

Analisis Load Flow SUTET 500kV Jawa-Bali Menggunakan Power Word Simulation

Ratih Puspita Siwi¹, Agus Siswanto², Denis Febrianto³, Arifudin⁴

¹Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sulawesi

^{2,3,4}Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

¹ratihpuspitasawi@gmail.com, ²asiswanto.untagrb@gmail.com

Abstrak

Sistem tenaga listrik telah berperan sangat luas dalam perkembangan dan peningkatan kesejahteraan hidup manusia di segala bidang. Kualitas daya listrik dan penyalurannya harus selalu ditingkatkan untuk mencapai stabilitas daya dan efisiensi jaringan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar tegangan pada tiap bus, daya aktif, daya reaktif dan kondisi aliran daya pada saluran-saluran transmisi di sistem 500 kV Jawa-Bali. Pembuatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juli 2022 di Kota Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu aplikasi *power word* simulator. Data yang digunakan pada penelitian ini didapat dari PT. PLN (Persero) penyaluran dan pusat pengaturan beban Jawa-Bali pada tahun 2021. Sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sebelum PLTU Kanci terdiri dari 25 bus dan 8 unit pembangkit. Sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sesudah PLTU Kanci terdiri dari 25 bus dan 9 unit pembangkit. Hasil dari pembahasan ini adalah besar tegangan tiap bus dan kondisi aliran daya pada sistem transmisi 500 kV Jawa-Bali mampu menampung dan mengalirkan daya dengan baik ketika 1 unit pembangkit tidak beroperasi. Akan tetapi, kondisi aliran daya mengalami gangguan ketika 2 unit pembangkit tidak beroperasi.

Kata Kunci: Aliran Daya, SUTET 500 kV Jawa-Bali dan Power Word Simulator

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik telah berperan sangat luas dalam perkembangan dan peningkatan kesejahteraan hidup manusia di segala bidang. Kualitas daya listrik dan penyalurannya harus selalu ditingkatkan untuk mencapai stabilitas daya dan efisiensi jaringan. Dengan optimasi jaringan yang dikonfigurasi atau perbaikan saluran agar diperoleh efisiensi yang baik. Dalam sistem tenaga listrik juga tidak terlepas dari gangguan-gangguan, baik yang berupa gangguan internal maupun gangguan eksternal. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik hampir semua berupa gangguan yang tidak simetri yaitu gangguan satu jaringan ke tanah, gangguan jaringan ke jaringan dan gangguan dua jaringan ke tanah^[1].

Sistem interkoneksi Jawa-Bali memasok daya listrik bertegangan 500 kV melalui saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) ke seluruh wilayah Jawa, Madura dan Bali. Daya listrik ini dihasilkan dari beberapa pembangkit besar di Pulau Jawa seperti Pembangkit Suralaya di Banten, Pembangkit Tanjung Jati B di Jawa Tengah dan Pembangkit Paiton di Jawa Timur. Pengelola operasi sistem interkoneksi Jawa adalah PLN P3B Jawa Bali yang berlokasi di Gandul, Jakarta^[1].

Power World Simulator (PWS) adalah bentuk analisis dan simulasi dari sistem tenaga listrik yang menggunakan suatu program komputer dalam bentuk desain *single line diagram* dengan tujuan untuk menggambarkan kondisi nyata dari jaringan tenaga listrik. *Software* ini mampu menyajikan data dan simulasi disertai dengan animasi interaktif sehingga dapat memberikan informasi

dengan jelas yang menampilkan solusi perhitungan dari masalah-masalah pada sistem tenaga dengan cara memperkirakan, mendemonstrasikan perhitungan dan menampilkan desain simulasi dari sistem tenaga dengan *tool* yang terdapat pada program^[1]. Berdasarkan uraian-uraian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Load flow SUTET 500 kV JAWA - BALI Menggunakan *Power Word Simulation*”.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik secara umum terdiri dari 3 bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi, kadang kadang dalam *literature* yang lain ditambahkan *substation* (Gardu Induk). Berikut ini merupakan gambar pembagian sistem tenaga listrik secara umum:



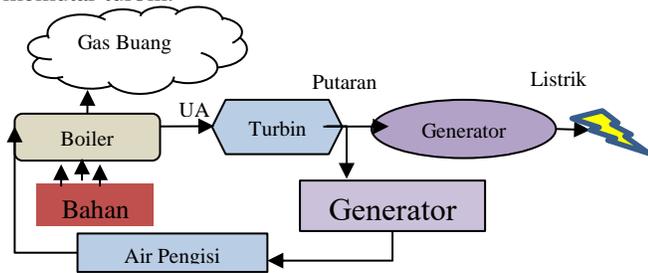
Gambar 1. Pembagian Sistem Tenaga Listrik Secara Umum^[8]

