

"Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem"

## ANALISIS RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA SISTEM KELISTRIKAN PT PERTAMINA LEDOK UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM

**Adi Reski Ariangga**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [adi.17050874034@mhs.unesa.ac.id](mailto:adi.17050874034@mhs.unesa.ac.id)

**Subuh Isnur Hardyudo, Unit Three Kartini, Widi Aribowo**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [subuhisnur@unesa.ac.id](mailto:subuhisnur@unesa.ac.id), [unitthree@unesa.ac.id](mailto:unitthree@unesa.ac.id), [widiaribowo@unesa.ac.id](mailto:widiaribowo@unesa.ac.id)

### Abstrak

Dalam dunia industri energi listrik banyak digunakan untuk mengoperasikan mesin listrik, untuk itu dibutuhkan sistem kelistrikan yang handal dengan cara melakukan perhitungan aliran daya. Analisis aliran daya dilakukan peneliti untuk mengetahui nilai rugi daya dan profil tegangan pada sistem kelistrikan PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu area Ledok dengan metode analisis data kuantitatif menggunakan software ETAP 12.6.0. Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui nilai rugi daya 2) mengetahui nilai jatuh tegangan pada setiap bus. 3) membandingkan hasil simulasi (rugi daya dan jatuh tegangan) dari dua sumber yaitu PLN 20KV dan Generator 0.4KV. Analisis aliran daya diawali dengan mensimulasikan sistem kelistrikan menggunakan ETAP 12.6.0, kemudian membandingkan dua sumber yaitu PLN dan generator untuk mengetahui apakah sudah memenuhi standar. Hasil simulasi dengan sumber PLN 20KV nilai rugi daya aktif 6,6 kW dan daya reaktif 8,8 kvar dan nilai jatuh tegangan -5,23%. nilai tersebut telah memenuhi SPLN No.72 Tahun 1987 dan No.1 Tahun 1995, sedangkan pada sumber generator nilai rugi daya aktif 1.3kW dan daya reaktif 2.1 kvar, nilai tersebut telah memenuhi SPLN No.72 Tahun 1987, tetapi tegangan mengalami over voltage yang melebihi batas SPLN No.1 Tahun 1995 yaitu +6.44%.

**Kata Kunci:** *Load-flow, Losses, Drop Voltage*

### Abstract

In the industrial world, electrical energy is widely used to operate electrical machines, for this reason, a reliable electrical system is needed by calculating the power flow. Power flow analysis was carried out by researchers to determine the value of power loss and voltage profile in the electrical system of PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu Ledok area with quantitative data analysis methods using ETAP 12.6.0 software. This study aims to 1) determine the value of power loss 2) determine the value of the voltage drop on each bus. 3) compare the simulation results (power loss and voltage drop) from two sources, namely 20KV PLN and 0.4KV generator. The power flow analysis begins with simulating the electrical system using ETAP 12.6.0, then comparing two sources, namely PLN and generators to find out whether they meet the standards. The simulation results with 20KV PLN source, the value of the active power loss is 6.6 kW and the reactive power is 8.8 kvar and the voltage drop is -5.23%. This value has met SPLN No. 72 of 1987 and No. 1 of 1995, while at the generator source the value of active power loss is 1.3kW and reactive power is 2.1 kvar, these values have met SPLN No.72 of 1987, but the voltage is over voltage which exceeds the limit of SPLN No. 1 of 1995 which is +6.44%.

**Keywords:** *Load-flow, Losses, Drop Voltage*

### PENDAHULUAN

Analisa aliran daya merupakan suatu perhitungan yang sering digunakan untuk mengetahui nilai rugi daya dan profil tegangan dalam sistem tenaga listrik. Dilakukannya perhitungan aliran daya atau *load flow* yaitu sebagai salah satu cara untuk mengetahui kondisi sistem tenaga listrik, baik yang sedang beroperasi saat ini atau dimasa mendatang (Otniel, 2019).

