

ANALISA ALIRAN BEBAN SISTEM TENAGA LISTRIK PADA POWER PLANT AMBON MENGGUNAKAN ETAP 19.1

Ramlan Syadidan, Ulinnuha Latifa

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik

Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Karawang, Jawa Barat, Indonesia

ramlan.syadidan19089@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Dalam industri, kebutuhan listrik yang tinggi mempengaruhi sistem tenaga listrik dan memerlukan perubahan dalam pengelolaan energi listrik. PT Asia Pasific Fibers, khususnya bagian *Texturizing*, mengalami peningkatan beban yang mempengaruhi konfigurasi sistem jaringan kelistrikan. Perhitungan aliran daya dilakukan secara manual dengan kendala waktu dan hasil yang kurang maksimal. Studi aliran beban penting dalam perencanaan untuk menentukan kapasitas komponen yang tepat dan mempengaruhi kinerja sistem tenaga listrik. Penelitian ini menggunakan software komputer untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan aliran daya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengelolaan sistem tenaga listrik dengan fokus pada perhitungan aliran beban. Perhitungan aliran beban digunakan untuk menentukan dan menghitung arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif, dan faktor daya dalam jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal. *Single Line Diagram* (SLD) digunakan sebagai representasi visual dari komponen-komponen instalasi listrik dan hubungan antar komponen. Oleh karena itu, tahap pertama penelitian ini adalah menggambar SLD pada lembar kerja ETAP dengan memasukkan komponen-komponen yang relevan sesuai dengan ruang lingkup SLD.

Kata kunci: Listrik, Single Line Diagram, ETAP

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan energi yang tidak bisa lepas dari peradaban manusia dan kehidupan manusia sehari-hari. Selain peradaban manusia, mulai dari instansi kecil hingga instansi besar juga sangat membutuhkan energi listrik. Gangguan pasokan listrik dapat menghambat kinerja mereka, karena hampir semua peralatan yang digunakan, seperti lampu, komputer, printer, pengatur suhu ruangan, internet, dan sebagainya, membutuhkan listrik. Tak hanya itu, beberapa peralatan rumah tangga mulai dari rice cooker, dispenser, dan water heater. Industri merupakan salah satu pilar ekonomi suatu negara, termasuk di Indonesia. Ketersediaan listrik yang cukup dalam industri sangat penting karena mempengaruhi operasional dan pelaksanaan kegiatan di dalamnya. Dalam perkembangan industri yang semakin maju, peningkatan beban listrik dapat mempengaruhi proses industri, sehingga sangat dibutuhkan perubahan dalam sistem tenaga listrik. Tanpa pengelolaan yang baik, dapat terjadi kerugian daya yang semakin besar dan dapat merusak profil tegangan [1].

Seperti halnya yang terjadi pada PT Asia Pasific Fibers, khususnya pada *texturizing section*, terus dilakukan perkembangan demi perkembangan pada sektor pembangunan, yang menyebabkan tanggungan beban semakin bertambah. Dampaknya, konfigurasi awal dari sistem jaringan listrik yang semula mampu menangani beban dengan baik, mungkin tidak sesuai lagi dengan kondisi pembebanan saat ini. Perhitungan aliran daya sistem tenaga listrik pada *texturizing section* di PT tersebut saat ini belum dilakukan secara otomatis, yang cukup rumit dan memakan waktu lama, dan terkadang hasilnya tidak maksimal [2].

Untuk mengatasi hal tersebut, dapat dilakukan perhitungan aliran daya melalui Studi aliran beban. Studi aliran beban sangat penting dalam tahap perencanaan karena dapat memengaruhi kinerja dari sistem tenaga listrik. Perhitungan aliran beban dilakukan untuk menentukan arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif, dan juga faktor daya. Dalam penelitian ini digunakan software komputer untuk mempermudah dan mempercepat dalam proses perhitungan aliran daya.

Adapun tujuan dan manfaat dari penulisan jurnal ini diantaranya adalah sebagai berikut.

