

ANALISIS DROP VOLTAGE DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP PADA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK TIMOR-1 KUPANG

Ujang Wiharja, Abdul Malik

Abstrak - Penentuan pengaturan *tap changer* pada *transformer* sangat berpengaruh untuk mengoptimalkan *drop voltage* demi mewujudkan keandalan sistem tenaga listrik pada PLTU Timor 1 karena sistem energi listrik saat ini memiliki pembangkit 2 x 50 MW dan beban puncak mencapai 90.250 kW. Rugi-rugi daya dapat menyebabkan kerusakan jika terjadi secara kontinyu. Oleh sebab itu dilakukan perhitungan menggunakan simulasi *load flow* pada ETAP dengan menentukan *tap changer* pada transformator yang ada agar tegangan jatuh (*drop voltage*) pada tiap busbar tidak melebihi standar *Total Harmonic Distorsion* (THD) yang telah ditentukan yaitu 2.0%. Pada saat *tap changer* pada *transformer* belum diatur atau masih dalam keadaan 0%, *drop voltage* pada tiap busbar dapat mencapai 3.22% - 7.29% dimana sudah melebihi batas standar yang telah ditentukan. Kemudian saat dilakukan simulasi *load flow* maka didapatkan pengaturan *tap changer* dikurangi sebesar -2.5% pada tiap *transformer* yang memiliki *drop voltage* melebihi standar. Dari hasil pengurangan pada pengaturan *tap changer* tersebut, *drop voltage* pada tiap busbar menjadi optimal yaitu 0.57% - 2.05% masih memenuhi standar. Hasil penelitian ini dapat menjadi saran untuk pengelola PLTU Timor-1 Kupang.

Kata Kunci : *load flow*, *tap changer*, *drop voltage*, busbar, ETAP.

Abstract - The *tap changer* setting on the *transformer* is very influential in optimizing the *voltage drop* in order to realize the electric power system at PLTU Timor 1 because the electrical energy system in Timor currently has 2 x 50 MW generators and the peak load reaches 90,250 kW. Power losses can cause damage if they occur continuously. Therefore, calculations are carried out using *load flow* simulation on ETAP by determining the *tap changer* on the existing *transformer* so that the *voltage drop* on each busbar does not exceed the predetermined *Total Harmonic Distortion* (THD) standard of 2.0%. When the *tap changer* on the *transformer* has not been regulated or is still at 0%, the *voltage drop* on each busbar can reach 3.22% - 7.29% which has exceeded the predetermined standard limit. Then when the *load flow* simulation is carried out, the *tap changer* setting is reduced by -2.5% for each *transformer* that has a *voltage drop* that exceeds the standard. From the results of the reduction to the *tap changer* setting, the optimal *voltage drop* on each busbar of 0.57% - 2.05% still meets the predetermined THD standard..

Key Word : *load flow*, *tap changer*, *drop voltage*, busbar, ETAP

6.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di Indonesia berkembang dengan sangat pesat. Dimana seiring dengan kemajuan teknologi tersebut juga meningkatkan kebutuhan akan energi listrik dan listrik telah menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari.

Meningkatnya kebutuhan akan energi listrik pada konsumen perlu diimbangi dengan peningkatan jumlah sumber daya listrik yang dihasilkan oleh produsen dengan cara penambahan kapasitas pembangkit ataupun membangun pembangkit baru.

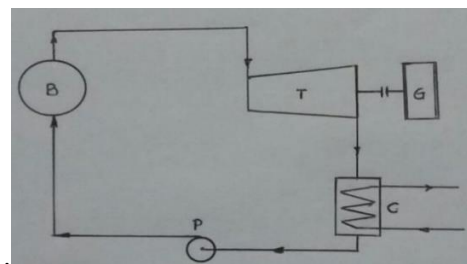
Sistem energi listrik di Timor saat ini memiliki cadangan daya sebesar 17.040 kW, dengan beban puncak mencapai 90.250 kW. Dengan dibangunnya PLTU Timor 1, Kupang Barat, Nusa Tenggara Timur ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akan energi listrik dan meningkatkan investasi di Nusa Tenggara Timur.