Semua perusahaan industri di Indonesia, menggunakan sumber energi listrik untuk mengoperasikan mesin-mesin listrik yang ada di industrinya. Salah satu perusahaan industri terbesar milik Pemerintah Indonesia yaitu, PT Pertamina yang mengambil suplai energi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), guna memenuhi kebutuhan energi

listrik bagi industrinya. PT Pertamina EP merupakan anak perusahaan dari Pertamina yang bekerja di sektor hulu bidang minyak dan gas bumi, meliputi eksplorasi dan eksploitasi. PT Pertamina EP berdiri pada 13 September 2005. Di tahun 2018, Pertamina EP melakukan lifting mencapai 10% dari produksi nasional sebanyak 80.120 BOPD (*barrel oil per day*) dari 770.900 BOPD untuk lifting minyak bumi, sedangkan lifting gas bumi mencapai 12% dari produksi nasional yang sebesar 811 MMSCFD (*Million Standard Cubic Feet per Day*) dari 6.623,47 MMSCFD (Suseno, 2019).

Seiring berjalannya waktu, PT Pertamina EP Asset 4 *Field* Cepu area Ledok selalu mengembangkan berbagai sektor produksi migas, yang artinya bertambah juga pasokan dan beban listrik yang akan

digunakan. Dengan bertambahnya beban, maka dapat terjadi perubahan sistem tenaga listrik. Jika sistem tenaga listrik tidak dikelola dengan baik, maka akan meningkatkan nilai rugi-rugi daya dan memperburuk profil tegangan sehingga mempengaruhi keandalan sistem kelistrikan. Hal tersebut dapat mengakibatkan desain konfigurasi yang semula baik menjadi tidak sesuai dengan sistem pembebanan saat ini (Otniel, 2019). Untuk meminimalisir kondisi tersebut, perlu dilakukan perhitungan aliran daya untuk mengetahui seluruh kondisi sistem tenaga listrik di PT Pertamina EP Asset 4 *Field* Cepu area Ledok.

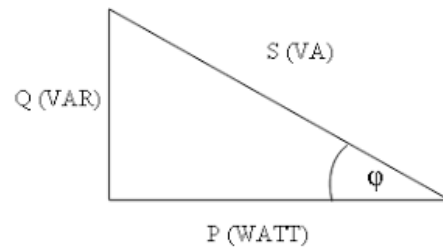
Analisis rugi daya dan jatuh tegangan di PT Pertamina EP Asset 4 *Field* Cepu area Ledok dilakukan dengan cara mensimulasikan dan membandingkan sistem distribusi antara dua sumber yaitu dari PLN dan generator menggunakan software ETAP 12.6.0 (*Electric Transient Analysis Program*). Hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa kondisi rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi yang bersumber dari PLN telah memenuhi standar sedangkan hasil rugi daya dan jatuh tegangan yang bersumber dari generator mengalami kelebihan tegangan yang tidak memenuhi standar dan harus dilakukan perbaikan sehingga solusi yang bisa dilakukan yaitu dengan menambahkan transformator distribusi pada *output* generator.

Dari pemaparan di atas, maka peneliti berusaha mengungkapkan hasil analisis sistem kelistrikan PT Pertamina EP Asset 4 *Field* Cepu area Ledok. Sedangkan untuk tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut 1) mengetahui besar nilai rugi daya dalam sistem tenaga listrik 2) mengetahui besar nilai jatuh tegangan pada setiap bus. 3) membandingkan hasil simulasi (rugi daya dan jatuh tegangan) dua sumber yaitu PLN 20KV dan Generator 0,4KV

### KAJIAN PUSTAKA

Analisis Aliran Daya Untuk menghitung dan mengetahui besar kecilnya *losses* dan *drop voltage*, penyediaan daya reaktif dan kemampuan sistem dalam memenuhi pertumbuhan beban yaitu dengan cara menggunakan analisis aliran daya untuk mendapatkan hasil berupa besar sudut fasa tegangan pada setiap saluran (bus), daya nyata dan daya reaktif yang ada pada setiap saluran (Nigara, 2015).