Tujuan:

- Mengetahui keadaan mengenai rugi-rugi daya dan profil tegangan pada *Single Line Diagram Power Plant Ambon*
- Menentukan cara untuk memperbaiki rugi-rugi daya dan profil tegangan pada *Single Line Diagram Power Plant Ambon*

Manfaat:

- Penulis dapat mengetahui keadaan mengenai rugi-rugi daya dan profil tegangan pada *Single Line Diagram Power Plant Ambon*
- Penulis dapat menentukan cara untuk memperbaiki rugi-rugi daya dan profil tegangan pada *Single Line Diagram Power Plant Ambon*

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. ETAP

Software Electrical Transient Analysis Program (ETAP) digunakan dalam industri atau wilayah untuk merancang dan merencanakan sistem kelistrikan. Penggunaan *software* ini sangat berguna dalam melakukan berbagai analisis yang mempermudah

pekerjaan. Seorang insinyur tenaga listrik harus memiliki kemampuan dalam menggunakan *software* ETAP, mulai dari merancang *Single Line Diagram* hingga menganalisis sistem secara keseluruhan [3].

2.2. Single Line Diagram

Single line diagram atau SLD merupakan representasi grafis sistem kelistrikan dalam bentuk gambar satu garis. Gambar ini memberikan penjelasan yang sederhana tentang sistem kelistrikan pada pembangkit dan gardu induk, memudahkan dalam melihat status dan fungsi dari setiap instalasi untuk operasi dan juga pemeliharaan. Tujuan dari *single line diagram* adalah menyederhanakan hubungan elektrikal yang kompleks dengan cara memvisualisasikan sumber daya dan beban pada sistem tersebut [4].

2.3. Studi Aliran Beban

Tujuan dari studi aliran beban yaitu memastikan stabilitas transfer listrik dan kemampuan untuk mensuplai beban yang ada. Studi ini diperlukan karena peningkatan beban yang terjadi akibat penambahan komponen tambahan untuk mencapai hasil yang optimal. Peralatan dalam sistem tenaga listrik didesain untuk memiliki kemampuan bertahan dalam situasi paling buruk [5].

2.4. Power Grid

Power Grid adalah sumber energi listrik dengan kapasitas besar yang melayani beban listrik dalam suatu sistem tenaga listrik. Salah satu karakteristik utama dari *Power Grid* adalah kemampuannya untuk menyediakan daya dalam jumlah besar dengan tegangan yang relatif stabil. Dengan kata lain, *Power Grid* dapat menjaga tegangan tetap stabil terlepas dari seberapa besar daya yang diserap oleh beban. *Power Grid* dapat berbentuk generator yang terhubung ke jaringan interkoneksi yang luas [6].

2.5. Generator

Generator adalah sebuah sumber tegangan yang ideal karena dapat memberikan pasokan daya dengan tegangan yang konstan meskipun daya yang diserapnya cukup besar [6].

2.6. Transformator

Trafo atau biasa disebut transformator merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mengubah tegangan yang ada pada sistem, baik untuk menaikkannya maupun menurunkannya. Beberapa spesifikasi penting yang ada pada sebuah trafo yaitu kapasitas trafo, tegangan primer dan sekunder trafo, impedansi trafo, dan tap trafo [7].

2.7. Busbar

Busbar yang biasa disebut juga bus, adalah tempat di mana banyak komponen yang ada pada sistem tenaga listrik seperti *transmission line*, jaringan distribusi, *Power Grid*, beban, atau generator

dihubungkan. Tegangan busbar disesuaikan dengan tingkat tegangan yang terhubung ke busbar tersebut [7].

2.8. Beban

Beban merujuk pada peralatan listrik yang menggunakan atau menyerap daya dari jaringan. Salah satu jenis beban dalam sistem tenaga listrik adalah beban statis (*Static Load*), yang tidak memiliki banyak motor listrik sehingga tidak terlalu memengaruhi tegangan sistem saat dihidupkan. Spesifikasi utama dari beban statis adalah kapasitas daya dan faktor daya atau $\cos \theta$.

Jenis lain dari beban dalam sistem tenaga listrik adalah beban terkonsentrasi (*Lumped Load*), yang memiliki banyak motor listrik dan dapat mempengaruhi tegangan sistem saat dihidupkan. Spesifikasi utama dari beban terkonsentrasi adalah level tegangan dan kapasitas daya, beserta faktor dayanya [7].