Aliran daya pada sistem tenaga listrik merupakan hal penting yang perlu dicermati pada sistem kelistrikan, dengan analisis dan perhitungan yang cermat terhadap aliran daya sistem tenaga listrik, dapat diketahui besar tegangan pada setiap saluran, serta menentukan *rating tap changer* peralatan apakah hasilnya sudah memenuhi batas-batas yang telah ditentukan terhadap sistem tersebut demi terwujudnya keandalan sistem kelistrikan. Maka hal ini lah yang melatar belakangi penulis untuk meneliti aliran daya pada PLTU Timor 1 menggunakan *software ETAP 12.6.0*.

2. TEORI DASAR

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit energi listrik ini menggunakan bahan bakar minyak atau gas atau batu bara sebagai sumber energi primernya. Berikut gambar skema PLTU[3].



Gambar 1 Skema diagram PLTU[2]

2.2 Penyaluran Sistem Tenaga Listrik

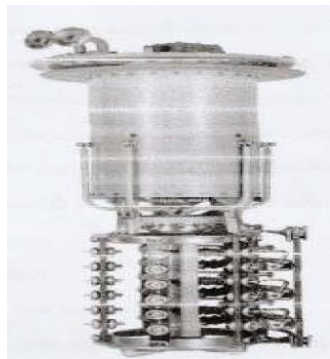
Listrik yang dihasilkan pusat listrik dapat dikirimkan sejauh puluhan hingga ratusan kilometer. Jika arus mengalir di dalam penghantar maka ada daya yang hilang, artinya daya yang diterima di ujung penerima lebih kecil daripada yang dikirim. Listrik yang hilang ketika disalurkan disebut rugi-rugi (*losses*)[3].

Berikut ini beberapa peralatan dalam penyaluran tenaga listrik :

- a. Transformator Daya
- b. Gardu Induk

2.3 Tap Changer Transformator

Tap changer merupakan alat perubahan perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan sekunder yang lebih baik dari tegangan jaringan primer yang sering berubah ubah.



Gambar 2. Tap Changer

Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan berbeban disebut “*On Load Tap Changer (OLTC)*” dan dapat berfungsi secara manual atau otomatis.

2.4 ETAP (*Electric Transient Analysis Program*)



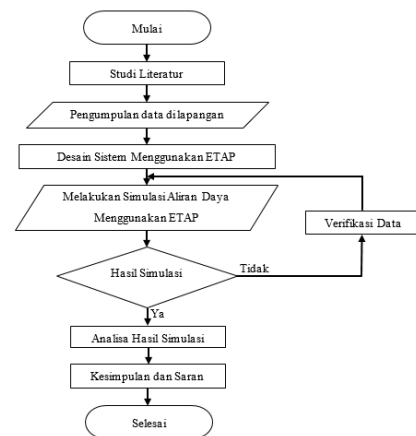
Gambar 3. Icon ETAP

Program ETAP merupakan *software* (perangkat lunak) yang mempunyai fungsi untuk melakukan analisis perhitungan studi kasus mengenai aliran daya, arus hubung singkat, stabilitas transien dan analisis perhitungan tenaga listrik lainnya. Perhitungan berdasarkan data-data masukan dan diagram segaris (*single line diagram*). Selain tampilan yang komunikatif, ETAP juga dapat melakukan perhitungan dengan jumlah bus yang banyak dan kompleks. Dengan hasil dari analisis perhitungan program aliran daya pada

khususnya, dapat dijadikan pedoman atau sebagai data awal untuk perbaikan faktor daya, dan dapat digunakan untuk menghitung perencanaan suatu sistem tenaga listrik baru[15]. ETAP dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real time*, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007)[3].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian



Gambar 4. Flow Chart Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

1. Waktu penelitian
Waktu penelitian mulai dilaksanakan dari tanggal 20 Mei sampai dengan 20 Juni 2021.
2. Lokasi penelitian
Dengan daerah yang diteliti yaitu PLTU Timor 1, Kupang, Nusa Tenggara Timur.