Pada sistem tenaga listrik terdapat tiga jenis daya, yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). ketiga daya tersebut dinyatakan dalam segitiga daya (Nizar 2021).



Gambar 1. Segitiga Daya

Dari segitiga daya didapat persamaan berikut :

$$S = V \times I \quad (1)$$

$$P = V \times I \times \cos\phi \quad (2)$$

$$Q = V \times I \times \sin\phi \quad (3)$$

Dimana

$S$  = Daya semu (VA)

$P$  = Daya aktif (Watt)

$Q$  = Daya reaktif (Var)

$I$  = Arus (A)

$V$  = Tegangan (V)

$\cos\phi$  = Faktor daya aktif

$\sin\phi$  = Faktor daya reaktif

Mengurangi rugi daya dan memperbaiki profil tegangan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan. Rugi daya merupakan daya yang dibangkitkan oleh sumber energi listrik (pembangkit) tetapi tidak dapat digunakan atau bisa dikatakan daya tersebut hilang, hilangnya daya tersebut dapat merugikan bagi penyedia energi listrik (PLN) karena daya yang hilang tersebut tidak terbayarkan. Rugi daya dalam sistem tenaga listrik 3 fasa dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Sugianto, Jaya, and Ashad 2020)

$$PL = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot L \quad (4)$$

Dengan:

PL = Susut Daya (Watt)

R = Tahanan Kawat per Fasa ( $\Omega$ /Km)

I = Arus Beban (A)

L = Panjang saluran (Km)

Jatuh tegangan merupakan penurunan nilai tegangan listrik pada penghantar dari nilai tegangan norma. Jika nilai jatuh tegangan melewati batas wajar dari yang sudah ditentukan maka dapat menyebabkan alat-alat elektronik tidak bekerja dengan maksimal. Kenaikan beban yang bersifat induktif dapat berakibat pada turunnya faktor daya, meningkatnya rugi-rugi jaringan, dan penurunan tegangan pada ujung saluran. (Wahyudianto 2017) Penurunan nilai tegangan dipengaruhi faktor panjang kabel penghantar, besar arus, tahanan jenis ( $\rho$ ) dan

# "Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem"

luas penampang penghantar, penurunan tegangan 3 fasa dinyatakan dalam persamaan berikut (Pangloli 2020).

$$V_r = \frac{(\sqrt{3} \times \rho \times l \times i \times \cos \varphi)}{A} \quad (5)$$

Maka

$$VR = V_s - V_r \quad (6)$$

$$\%V_r = \frac{V_r}{V_s} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana

$V_r$  = Penurunan tegangan (V)

$VR$  = Tegangan Kirim (V)

$V_s$  = Tegangan Kirim (V)

$I$  = Arus (A)

$\rho$  = Tahanan Jenis ( $\Omega \cdot mm^2/m$ )

$L$  = Panjang Penghantar (m)

$\varphi$  = Sudut Power Faktor

$A$  = Luas Penampang

Untuk menganalisis rugi-rugi daya dan jatuh tegangan, dilakukan simulasi menggunakan software ETAP 12.6.0, Etap power station merupakan software yang dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan sistem tenaga listrik salah satunya yaitu permasalahan aliran daya. Software etap dapat digunakan untuk menganalisis sistem tenaga listrik secara offline atau bisa juga untuk pengelolaan data *real time* suatu sistem tenaga listrik secara online (Efendi 2018). Kemudian hasil yang didapat tersebut dianalisis untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan agar dapat meminimalisir kerugian akibat daya yang tidak dapat digunakan dan didapatkan solusi untuk meningkatkan keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik.