Pada pusat pembangkit terdapat generator dan transformator penaik tegangan (*step up transformer*). Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan tersebut dinaikkan tingkat tegangan pada gardu induk, transmisi oleh transformator penaik tegangan untuk mengurangi rugi-rugi daya transmisi. Setelah dinaikkan kemudian energi listrik dikirimkan melalui saluran transmisi bertegangan tinggi menuju pusat-pusat beban. Setelah energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah energi listrik di gardu induk distribusi untuk diturunkan

tingkat tegangan melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah maupun tegangan rendah. Setelah itu energi listrik akan disalurkan melalui saluran distribusi menuju pusat-pusat beban^[9].

B. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan jenis pembangkit yang menggunakan “uap panas” untuk memutar turbin.



Gambar 2. Komponen PLTU^[10]

Berdasarkan Gambar 3. dapat dijelaskan fungsi dari setiap bagian yang terdapat pada komponen PLTU, sebagai berikut:

1. *Boiler* berfungsi untuk mengubah air (*feed water*) menjadi uap panas lanjut (*superheated steam*) yang akan digunakan untuk memutar turbin. Disini energi kimia bahan bakar diubah menjadi energi panas dari uap.
2. Turbin berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi mekanik. Poros turbin dipasangkandengan poros generator, sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.
3. Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin (uap yang telah digunakan untuk memutar turbin).
4. Generator berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik.



Gambar 3. PLTU Kanci^[7]

C. Tegangan Listrik

Tegangan listrik 500 kV adalah tegangan yang bekerja pada elemen atau komponen dari satu ke terminal atau kutub lain yang dapat menggerakkan muatan listrik sebesar 500 kV. Tegangan listrik 500 kV atau saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) adalah saluran tenaga listrik yang menggunakan kawat telanjang (konduktor) di udara

bertegangan nominal 230-500 kV sesuai dengan standar di bidang ketenagalistrikan^[13].

Menurut Peraturan Menteri energi dan sumber daya mineral Tahun 2015 terdapat beberapa lingkup yang perlu diperhatikan terkait dengan tegangan 500 kV, diantaranya:

1. Ruang bebas adalah ruang yang dibatasi oleh bidang vertikal dan horizontal di sekeliling dan di sepanjang konduktor SUTET dimana tidak boleh ada benda di dalamnya demi keselamatan manusia, makhluk hidup dan benda lainnya serta keamanan operasi SUTET.
2. Jarak bebas minimum vertikal dari konduktor adalah jarak terpendek secara vertikal antara konduktor SUTET dengan permukaan bumi atau benda di atas permukaan bumi yang tidak boleh kurang dari jarak yang telah ditetapkan demi keselamatan manusia, makhluk hidup dan benda lainnya serta keamanan operasi SUTET.
3. Jarak bebas minimum horizontal dari konduktor adalah jarak terpendek secara horizontal dari konduktor ke bidang vertikal ruang bebas bidang vertikal tersebut sejajar dengan sumbu vertikal menara/tiang dan konduktor.



Gambar 4. Jaringan 500 kV^[13]

D. Saluran Transmisi 500 kV

Saluran transmisi berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat-pusat pembangkit ke pusat-pusat beban (gardu induk). Secara umum, kapasitas saluran transmisi diketahui melalui level tegangan saluran tersebut. Namun dalam pengoperasiannya, karakteristik saluran transmisi tersebut harus diketahui secara rinci agar susut tegangan, rugi-rugi daya, dan kapasitas saluran (kemampuan hantar arus) itu tidak melanggar batasan-batasan pengoperasian.

E. Load Flow atau Aliran Daya

Menurut Murthy dalam (Mudjiono, dll, 2021:56) menyatakan bahwa aliran daya atau *load flow* adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif serta faktor daya yang terdapat pada berbagai simpul dalam jaringan listrik pada kondisi operasi normal. Studi aliran daya diperlukan dalam perencanaan pengembangan suatu sistem tenaga karena pengoperasian sistem tersebut akan bergantung pada penambahan beban, pembangkit baru ataupun saluran transmisi baru. Pada umumnya tujuan dilakukannya analisis aliran daya antara lain^[3]:

1. Peramalan jangka pendek yang merupakan peramalan yang memprediksikan keadaan jangka waktu tiap jam hingga harian.

2. Peramalan jangka menengah yang merupakan peramalan yang memprediksikan keadaan dalam jangka waktu tiap bulan hingga mingguan.
3. Peramalan jangka panjang yang merupakan peramalan yang memprediksikan keadaan dalam jangka waktu beberapa tahun kedepan.