2.9. Daya Listrik & Faktor Daya

Dalam listrik arus alternating current, ada 3 jenis daya yang umumnya disebut sebagai segitiga daya yang digambarkan dengan bentuk segitiga siku-siku, yaitu:

- Daya aktif, yang merupakan daya yang diabsorpsi oleh beban dan kemudian dikonversi menjadi energi lainnya. Daya aktif diukur dalam watt (W) dan pada gambar segitiga siku-siku digambarkan sebagai sisi mendatar.
- Daya reaktif, yaitu daya yang diabsorpsi oleh beban yang mengandung lilitan dan kemudian diubah menjadi medan magnet pada motor atau transformator. Daya reaktif diukur dalam volt-ampere-reaktif (VAR) dan pada gambar segitiga siku-siku digambarkan sebagai sisi tegak.
- Daya semu, yang merupakan kombinasi atau penjumlahan dari kedua jenis daya tersebut. Daya semu diukur dalam volt-ampere (VA) dan pada gambar segitiga siku-siku digambarkan sebagai sisi miring [7].

2.10. Kabel

Kabel penghantar adalah sebuah medium yang digunakan untuk mengalirkan arus listrik dalam saluran transmisi dan jaringan distribusi. Terdapat beberapa spesifikasi penting pada kabel, antara lain: jenis bahan yang digunakan, ukuran penampang kabel, panjang kabel, dan tegangan operasionalnya [7].

2.11. Circuit Breaker

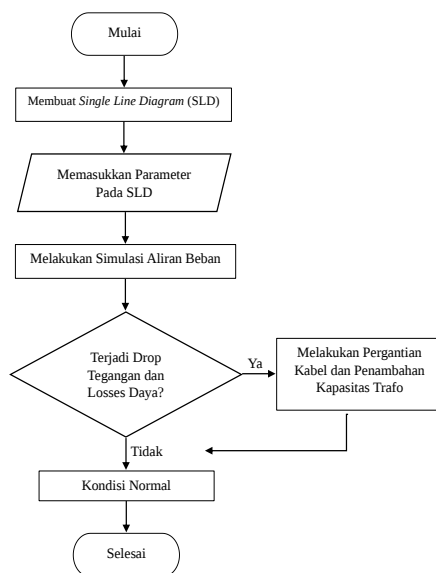
Circuit Breaker, yang juga dikenal sebagai Sakelar Pemutus Tenaga (PMT), adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan aliran listrik dalam sebuah sistem tenaga listrik. *Circuit Breaker* mampu membuka dan menutup rangkaian listrik dalam semua kondisi, termasuk saat terjadi arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya. Selain itu,

Circuit Breaker juga dapat berfungsi saat tegangan dalam keadaan normal maupun tidak normal [8].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Tahap yang harus dilakukan sebelum melakukan segala sesuatu adalah tahap perencanaan. Arti dari perencanaan itu sendiri adalah suatu langkah atau tahap awal untuk mencapai tujuan dengan proses yang efisien dan efektif mungkin. Hal-hal yang dibutuhkan dalam perancangan pada penelitian ini adalah membuat *single line diagram* (SLD) kemudian dilanjutkan dengan memasukkan parameter pada tiap komponen yang ada pada SLD. Setelah itu melakukan simulasi aliran beban dan dilihat apakah terjadi drop tegangan dan *losses* daya, apabila ya, maka dilakukan penggantian kabel dan penambahan kapasitas trafo.



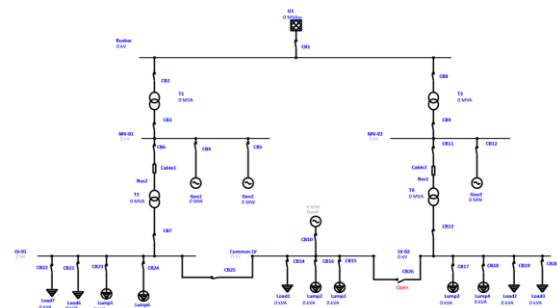
Gambar 1. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan *Single Line Diagram*