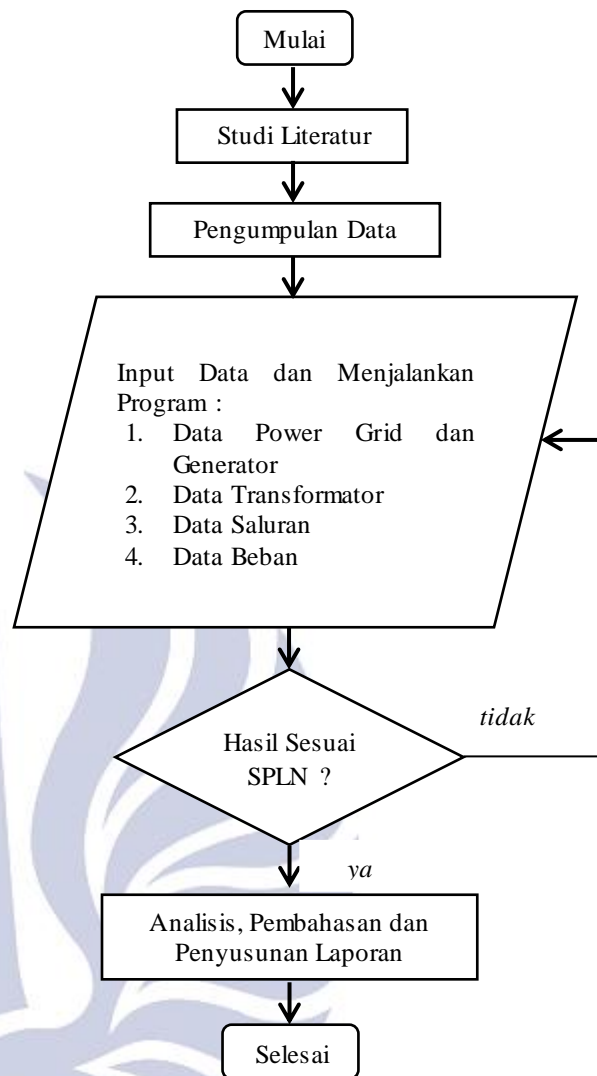
Nilai *losses dan drop voltage* (rugi daya dan jatuh tegangan) memiliki standar yang telah ditetapkan sebagai acuan menentukan keandalan sistem kelistrikan. Berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987, nilai rugi daya memiliki standar tidak lebih dari 10% (SPLN No 72 1987), sedangkan SPLN No.1 Tahun 1995, nilai tegangan memiliki standar maksimal +5% dan minimal -10% (SPLN No 1 1995).

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode Analisis Data Kuantitatif yang merupakan metode penelitian dengan menggunakan data numerik dan dapat dihitung secara tepat dan akurat

### a. Peralatan Utama dan Pendukung

Penelitian ini menggunakan peralatan perangkat PC (*Personal Computer*) / Laptop yang terdapat Software ETAP 12.6.0 sebagai media bantu analisis



Gambar 2. Flowchart Penelitian

### b. Studi Literatur

Studi Literatur merupakan kajian penulis mengumpulkan referensi berupa buku atau karya ilmiah serta jurnal yang mendukung menyelesaikan penelitian ini

### c. Pengumpulan data

Pengumpulan data yang diolah dalam penelitian ini berupa data single line diagram dan juga data spesifikasi sumber energi listrik, spesifikasi transformator, spesifikasi saluran penghantar, dan spesifikasi beban

### d. Input Data dan Menjalankan Program

Simulasi dengan software ETAP 12.6.0 dilakukan dengan input parameter berupa data power grid, data generator, data transformator, data saluran, dan data beban kemudian Menjalankan program



dengan melakukan simulasi *Load Flow Analisis* pada ETAP 12.6.0

**e. Hasil Sesuai SPLN**

Apabila pada saat simulasi didapatkan hasil berupa rugi daya dan jatuh tegangan yang sudah memenuhi SPLN no 72 tahun 1987 dan no 1 tahun 1995 maka dapat dilanjutkan ketahap analisa dan pembahasan, apabila hasil tidak sesuai dengan SPLN maka harus dilakukan pengecekan ulang. Pada penelitian ini hasil simulasi menunjukkan hasil rugi-rugi daya (*Losses*) sudah sesuai SPLN no 72 tahun 1987 dan jatuh tegangan (*Drop Voltage*) tidak sesuai dengan SPLN no 1 tahun 1995 maka harus dilakukan pengecekan ulang