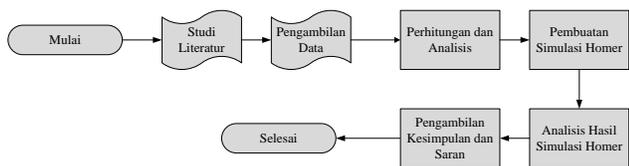
F. Power World Simulation

Power world simulator adalah bentuk analisis dan simulasi dari sistem tenaga dengan menggunakan suatu program komputer dalam bentuk desain *single line diagram*. *Power world simulator* menampilkan solusi perhitungan dari masalah-masalah pada sistem tenaga dengan cara memperkirakan, mendemonstrasikan perhitungan dan menampilkan desain simulasi dari sistem tenaga dengan tool yang terdapat pada program. *Simulator* merupakan hasil integrasi atau penggabungan dari elemen-elemen sistem tenaga yang digambar dalam bentuk tampilan *single line diagram*. Ini dari *simulator* yaitu tampilan aliran dari sistem tenaga untuk memperoleh solusi secara efektif dari 60.000 kasus. Untuk membuat simulasi yang benar digunakan analisis tampilan dengan *power flow standalone*. Tampilan *power flow standalone* tidak sama dengan tampilan yang didapat pada tampilan *power flow*, tetapi *power flow standalone* pada *simulator* menggunakan sistem visual yang menggunakan diagram animasi satu garis dengan warna dan mempunyai kemampuan untuk merencanakan desain sistem tenaga^[1].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara atau teknik yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian. Adapun langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu:

1. Pengumpulan data
Pengambilan dan pengumpulan data yang didapat dari PT. PLN PERSERO.
2. Pengolahan dan analisis data
Mengolah data yang di dapat dengan menggunakan *Power Word Simulation*, dengan cara:
 - a. Penggambaran *single line diagram*
 - b. Memasukan data dari peralatan listrik
 - c. Menganalisis data aliran daya listrik pada SUTET 500 kV Jawa-Bali.



Gambar 5. Flow chart penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu aplikasi *power world simulator*. *Power world simulator* adalah bentuk analisis dan simulasi dari sistem tenaga dengan

menggunakan suatu program komputer dalam bentuk desain *single line diagram*. *Power world simulator* menampilkan solusi perhitungan dari masalah-masalah pada sistem tenaga dengan cara memperkirakan, mendemonstrasikan perhitungan dan menampilkan desain simulasi dari sistem tenaga dengan *tool* yang terdapat pada program.

A. Sistem Tenaga Listrik 500kV Sebelum PLTU Kanci Masuk

Sistem ini terdiri dari 25 bus dan 8 unit pembangkit. Berikut ini merupakan data pada masing-masing bus dan pembangkit pada sistem tenaga listrik 500 kV tersebut:

1. Data pembangkitan beban penuh pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali

Pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sebelum PLTU Kanci memiliki 8 unit pembangkit. Pada penelitian ini data pembangkitan pada masing-masing generator dalam kondisi beban penuh, sebagai berikut:

Tabel 1. Data pembangkitan beban penuh pada 500 kV Jawa-Bali

No	Generator	Tipe	Daya aktif (P) (MW)	Daya reaktif (Q) (MW)
1	Suryalaya	Uap	1.710	333
2	Muaratawar	Gas & Uap	650	50
3	Cirata	Air	1.126	990
4	Saguling	Air	1.343	990
5	Paiton	Uap	2.494	741
6	Grati	Gas & Uap	442	23
7	Tanjung Jati	Uap	300	46
8	Gresik	Gas & Uap	681	21
Jumlah			8.746	3.194

Sumber: *Power Word Simulator* (2022)

2. Data beban penuh pada tiap bus 500 kV Jawa-Bali
Pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sebelum PLTU Kanci memiliki 25 unit bus. Pada penelitian ini data bus dalam pembebanan penuh, sebagai berikut:

Tabel 2. Data beban penuh pada tiap bus 500 Kv Jawa-Bali

No	Nama Bus	Daya aktif (P) (MW)	Daya reaktif (Q) (MW)
1	Suryalaya	1.936	160
2	Balajara	4.298	-91
3	Cilegon	1.754	-133
4	Cibinong	979	-66
5	Gandul	1.582	22
6	Kembangan	708	-20
7	Depok	3.276	220
8	Muaratawar	1.425	-85
9	Bekasi	2.794	73
10	Cawang	3.181	-36
11	Cibatu	7.729	697
12	Cirata	1.874	126
13	Saguling	1.118	904
14	Bandung Selatan	4.202	306
15	Madirancan	2.719	-481
16	Unggaran	358	532
17	Ngimbang	600	-20
18	Tasikmalaya	2.389	498
19	Pedan	296	-91
20	Kediri	659	678
21	Paiton	621	-698
22	Suryabara Barat	338	-159
23	Grati	361	41
24	Tanjung Jati	300	462
25	Gresik	82	167
Jumlah		45.579	3.006

Sumber: Power Word Simulator (2022)

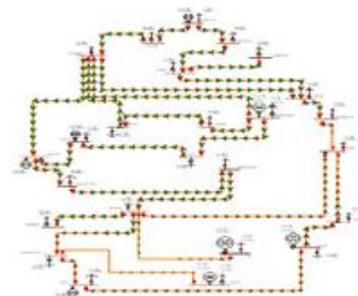
3. Data beban pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali
 Pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sebelum PLTU Kanci memiliki beban. Pada penelitian ini data beban penuh, sebagai berikut:

Tabel 3. Data beban penuh sistem tenaga listrik 500 Kv Jawa-Bali

No	Nama Bus	Daya aktif (P) (MW)	Daya reaktif (Q) (MW)
1	Suryalaya	-	-
2	Balajara	850	399
3	Cilegon	600	499
4	Cibinong	499	300
5	Gandul	597	313
6	Kembangan	708	198
7	Depok	215	78
8	Muaratawar	650	500
9	Bekasi	425	250
10	Cawang	500	322
11	Cibatu	599	549
12	Cirata	524	400
13	Saguling	-	-
14	Bandung Selatan	500	200
15	Madirancan	425	293
16	Unggaran	299	150
17	Ngimbang	600	200
18	Tasikmalaya	396	198
19	Pedan	300	150
20	Kediri	350	200
21	Paiton	499	150
22	Suryabara Barat	569	300
23	Grati	499	299
24	Tanjung Jati	300	150
25	Gresik	599	450
Jumlah		11.503	6.548

Sumber: Power Word Simulator (2022)

4. Single line diagram pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali



Gambar 6. Single Line Diagram Pada 500 kV Jawa-Bali Sebelum PLTU Kanci Sumber: Power Word Simulator (2022)

4.2 Sistem Tenaga Listrik 500kV Sesudah PLTU Kanci Masuk

Sistem ini terdiri dari 25 bus dan 9 unit pembangkit. Berikut ini merupakan data pada masing-masing bus dan pembangkit pada sistem tenaga listrik 500 kV tersebut:

1. Data pembangkitan beban penuh pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali

Pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sesudah PLTU Kanci memiliki 9 unit pembangkit. Pada penelitian ini data pembangkitan pada masing-masing generator dalam kondisi beban penuh, sebagai berikut:

Tabel 4. Data pembangkitan beban penuh pada 500 kV Jawa-Bali

No	Generator	Tipe2	Daya aktif (P) (MW)	Daya reaktif (Q) (MW)
1	Suryalaya	Uap	9.632	2818
2	Muaratawar	Gas & Uap	3.160	1834
3	Cirata	Air	1.126	990
4	Saguling	Air	1.343	990
5	Madirancan	Uap	600	76
6	Paiton	Uap	2.494	650
7	Grati	Gas & Uap	442	1143
8	Tanjung Jati	Uap	600	118
9	Gresik	Gas & Uap	681	106
Jumlah			20.078	8.725

Sumber: Power Word Simulator (2022)

2. Data beban penuh pada tiap bus 500 kV Jawa-Bali

Pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sebelum PLTU Kanci memiliki 25 unit bus. Pada penelitian ini data bus dalam pembebanan penuh, sebagai berikut:

Tabel 5. Data beban penuh pada tiap bus 500 Kv Jawa-Bali

No	Nama Bus	Daya aktif (P) (MW)	Daya reaktif (Q) (MW)
1	Suryalaya	326	103
2	Balajara	425	16
3	Cilegon	292	-55
4	Cibinong	184	41
5	Gandul	210	-120
6	Kembangan	684	-20
7	Depok	2.900	140
8	Muaratawar	1.521	-12
9	Bekasi	2.671	42
10	Cawang	302	-8
11	Cibatu	7.208	-761
12	Cirata	1.242	134
13	Saguling	1.343	990
14	Bandung Selatan	2.908	556
15	Madirancan	1.715	97
16	Unggaran	1.664	239
17	Ngimbang	600	86
18	Tasikmalaya	2.091	526
19	Pedan	379	-212
20	Kediri	923	591
21	Paiton	253	- 611
22	SuryabaraBarat	318	-60
23	Grati	442	114
24	Tanjung Jati	300	118
25	Gresik	82	61
Jumlah		30.983	1.995

Sumber: Power Word Simulator (2022)

3. Data beban penuh pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali

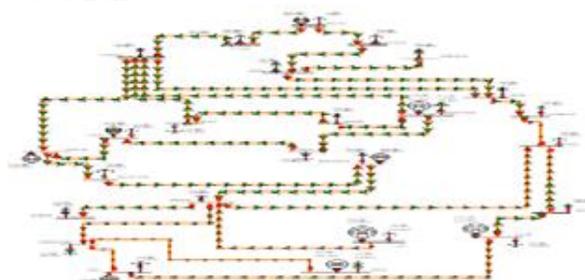
Pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali sebelum PLTU Kanci memiliki beban. Pada penelitian ini data beban penuh, sebagai berikut:

Tabel 6. Data beban penuh pada 500 kV Jawa-Bali

No	Nama Bus	Daya aktif (P) (MW)	Daya reaktif (Q) (MW)
1	Suryalaya	-	-
2	Balajara	850	399
3	Cilegon	600	499
4	Cibinong	499	300
5	Gandul	584	306
6	Kembangan	684	191
7	Depok	210	76
8	Muaratawar	650	500
9	Bekasi	425	250
10	Cawang	500	322
11	Cibatu	599	549
12	Cirata	524	400
13	Saguling	-	-
14	Bandung Selatan	500	200
15	Madirancan	425	293
16	Unggaran	299	150
17	Ngimbang	600	200
18	Tasikmalaya	393	197
19	Pedan	300	150
20	Kediri	350	200
21	Paiton	499	150
22	Suryabara Barat	569	300
23	Grati	499	299
24	Tanjung Jati	300	150
25	Gresik	599	450
Jumlah		11.458	6.531

Sumber: Power Word Simulator (2022)

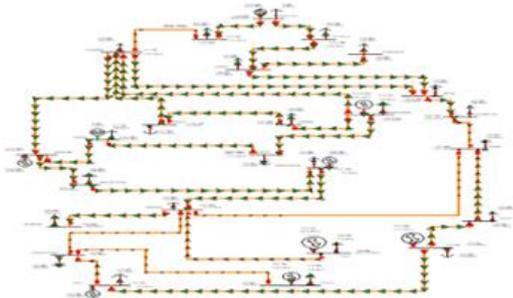
4. Single line diagram pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali



Gambar 7. Single Line Diagram Pada 500 kV Jawa-Bali Sesudah PLTU Kanci Sumber: Power Word Simulator (2022)

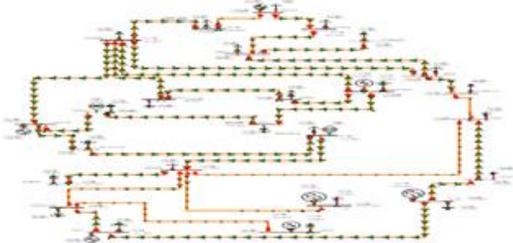
5. Single line diagram pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali ketika 1 unit pembangkit (Cirata) tidak beroperasi

DAFTAR PUSTAKA



Gambar 8. Single Line Diagram Ketika 1 Unit Pembangkit Tidak Beroperasi Sumber: Power Word Simulator (2022)

6. Single line diagram pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali ketika 2 unit pembangkit (Cirata dan Muaratawar) tidak beroperasi



Gambar 9. Single Line Diagram Ketika 2 Unit Pembangkit Tidak Beroperasi Sumber: Power Word Simulator (2022)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan software power world simulator bahwa penelitian ini dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

1. Besar tegangan tiap bus rata-rata memiliki nilai daya aktif (P) yang lebih besar daripada daya reaktif (Q) artinya sistem transmisi 500 kV Jawa-Bali mampu menampung dan mengalirkan daya dengan baik.
2. Kondisi aliran daya dapat berjalan dengan normal ketika 1 unit pembangkit tidak beroperasi pada sistem transmisi 500 kV Jawa-Bali dikarenakan adanya daya tambahan dari PLTU Kanci. Akan tetapi, kondisi aliran daya mengalami gangguan (blackout) ketika 2 unit pembangkit tidak beroperasi pada sistem transmisi 500 kV Jawa-Bali.

