MiEV
Type	Plug-In hybrid	Plug-In hybrid	Battery	Battery
Jarak tempuh (Km)	24	97	131	160
Kapasitas baterai (kWh)	4,4	13,5	20	16
Onboard Charger (kW)	1,44	3,8	6,6	2,3
Quick charger (kW)	3,3	20	40	50
Waktu pengecasan	Onboard : 3 jam Quick : 1,5 jam	Onboard : 4 jam Quick : 0,5 jam	Onboard : 3 jam Quick : 0,5 jam	Onboard : 8 jam Quick : 0,5 jam

Dari spesifikasi EV diperoleh type CS yang sesuai untuk pemenuhan kebutuhan level pengecasan (kW) pada SPKLU (A.Bahrami, 2020: 36). Diperoleh tipe CS sebagai berikut :

Tabel 3. Type dan Spesifikasi CS

Parameter	Type 2 CCS
Power	L1 max 3.7 kW, L2 max 43.5 kW, L3 max 350 kW
Convenience	1.5 konektor Ukuran menengah
Communication	PLC
Flexibility	L1 & L2; 1 phase, split phase, 3 phase, DC low, DC mid L3 ; up to 850 V
Support	Europa

Pada penelitian dengan menggunakan software OpenDSS telah didapatkan hasil profil tegangan dan rugi-rugi daya setelah ditambahkan *Distributed Generator* pada bus 33 dan 19 di penyulang Bantul 05.

Berikut spesifikasi DG berfrekuensi 50 Hz dan memiliki fasa berjumlah 3 yang di pasang pada bus tersebut :

Tabel 4. Data DG

DG	Bus	kV	kW	kVAR
Photovoltaic 1	Bus 19	0,38	2500	1000
Photovoltaic 2	Bus 33	0,38	2500	1000

Berdasarkan hasil metode FPA didapatkan penempatan CS yang optimal pada bus 58, bus 37, dan bus 36. Berikut tabel hasil penempatan CS.

Tabel 5. Data Penempatan CS

Bus	PF	kV	kW	kVAR
Bus 58	0,9	333	300	145
Bus 37	0,9	334	301	146
Bus 36	0,9	333	300	145

Hasil Profil Tegangan

Pada penelitian ini telah didapatkan hasil profil tegangan yang telah disimulasikan dengan *software* OpenDSS pada penyulang Bantul 05 Yogyakarta.

Sebelum Integrasi SPKLU

Berikut profil tegangan setelah penyulang Bantul 05 ditambahkan DG di bus 19 dan 33 :

Tabel 6. Data Profil Tegangan 1

Parameter	Hasil di Penyulang Bantul 05 Yogyakarta
Vmax (p.u)	1,00
Vmin (p.u)	0,9695
ΣPload (kW)	6084,3
ΣkW loss	53,3

Sesudah Integrasi SPKLU

Berikut profil tegangan setelah penyulang Bantul 05 ditambahkan DG di bus 19 dan 33 dan diintegrasikan dengan SPKLU :

Tabel 7. Data Profil Tegangan 2

Parameter	Hasil di Penyulang Bantul 05 Yogyakarta
Vmax (p.u)	1,00
Vmin (p.u)	0,9688
ΣPload (kW)	6342,4
ΣkW loss	56,1

Hasil Rugi-Rugi Daya

Pada penelitian ini telah didapatkan hasil rugi-rugi daya yang telah disimulasikan dengan *software* OpenDSS pada penyulang Bantul 05 Yogyakarta.

Sebelum Integrasi SPKLU

Berikut rugi-rugi daya setelah penyulang Bantul 05 ditambahkan DG di bus 19 dan 33 :

Tabel 8. Rugi-rugi daya 1

Parameter	Hasil di Penyulang Bantul 05 Yogyakarta
Total losses(%)	0,88%
Total losses (kW)	53,3
Line losses (kW)	27,9
Trafo losses (kW)	25,4

Sesudah Integrasi SPKLU

Berikut rugi-rugi daya setelah penyulang Bantul 05 ditambahkan dan diintegrasikan dengan SPKLU:

Tabel 9. Rugi-rugi daya 2

Parameter	Hasil di Penyulang Bantul 05 Yogyakarta
Total losses(%)	0,88%
Total losses (kW)	56,1
Line losses (kW)	29,2
Trafo losses (kW)	26,9