**f. Analisis, Pembahasan dan Penyusunan Laporan**

Analisis pada simulasi ini dilakukan dengan referensi berupa buku-buku teori, karya ilmiah dan jurnal yang sesuai dengan penelitian ini. Dalam proses penyusunan laporan menggunakan hasil kesimpulan dari simulasi yang dilakukan apakah sudah sesuai dengan maksud dan tujuan peneliti

**g. Data Penelitian**

Data yang digunakan merupakan data saluran distribusi pada PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu Area Ledok, data tersebut didapat berdasarkan referensi dari kantor pusat PT Pertamina EP ASSET 4 Surabaya. Data penelitian tersebut ditunjukkan pada Tabel 1-4

Tabel 1. Spesifikasi Transformator 3 Phasa

No	ID	KVA	KV
1	Transformator TR PLN	125	20/0.4
2	Transformator TR L-154	125	0.4/0.4
3	Transformator TR L-229	125	0.4/0.4
4	Transformator TR L-230	125	0.4/0.4

(Sumber: Data Sistem Distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu Area Ledok)

Tabel 2. Spesifikasi Sumber Energi Listrik

No	ID	KV
1	Powe Grid (PLN)	20
2	Generator Sinkron 3 Phasa	0.4

(Sumber: Data Sistem Distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu Area Ledok)

Tabel 3. Spesifikasi Panjang Kabel Saluran Distribusi

No	Dari	Tujuan	Panjang (Km)	R (Ω)	X (Ω)
1	TR PLN	SS-Ledok	0,400	0,196	0,223
2	SS-Ledok	TR L-229	0,155	0,099	0,223
3	SS-Ledok	DP-230-1	0,223	0,099	0,223
4	DP-230-1	L-182	0,582	0,196	0,223
5	DP-230-1	LD-13	0,512	0,196	0,223
6	DP-230-1	L-212	0,131	0,196	0,223
7	DP-229	DP-SP	0,042	0,196	0,223
8	DP-229	TR L-154	0,449	0,096	0,223
9	DP-229	LD-08	0,288	0,196	0,223
10	DP-229	L-207	0,506	0,196	0,223
11	DP-230-2	DP-169	0,252	0,196	0,223
12	DP-230-2	L-230	0,310	0,196	0,223
13	DP-230-2	L-225	0,065	0,196	0,223
14	DP-154	L-154	0,017	5,878	0,275
15	DP-154	L-221	0,199	1,467	0,238
16	DP-154	LP-1	0,088	2,334	0,248
17	DP-154	L-226	0,058	0,927	0,240

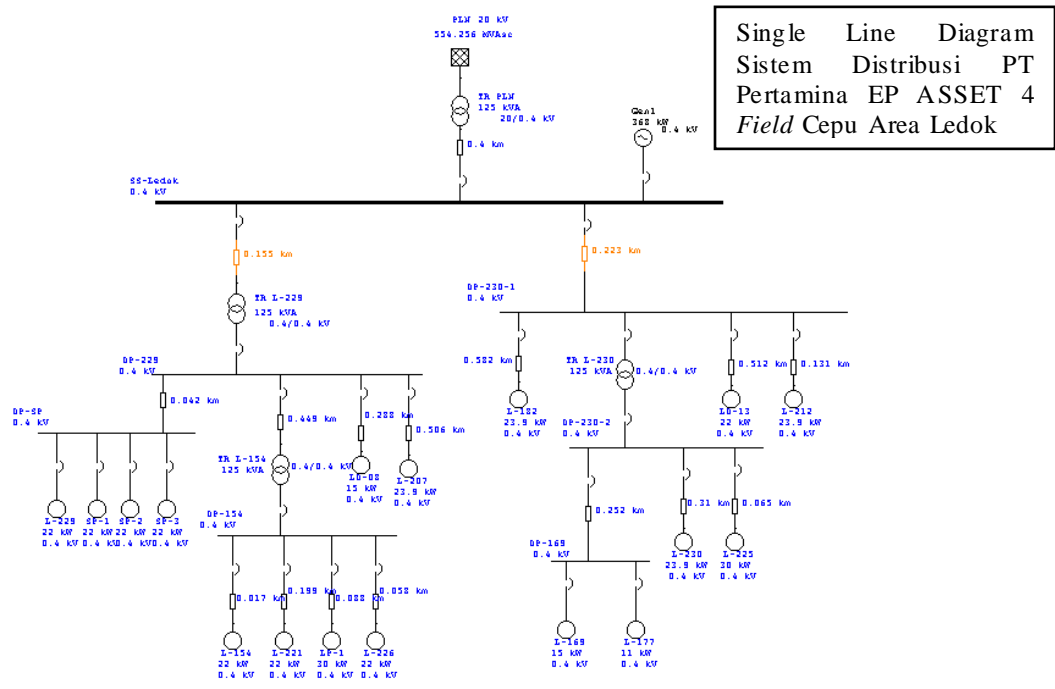
(Sumber: Data Sistem Distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu Area Ledok)