4. ANALISA

4.1 Hasil Analisa

Dari hasil analisa yang dilakukan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 pada studi kasus yang dibahas pada penelitian ini, yaitu penentuan *rating tap changer* peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan pada PLTU Timor 1, didasari dari gambar “Overall Single Line Diagram Timor-1 Coal Fire Steam Power Plant (2x50 MW)”.

Daftar BUS dan *Rating Voltage* dari setiap BUS dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar busbar dan *Rating Voltage*

BUS ID	Rating Voltage (v)
SWITCHYARD	150.000
BUS-100	15.000
BUS-200	15.000
MVSG-1A	6.300
MVSG-2A	6.300
MVSG-12A COMMON	6.300
MVSG-12B COMMON	6.300
LVSG-1A	400
LVSG-1B	400
LVSG-2A	400
LVSG-2B	400
LVSG-12A COMMON	400
LVSG-12B COMMON	400
LV-1AB MCC	400

LV-2AB MCC	400
LV-12AB MCC	400
LV-1 ESS MCC	400
LV-2 ESS MCC	400
LV-12 ESS MCC	400
LV-CH MCC	400
LVSG-EDG	400

Berdasarkan pada 519-1992 – IEEE “*Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*”, standar untuk tegangan *Total Harmonic Distortion (THD)* dijelaskan dalam tabel 2.

Tabel 2. *Voltage Distortion Limits* IEEE 519-1992

Tegangan Bus pada PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion (THD) (%)
≤ 69 kV	3.0	5.0
69.001 ~ 161 kV	1.5	2.5
> 161 kV	1.0	1.5

Catatan : Sistem tegangan tinggi dapat memiliki THD hingga 2,0% di mana penyebabnya adalah terminal HVDC yang akan melemah pada saat disadap untuk pengguna.

Penentuan *tap changer* pada transformator untuk menentukan tegangan jatuh pada tiap gardu dilakukan dengan simulasi *load flow* menggunakan ETAP 12.6.0.

Analisa *tap changer* tahap awal pada transformer PLTU Timor 1 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Posisi Tap awal

No	Keterangan	Posisi Tap Changer
1	GT-1	0.0%
2	GT-2	0.0%
3	UAT-1A	0.0%
4	UAT-2A	0.0%
5	PDC-1A (UNIT 1A)	0.0%
6	PDC-1B (UNIT 1B)	0.0%
7	PDC-2A (UNIT 2A)	0.0%
8	PDC-2B (UNIT 2B)	0.0%
9	PDC-12A (COMMON 12A)	0.0%
10	PDC-12B (COMMON 12B)	0.0%
11	PDC-CHA	0.0%
12	PDC-CHB	0.0%

Catatan :

- GT = Generator Transformer
- UAT = Unit Auxiliary Transformer
- PDC = Polarization and Depolarization Current

4.2 Pembahasan Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi penerapan tap awal yang dilakukan dengan ETAP, ditemukan beberapa busbar yang memiliki tegangan jatuh melebihi standar THD yang telah ditentukan yaitu sebesar 2.0%, hasil simulasi *load flow* dari ETAP yang didapatkan pada penerapan tap awal pada tiap-tiap busbar ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil simulasi *Load flow* menggunakan *setting tap changer* 0% pada tiap transformer

BUS ID	Rating Voltage (v)	Voltage Terminal (%)	Drop [Over] Voltage (%)
SWITCHYARD	150.000	N/A	N/A
BUS-100	15.000	100.00	0.00
BUS-200	15.000	100.00	0.00
MVSG-1A	6.300	95.58	4.42
MVSG-2A	6.300	96.78	3.22
MVSG-12A COMMON	6.300	95.58	4.42
MVSG-12B COMMON	6.300	95.58	4.42
LVSG-1A	400	92.81	7.19
LVSG-1B	400	92.81	7.19
LVSG-2A	400	94.02	5.98
LVSG-2B	400	94.02	5.98
LVSG-12A COMMON	400	93.08	6.92