- [1] Ajiatmo, D., dkk. (2019). Analisis Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali 500 kV Menggunakan Power World Simulator. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan*, 10(1), 35-41.
- [2] Indrawan, K. (2018). *Analisa Aliran Daya Sistem Kelistrikan Pada PT. PLN Persero Unit Pembantu Sektor Medan Titi Kuning Menggunakan Software ETAP*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [3] Mudjiono, dkk. (2021). Analisis Pengaruh Penambahan Suplai Daya 1000 MW Terhadap Performansi Jaringan Backbone 500 kV. *Jurnal Sistem Kelistrikan*, 8(1), 55-60.
- [4] Yuli Asmi Rahman, Marlin Pamuso, Rizana Fauzi, Agus Siswanto, Performansi Grid Tie Inverter dengan Variasi Pembebanan pada PV-on Grid Module Trainer, *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*. ISSN(p): 2338-8323 | ISSN(e): 2459-9638. DOI: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v10i2.287>. Vol. 10, No. 2, Halaman 287–296, April 2022.
- [5] Agus Siswanto, Abdul Rohman, Sugeng Suprijadi, Mudofar Baehaqi, Arifudin, analisis karakteristik minyak transformator menggunakan pengujian dissolved gas analysis (dga) pada ibt 1 gardu induk, *Jurnal Ilmiah Foristek Jurusan Teknik Elektro UNTAD* <https://foristek.fatek.untad.ac.id> DOI: <https://doi.org/10.54757/fs.v12i1.142>. pISSN: 2087 – 8729 eISSN: 2087 – 8729 Vol 12, No. 1, Maret 2022.
- [6] Agus Siswanto, Ansar Suyuti, Indar Chaerah Gunadi, Sri Mawar Said, Steady-state stability limit (SSSL) assessment when wind turbine penetration to south sulawesi system using ANN. *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, ISSN 0033-2097, R. 97 NR 11/2021, doi:10.15199/48.2021.11.10.
- [7] Agus Siswanto, I.C.G., Sri Mawar Said, Ansar Suyuti, Stability Improvement by Reducing Voltage Fluctuation using SVC in Penetration Wind Power System EPI International Conference on Science and Engineering, 2019.
- [8] Siswanto, A., Steady State Stability Limit Assessment when Wind Turbine Penetrated to the Systems using REI Approach. Vol. 1. 2019. 53-57
- [9] Indar Chaerah Gunadin, Andi Muhammad Ilyas, Agus Siswanto, Zaenab Muslim, Comparison of Voltage Stability Index Before and After Wind Turbine Penetrated to Sulsebar Interconnection Power System Using Modal Analysis Method, EPI 2019, on Process Indexed in Scopus, DOI: 10.1088/1757-899X/875/1/012043

- [10] B A Ashad, A Siswanto, I C Gunadin, and Yusran, Stability Analysis and Fault Changes on Wind Turbine Effect in Multi Machine Power System, The 3rd EPI International Conference on Science and Engineering 2019 (EICSE2019), EPI 2019, on Process Indexed in Scopus, DOI: 10.1088/1757-899X/875/1/012048.
- [11] Indar Chaerah Gunadin, Ansar Suyuti, Andi Muhammad Ilyas, Agus Siswanto, Analysis of Transmission Line Stability for Sulselbar Interconnection System with the Penetration of Renewable Energy to Prevent Voltage Collapse, IOP Conference Series Materials Science and Engineering · July 2020, DOI: 10.1088/1757-899X/875/1/012045
- [12] Fitriani, I C Gunadin, A. Suyuti and A Siswanto, Dynamic stability improvement with integrated power plant scheduling method based on moment of inertia, The 3rd ICoGEE 2021, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 926 (2021) 012030 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/926/1/012030.
- [13] R. P. Siwi, I. C. Gunadin, S. M. Said, A. Siswanto and S Humena, Dynamic optimal power flow calculates intermittent wind turbine using ant colony method, The 3rd ICoGEE 2021, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 926 (2021) 012108 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/926/1/012108.