Tabel 4. Spesifikasi Beban Motor Induksi 3 Phasa

No	ID	KVA	kW	KVAR	PF %
1	LP-1	44.1	30	32.3	85
2	SP-1	32.9	22	24.5	85
3	SP-2	32.9	22	24.5	85
4	SP- 3	32.9	22	24.5	85
5	LD-08	22.5	15	16.8	85
6	LD-13	32.9	22	24.5	85
7	L-154	32.9	22	24.5	85
8	L-169	22.5	15	16.8	85
9	L-177	16.9	11	12.8	85
10	L-182	35.6	23.9	26.4	85
11	L-207	35.6	23.9	26.4	85
12	L-212	35.6	23.9	26.4	85
13	L-221	32.9	22	24.5	85
14	L-225	44.1	30	32.3	85
15	L-226	31.4	22	22.4	89.1
16	L-229	32.9	22	24.5	85
17	L-230	35.6	23.9	26.4	85
17	L-230	35.6	23.9	26.4	85

(Sumber: Data Sistem Distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu Area Ledok)

# "Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem"



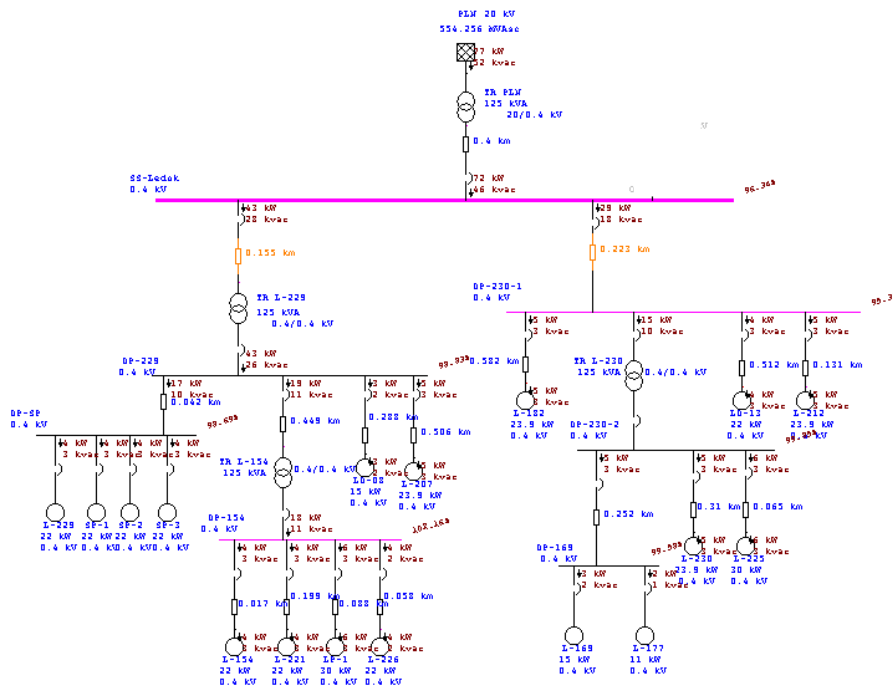
Single Line Diagram Sistem Distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 Field Cepu Area Ledok