LVSG – 12B COMMON	400	93.08	6.92
LV-1AB MCC	400	92.69	7.31
LV-2AB MCC	400	93.57	6.43
LV-12AB MCC	400	93.02	6.98
LV-1 ESS MCC	400	92.71	7.29
LV-2 ESS MCC	400	93.59	6.41
LV-12 ESS MCC	400	92.79	7.21
LV-CH MCC	400	92.78	7.22
LVSG-EDG	400	N/A	N/A

Dari hasil yang didapatkan banyak busbar yang tegangan jatuhnya melebihi dari standar THD yang telah ditetapkan yaitu 2.0%, untuk mengatasi masalah ini, kita merubah *setting tap* pada tiap transformer yang *drop voltage* busbar nya melebihi standar yang telah ditetapkan.

Setting tap yang direkomendasikan dari tiap transformer dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Posisi Tap yang direkomendasikan

No	Keterangan	Posisi Tap
1	GT-1	0.0%
2	GT-2	0.0%
3	UAT-1A	-2.5%
4	UAT-2A	-2.5%

5	PDC-1A (UNIT 1A)	-2.5%
6	PDC-1B (UNIT 1B)	-2.5%
7	PDC-2A (UNIT 2A)	-2.5%
8	PDC-2B (UNIT 2B)	-2.5%
9	PDC-12A (COMMON 12A)	-2.5%
10	PDC-12B (COMMON 12B)	-2.5%
11	PDC-CHA	-2.5%
12	PDC-CHB	-2.5%

Setelah melakukan simulasi *load flow* dengan merubah pengaturan *tap changer* dengan posisi yang direkomendasikan sebesar -2.5%, maka didapatkan hasil *drop voltage* dari tiap-tiap busbar yang sudah memenuhi standar THD yang telah ditetapkan, yaitu tidak melebihi 2.0% yang dapat dilihat dalam tabel 6.

Tabel 6. Hasil simulasi *Load flow* menggunakan *setting tap changer* -2.5% pada tiap transformer

BUS ID	Rating Voltage (v)	Voltage Terminal (%)	Drop [Over] Voltage (%)
SWITCHYARD	150.000	N/A	N/A
BUS-100	15.000	100.00	0.00
BUS-200	15.000	100.00	0.00

MVSG-1A	6.300	98.22	1.78
MVSG-2A	6.300	99.43	0.57
MVSG-12A COMMON	6.300	98.22	1.78
MVSG-12B COMMON	6.300	98.22	1.78
LVSG-1A	400	98.07	1.93
LVSG-1B	400	98.07	1.93
LVSG-2A	400	99.32	0.68
LVSG-2B	400	99.32	0.68
LVSG-12A COMMON	400	98.24	1.76
LVSG - 12B COMMON	400	98.24	1.76
LV-1AB MCC	400	97.96	2.04
LV-2AB MCC	400	98.87	1.13
LV-12AB MCC	400	98.18	1.82
LV-1 ESS MCC	400	97.97	2.03
LV-2 ESS MCC	400	98.89	1.11
LV-12 ESS MCC	400	97.95	2.05
LV-CH MCC	400	98.06	1.94
LVSG-EDG	400	N/A	N/A

Dengan menggunakan pengaturan *tap changer* yang telah direkomendasikan, yaitu sebesar -2.5%, maka tegangan jatuh dari tiap busbar dapat diminimalisir menjadi 0.57% - 2.05% dimana *drop voltage* tersebut masih memenuhi standar THD yang telah ditetapkan, yaitu 2.0%.