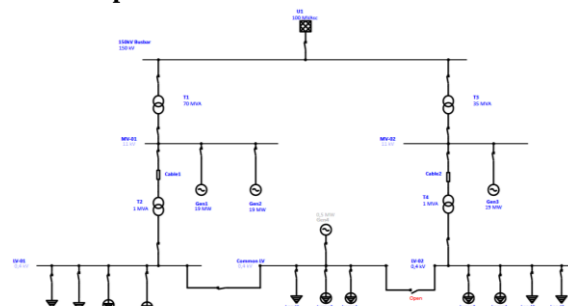
Single Line Diagram atau SLD yaitu sebuah gambar listrik yang menunjukkan dan memperlihatkan komponen-komponen sistem instalasi listrik yang diwakilkan oleh simbol-simbol, dan menggambarkan bagaimana komponen-komponen itu berhubungan. Sebelum melakukan analisa untuk mengetahui profil tegangan dan *losses* daya hal pertama yang harus dilakukan adalah dengan cara menggambar *Single Line Diagram*. Tanpa *Single Line Diagram* penulis tidak akan bisa melakukan analisa karena sebelum penulis mengetahui tentang profil tegangan dan *losses* daya, penulis harus mengetahui terlebih dahulu apa saja komponen yang digunakan dan berapa komponen yang digunakan. Oleh karena itu untuk tahap pertama ini adalah menggambar *Single Line Diagram* pada lembar kerja ETAP dengan memasukkan komponen-komponen yang sesuai pada ruang lingkup *Single Line Diagram* seperti:

- **Power Grid**
Power Grid yang disini berperan sebagai Gardu Induk
- **Generator**
Generator berperan sebagai komponen utama yang bisa membangkitkan energi listrik
- **Busbar**
Busbar berperan sebagai penghantar energi listrik sekaligus mengatur sistem masukan dan keluaran dari panel listrik
- **Circuit Breaker**
Circuit Breaker atau pemutus berperan sebagai alat proteksi atau pengaman dari suatu sirkuit kelistrikan
- **Transformator**
Transformator atau trafo berperan sebagai penyalur tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya
- **Cable**
Cable berperan sebagai media yang menghantarkan arus listrik
- **Static Load**
Beban berperan sebagai peralatan listrik yang memanfaatkan atau menyerap daya dari jaringan. *Static Load* berperan sebagai beban yang tidak banyak mengandung motor listrik.
- **Lump Load**
Lump Load berperan sebagai beban yang mengandung banyak motor listrik



Gambar 2. Pembuatan *Single Line Diagram*

4.2. Memasukkan parameter pada setiap komponen



Gambar 3. Memasukkan parameter pada setiap komponen

Tabel 1. Power Grid

No	Komponen	Tegangan	SC	X/R
1.	Power Grid	150 kV	100 MVAsc	15

Tabel 2. Generator

No	Komponen	Mode	Tegangan	Daya
1.	Generator 1	Swing	11 kV	19MW
2.	Generator 2	Swing	11 kV	19MW
3.	Generator 3	Swing	11 kV	19MW
4.	Generator 4 (EDG)	Swing	0,4 kV	0,5MW

Tabel 3. Busbar

No	Komponen	Tegangan
1	Busbar	150 kV
2	MV-01	11 kV
3	MV-02	11 kV
4	LV-01	0,4 kV
5	LV-02	0,4 kV
6	LV Common	0,4 kV

Tabel 4. Transformator

No	Komponen	Tegangan	Daya Trafo
1.	Trafo 1	11/150kV	70MVA
2.	Trafo 2	11/0,4kV	1MVA
3.	Trafo 3	11/150kV	35MVA
4.	Trafo 4	11/0,4kV	1MVA

Tabel 5. Beban Bus A dan Bus B

No	Komponen	Daya Semu	Tegangan
1.	Lump Load 1	700kVA	0,4kV
2.	Lump Load 2	200kVA	0,4kV
3.	Static Load 1	70kVA	0,4kV
4.	Static Load 1	40kVA	0,4kV

Tabel 6. Beban Bus Essential

No	Komponen	Daya Nyata	Tegangan
1.	Lump Load 1	25kW	0,4kV
2.	Lump Load 2	10kW	0,4kV
3.	Static Load 1	20kW	0,4kV

Tabel 7. Data Saluran

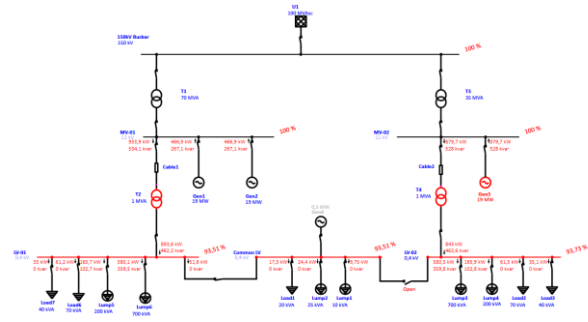
Cable 1 Bus MV01-Bus LV01	Cable 2 Bus MV02-Bus LV02
ICEA – Rubber – 3/C	ICEA – Rubber – 3/C
Metric CU 50 Hz 0,6 kV	Metric CU 50 Hz 0,6 kV
Panjang 100m	Panjang : 100m
Size 6mm	Size : 6mm

4.3. Simulasi Single Line Diagram Tahap 1

Setelah melakukan simulasi tahap 1 dilakukan pada sistem tenaga listrik di Pembangkit Listrik Ambon untuk mengidentifikasi losses daya dan profil tegangan sebelum dilakukan perbaikan.