SIMPULAN

Aliran daya dengan simulasi OpenDSS pada penyulang Bantul 05 yang telah ditambahkan DG pada bus 19 dan bus 33 dengan nilai masing-masing 2500kW telah memiliki profil tegangan dengan nilai terendah 0,9695 p.u dan rugi daya 53,3 kW. Setelah dilakukan metode *Flower Pollination Algorithm* dihasilkan integrasi SPKLU pada bus 58 dengan nilai 300 kW, bus 37 bernilai 301 kW, dan bus 36 bernilai 300 kW memiliki *voltage profile* minimum 0,9688 p.u dan rugi daya 56,1. Sehingga dapat disimpulkan hasil dari penambahan SPKLU dengan metode *Flower Pollination Algorithm* pada penyulang Bantul 05 yang telah ditambahkan DG pada bus 19 dan bus 33 dengan nilai masing-masing 2500 kW memiliki pengaruh penambahan losses sebesar 3,8 kW/hari.

DAFTAR RUJUKAN

G. A. Widyaningsih. 2017. *Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. J. Huk.*

- Lingkung. Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 139–152, doi: 10.38011/jhli.v4i1.53.
- J. T. Putra, I. Istiqomah, R. Khomarudin, and A. Diantoro. 2019. *Pengaruh pembangkit photovoltaic sebagai distributed energy resources terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya pada Penyulang Bantul 05 Yogyakarta. Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 15, no. 2, p. 72, doi: 10.36055/tjst.v15i2.6811.
- C. Mahmoudi, A. Flah, and L. Sbita. 2014. *An overview of electric Vehicle concept and power management strategies. 2014 Int. Conf. Electr. Sci. Technol. Maghreb, Cist. 2014*, no. November, doi: 10.1109/CISTEM.2014.7077026.
- F. Sutra Kamajaya and M. Muzmi Ulya. 2015. *Analisis Teknologi Charger Untuk Kendaraan Listrik – Review. J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 3, pp. 163–166, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.03.4.
- M. Smith and J. Castellano. 2015. *Costs Associated With Non-Residential Electric Vehicle Supply Equipment. U.S. Dep. Energy*, no. November, pp. 1–43.
- D. Kettles *et al.*. 2016. *Electric Vehicle Sales and Future Projections. Appl. Energy*, vol. 168, no. January, pp. 434–443
- M. Aqib and A. Ukil. 2019. *Voltage Sensitivity Analysis and Demand Dispatch Option of Electric Vehicle in Smart Grid. 2019 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Asia, ISGT 2019*, pp. 218–223, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2019.8881803.
- F. P. Sakti and J. T. Putra. 2019. *Optimal Reactive Power Dispatch untuk Meminimalkan Rugi Daya Menggunakan Flower Pollination Algorithm. J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 36–43, doi: 10.15294/jte.v11i2.21680.
- F. P. Sakti, S. Sarjiya, and S. P. Hadi. 2017. *Optimal Power Flow Using Flower Pollination Algorithm: A Case Study of 500 kV Java-Bali Power System. IJITEE (International J. Inf. Technol. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 2, doi: 10.22146/ijitee.28363.
- M. R. Djalal, Y. Yunus, and A. Imran. 2017. *Flower Pollination Algorithm Pada Pengendalian Kecepatan Motor Induksi. vol. 15, no. 1.*
- D. W. Gao, E. Muljadi, T. Tian, and M. Miller. 2017. *Software Comparison for Renewable Energy Deployment in a Distribution Network. Nrel.*
- R. C. Dugan. 2013. *Reference Guide: The Open Distribution System Simulator (OpenDSS). Electr. Power Res. Institute, Inc.*, no. November, pp. 1–177.
- UQ solar photovoltaic data. <http://solar.uq.edu.au/>, 11/04/2021
- H. S. Das, M. M. Rahman, S. Li, and C. W. Tan. 2020. *Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 120, no. November, doi: 10.1016/j.rser.2019.109618.
- A. Bahrami. 2020. *EV Charging Definitions, Modes, Levels, Communication Protocols and Applied Standards Technical Report. no. January.*