5. Kesimpulan

1. Simulasi *load flow* pada ETAP dari data single line diagram PLTU Timor 1 yang didapatkan, pada pengaturan *tap changer* awal, yaitu 0% dari tiap transformer yang digunakan, didapatkan hasil *drop voltage* pada banyak busbar yang melebihi standar *Total Harmonic Distortion* (THD) yang telah ditetapkan, yaitu 3.22% - 7.29%.
2. Setelah mengubah pengaturan *tap changer* pada simulasi untuk mendapatkan *drop voltage* yang memenuhi standar, maka *tap changer* pada semua transformer diturunkan menjadi -2.5%, kecuali *transformer* pada generator. Dari hasil simulasi menggunakan *tap changer* -2.5% *drop voltage* yang dihasilkan pada busbar menjadi optimal, yaitu 0.57% - 2.05%, masih memenuhi standar THD yang telah ditentukan.

1. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Almaidah. (2020). Analisis Kinerja PLTGU Priok Berkapasitas 1200 MW Dengan Penerapan Skema OLS (Over Load Shedding). *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana : Jakarta
- [2] Arifin, Aan Nur. (2019). Analisa Optimalisasi Daya PLTU Pratu Dan Keandalan Jaringan Subsistem Cibinong 1,2 Bekasi. *Skripsi*. Fakultas

- Teknik Universitas
Krisnadwipayana : Jakarta
- [3] Heni Priyatin. (2020). Analisis Kinerja Pltu Labuan 560 Mw Dan Pltgu Cilegon 210 Mw Dengan Penerapan Skema OLS (Overload Shedding). *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana : Jakarta
- [4] Syahputra, Ramadhoni. (2017). TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. *Buku*. Yogyakarta:LP3M UMY Yogyakarta
- [5] Kumara, N. S. (2009). Telaah Terhadap Program Percepatan Pembangunan Listrik Melalui Pembangunan PLTU Batubara 10.000 MW. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 8(1).
- [6] Marsudi, Djiteng. (2006). Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [7] Bahari, Latief. (2005) PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG). *Makalah*.
- [8] Ruthruff, W. A., dkk. (2007). A Radial Scan Method of Power Flow Analysis for Distribution Systems. In *2007 39th North American Power Symposium* (pp. 589-594). IEEE.
- [9] Ardrianti, I. S. (2008). Studi Aliran Daya Tiga Fasa Untuk Sistem Distribusi Dengan Metode Pendekatan Langsung. *Jurnal Teknik A*, 2(29).
- [10] Pimjaipong, W., dkk. (2005). Blackout prevention plan-The stability, reliability and security enhancement in Thailand power grid. In *2005 IEEE/PES Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific* (pp. 1-6). IEEE.
- [11] Amin, N. (2011). Perbandingan metode gauss-siedel dan metode newton-raphson dalam solusi aliran daya. *SMARTek*, 9(3).
- [12] Mehnaz, N., dkk. (2013). Load Flow Analysis and Abnormality Removal of Bangladesh Power System Using Software CYME PSAF. In *2013 4th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation* (pp. 384-388). IEEE.
- [13] Saadat, H. (1999). *Power system analysis* (Vol. 2). McGraw-hill.
- [14] Candranurani, C., dkk. (2015). Analisis Aliran Daya Untuk Penentuan Lokasi Penyaluran Daya PLTN Pada Sistem Kalimantan Barat. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 17(1)
- [15] Sunardiyo, S. (2009). Studi Analisis Aliran Beban (Load Flow) Sistem Tenaga Listrik Implementasi Pada Jaringan Kelistrikan Di Unnes. *Jurnal Teknik – Unisfat*. 4(2)
- [16] PLN(Persero) UDIKLAT SEMARANG LIVE and Maintenance. (2012). Pengenalan Operasi Sistem Tenaga Listrik.Semarang
- [17] IEEE 519 Working Group. (1992). IEEE recommended practices and requirements for

- harmonic control in electrical power systems. *IEEE STD*, 519-1992.
- [18] Syahputra, R., Yusmartato, Y., Nasution, R., & Yusniati, Y. (2020). Pengoperasian Transformator Dengan Menggunakan Tap Changer Aplikasi Gardu Induk Denai. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 53-60