Gambar 4 merupakan hasil simulasi aliran beban menggunakan perangkat lunak ETAP 19.1. Beberapa komponen dalam gambar 4 ditandai dengan warna merah, yang menunjukkan kondisi kritis yang memerlukan evaluasi untuk menjaga keamanan sistem. Warna ungu menandakan komponen yang

berada dalam kondisi marginal, masih dalam batas toleransi keamanan



Gambar 4. Simulasi Single Line Diagram Tahap 1

Gambar 4 mengindikasikan adanya penurunan tegangan mulai dari trafo distribusi dan komponen di bawahnya. Pada bus LV 01 dan Common LV, tegangan hanya mencapai 93,51%, sedangkan pada bus LV 02 hanya mencapai 93,73%. Penurunan tegangan ini disebabkan oleh kapasitas kabel yang terlalu kecil. Penggunaan kabel dengan ukuran yang tidak memadai dapat menyebabkan peningkatan suhu kabel yang dapat menyebabkan kebakaran dan mempengaruhi beban sistem yang tidak dapat dihantarkan oleh kabel tersebut.

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow		NPMR	
ID	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ang	%Mag
150kV Busbar	150.000	100.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
Bus1	11.000	97.824	0.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
Bus2	11.000	97.091	0.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
Common LV	0.400	93.513	-2.4	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.0	93.51
LV-01	0.400	93.513	-2.4	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.0	93.51
Common LV	0.400	93.727	-2.2	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0	93.73
LV-02	0.400	93.727	-2.2	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0	93.73
* MV-01	11.000	100.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
* MV-02	11.000	100.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0

* Indicates a voltage regulated bus; voltage controlled or swing type machine connected to it.
Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA.

Gambar 5. Simulasi Single Line Diagram Tahap 1

Gambar 5 merupakan laporan aliran daya (load flow report) yang menunjukkan bahwa pada bus MV-01, yang menerima tegangan langsung dari pembangkit, memberikan daya aktif sebesar 0,934 MW dan daya reaktif sebesar 0,534 Mvar. Pada bus MV-02 yang juga menerima tegangan langsung dari pembangkit, memberikan daya aktif sebesar 0,880 MW dan daya reaktif sebesar 0,528 Mvar.

Branch Losses Summary Report

Branch ID	From To Bus Flow		To From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd in Drop
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable1	-0.905	-0.534	0.934	0.534	28.4	0.6	97.7	100.0	2.31
Cable2	-0.854	-0.527	0.880	0.528	25.8	0.5	97.8	100.0	2.18
T1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100.0	100.0	0.00
T2	0.905	0.534	-0.934	-0.534	11.9	71.4	97.7	93.5	4.18
T3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100.0	100.0	0.00
T4	0.854	0.527	-0.880	-0.528	10.8	64.9	97.8	93.7	4.10
					76.9	137.3			

* This Transmission Line includes Series Capacitor.

Gambar 6. Losses Report Tahap 1

Gambar 6 menampilkan rugi-rugi daya atau losses yang terjadi pada setiap komponen. Dalam

simulasi awal sebelum perbaikan dilakukan, terjadi rugi daya aktif sebesar 76,9 kW dan total daya reaktif sebesar 137,3 kVAR.

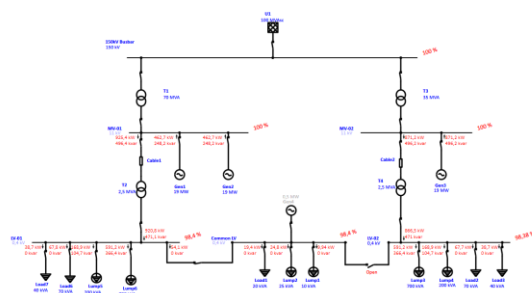
MV-02 sebesar 0.871 MW. Penggantian trafo dengan kapasitas 2,5 MVA telah mampu menangani seluruh beban.

Critical Report							
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	Phase Type
Common LV	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.174	93.5	3-Phase
LV-01	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.174	93.5	3-Phase
LV-02	Bus	Under Voltage	0.400	kV	0.175	93.6	3-Phase
T2	Transformer	Overload	1.000	MVA	1.051	105.1	3-Phase
T4	Transformer	Overload	1.000	MVA	1.004	100.4	3-Phase
Marginal Report							
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus1	Bus	Under Voltage	11.000	kV	10.761	97.8	3-Phase
Bus2	Bus	Under Voltage	11.000	kV	10.746	97.7	3-Phase

Gambar 7. Bus *Drop* Tahap 1

Gambar 7 menggambarkan adanya penurunan tegangan pada bus yang melebihi batas toleransi. Batas toleransi maksimal untuk penurunan tegangan pada bus adalah 5%. Terlihat bahwa bus LV-01, LV Common, dan LV-02 ditandai dengan warna merah, yang menunjukkan kondisi kritis dan membutuhkan perbaikan. Perbaikan dapat dilakukan dengan memperbaiki komponen sebelum bus atau dengan menambahkan kapasitor sebagai cara untuk mengurangi penurunan tegangan.

4.4. Simulasi Single Line Diagram Tahap 2



Gambar 8. Simulasi *Single Line Diagram* Tahap 2

Tahap 2 merupakan simulasi untuk mengevaluasi beberapa komponen yang ditandai dengan warna merah, yang menunjukkan adanya overload atau penurunan tegangan pada komponen tersebut yang terjadi pada tahap 1. Evaluasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Evaluasi dilakukan terhadap trafo 2 dan trafo 4 dengan menambahkan power rating. Pada tahap 1, power rating trafo tersebut adalah 1 MVA, dan pada tahap 2 ditingkatkan menjadi 2,5 MVA. Penggantian trafo dengan kapasitas yang lebih besar dari total beban maksimum dilakukan sebagai tindakan pencegahan jika sewaktu-waktu ada penambahan beban.
2. Penggantian dilakukan pada Kabel 1 dan 2 di saluran sebelum trafo. Pada tahap 1, diameter kabel tersebut adalah 6 mm, dan pada tahap 2 ditingkatkan menjadi 400 mm.

Gambar 9 menunjukkan daya aktif pada MV-01 sebesar 0.925 MW. Penggantian trafo dengan kapasitas 2,5 MVA telah mampu menangani seluruh beban. Gambar 9 juga menunjukkan daya aktif pada

LOAD FLOW REPORT														
Bus		Voltage			Generation			Load		Load Flow			NFMI	
ID		V _r	%Mag	Ang.	MW	MVar		MW	MVar	ID	MW	MVar	Ang	NF2
15KV Busbar		130.000	100.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.0	0.0
Bus1		11.000	99.992	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		-0.371	-0.496	32.6	86.9
											0.471	0.496	32.6	86.9
Bus2		11.000	99.992	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		-0.425	-0.498	32.2	86.8
											0.425	0.498	32.2	86.8
Common LV		0.400	98.405	-1.2	0.000	0.000	0.054	0.000	0.000		-0.054	0.000	79.4	100.0
LV-01		0.400	98.405	-1.2	0.000	0.000	0.067	0.471	Bus2		-0.421	-0.471	1517.1	89.6
									Common LV		0.054	0.000	79.4	100.0
LV-02		0.400	98.431	-1.1	0.000	0.000	0.367	0.471	Bus1		-0.367	-0.471	1446.7	87.9
* MV-01		11.000	100.000	0.0	0.923	0.498	0.000	0.000	0.000		0.923	0.498	33.2	86.8
									15KV Busbar		0.000	0.000	0.0	0.0
* MV-02		11.000	100.000	0.0	0.971	0.498	0.000	0.000	0.000		0.971	0.498	32.6	86.9
									15KV Busbar		0.000	0.000	0.0	0.0

* Indicates a voltage regulated bus | voltage controlled or serving type machine connected to it

Gambar 9. *Load Flow Report*

Gambar 10 menunjukkan penurunan kondisi losses. Awalnya terdapat losses daya aktif sebesar 76,9 kW dan total daya reaktif sebesar 137,3 kVAR, namun setelah perbaikan dilakukan, losses daya aktif menjadi 8,8 kW dengan daya reaktif sebesar 52,2 kVAR.

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Voltage
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop
Cable1	-0.925	-0.498	0.925	0.498	0.1	0.1	100.0	100.0	0.0
Cable2	-0.871	-0.496	0.871	0.496	0.0	0.1	100.0	100.0	0.0
T1	0.000	0.000	0.000	0.000			100.0	100.0	
T2	0.925	0.498	-0.921	-0.471	4.5	27.2	100.0	98.4	1.5
T3	0.000	0.000	0.000	0.000			100.0	100.0	
T4	0.871	0.496	-0.867	-0.471	4.1	24.8	100.0	98.4	1.5
					8.8	52.2			

* This Transmission Line includes Series Capacitor

Gambar 10. *Losses* Tahap 2

Sebelum dilakukan perbaikan terdapat beberapa bus dalam kondisi *critical* seperti yang terlihat pada gambar 7. Keadaan membaik setelah dilakukan beberapa perbaikan pada kabel dan trafo, oleh karena itu tidak ada *report* yang memperlihatkan bahwa bus dalam kondisi *critical* tetapi data tersebut tetap bisa dilihat melalui alert view yang ada pada gambar 11.

Load Flow Analysis Alert View - Output Report: Unlabeled						
Study Case 17		Data Revision: None		Date: 27-05-2022		
Configuration: Normal		Filter				
		☐ Zone	☐ Area	☐ Region		
Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Marginal						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type

Gambar 11. *Alert View*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu terjadi penurunan kondisi losses, di mana awalnya terdapat sebesar 76,9 kW losses daya aktif dan 137,3 kVAR total daya reaktif. Setelah diperbaiki pada komponennya, terjadi penurunan losses daya aktif menjadi 8,8 kW dan daya reaktif sebesar 52,2 kVAR. Sebelum diperbaiki, beberapa bus dalam kondisi kritis (critical). Namun, setelah dilakukan beberapa perbaikan pada kabel dan trafo, kondisi bus mengalami perbaikan secara keseluruhan. Trafo 2 yang berkapasitas 1 MVA tidak bisa untuk menopang seluruh beban sebesar 0,934 MW. Kapasitas trafo yang sebelum dilakukan

perbaikan hanya cukup untuk menopang beban sebesar 0,894 MW. Kemudian pada trafo 4 dengan kapasitas 1 MVA tidak bisa untuk menopang keseluruhan beban sebesar 0,880 MW. Kapasitas trafo yang sebelum dilakukan perbaikan hanya cukup untuk menopang beban sebesar 0,843 MW. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan penggantian kapasitas trafo menjadi 2,5 MVA dan perubahan diameter kabel dari 6mm menjadi 400mm. Penggantian trafo dengan kapasitas yang lebih besar dari total beban maksimum dilakukan sebagai tindakan pencegahan jika sewaktu-waktu ada penambahan beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. M. Dr. Hantje Ponto, DASAR TEKNIK LISTRIK, Yogyakarta: DEEPUBLISH, 2018.
- [2] J. Efendi, "ANALISA ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PUSAT PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU," 2018.
- [3] Lauhil Mahfudz Hayusman, Taufik Hidayat, Choirul Saleh, I Made Wartana, Teguh Herbasuki, "PELATIHAN SOFTWARE ETAP (ELECTRICAL TRANSIENT ANALYZER PROGRAM) BAGI SISWA DAN GURU SMK NASIONAL MALANG," *Industri Inovatif*, vol. 7, pp. 7-11, 2017.
- [4] Ridho, Mohammad Kholid, "KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH TEGANGAN MENENGAH 10,5 KV DENGAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION DI PT. WILMAR NABATI INDONESIA GRESIK," 2019.
- [5] C. KUMOLO, "ANALISIS ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI KSO PERTAMINA EP – GEO CEPU INDONESIA DISTRIK 1 KAWENGAN," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 16, 2016.
- [6] T. Sukisno, "Pengantar Proteksi Sistem Tenaga Listrik berbasis Software ETAP," 2020.
- [7] D. B. Santoso, "MODUL PRAKTIKUM SISTEM TENAGA LISTRIK," 2021.
- [8] Wahyudin SN, Tasdik Darmana, Wahyu Yuliansyah, "ARUS HUBUNG SINGKAT DIAMANKAN OLEH PENGARUH KECEPATAN PMT," *Jurnal Sutet*, vol. 5, 2015.