Gambar 3. Single Line Diagram Sistem Distribusi Berbasis ETAP 12.6.0

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem kelistrikan PT Pertamina khususnya PT Pertamina Ledok menggunakan 2 sumber energi listrik yaitu PLN sebesar 20KV sebagai sumber energi listrik utama dan generator sebesar 0,4KV sebagai sumber energi listrik cadangan, generator sendiri menggunakan penggerak awal (*Prime Mover*) berupa motor diesel yang berbahan bakar solar, pada sistem kelistrikan PT Pertamina terdapat 4 transformator, 1 transformator *step down*

dengan kode TR PLN sebagai penurun tegangan dari PLN dan 3 transformator distribusi untuk mendistribusikan energi listrik yang stabil ke beban. Sedangkan beban yang digunakan berupa motor induksi 3 phasa sebanyak 17 motor induksi. Penelitian ini dilakukan dengan beban 100% (17 Motor induksi) dengan membandingkan hasil rugi daya dan jatuh tegangan terhadap dua sumber yaitu PLN dan Generator



Gambar 4. Hasil Simulasi Sistem Distribusi Menggunakan Sumber Energi Listrik dari PLN Berbasis ETAP 12.6.0

Gambar 4 merupakan hasil Simulasi Sistem Distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu area Ledok menggunakan sumber energi listrik dari PLN sebesar 20kV. Pada Gambar 4 dapat dilihat beberapa komponen berwarna ungu atau dalam kondisi *marginal* yang artinya

komponen tersebut dalam batas toleransi keadaan aman, kondisi tersebut bisa disebabkan oleh beberapa gangguan salah satunya jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang bisa dilihat dari data hasil simulasi pada Tabel 5 dan Tabel 6

Tabel 5. Rugi-rugi Daya (*Losses*) Sumber Energi Listrik dari PLN

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
TR PLN Incoming SS Ledok	0.077	0.052	-0.076	-0.05	1.4	2.1	100	102.7	2.66
Cable Incoming TR L-229	0.076	0.05	-0.072	-0.046	3.8	4.4	102.7	96.3	6.31
TR L-229	-0.043	-0.027	0.043	0.028	0.3	0.6	95.3	96.3	1.05
Cable15	0.043	0.027	-0.043	-0.026	0.5	0.7	95.3	98.8	3.54
TR L-154	-0.018	-0.011	0.019	0.011	0.1	0.3	97.6	98.8	1.21
Cable22	0.018	0.011	-0.018	-0.011	0.1	0.1	97.6	102.2	4.54
Cable26	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0	0	98.7	98.8	0.17
Cable3	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	98.3	98.8	0.49
Cable6	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	94.8	95.4	0.58
Cable1024	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	94.9	95.4	0.48
Cable16	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	95.2	95.4	0.13
Cable17	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	101.9	102.2	0.26
Cable18	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	101.3	102.2	0.83
Cable19	-0.006	-0.003	0.006	0.003	0.1	0	101.4	102.2	0.76
Cable5	-0.004	-0.002	0.004	0.002	0	0	102	102.2	0.16
Cable28	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	99.6	99.8	0.29
Cable4	-0.006	-0.003	0.006	0.003	0	0	99.8	99.8	0.08
Cable2	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	99.6	99.8	0.27
Cable9	0.017	0.01	-0.017	-0.01	0	0	98.8	98.7	0.15
TR L-230	-0.029	-0.018	0.029	0.018	0.2	0.4	95.4	96.3	0.99
	0.015	0.01	-0.015	-0.009	0.1	0.1	95.4	99.8	4.5
					6.6	8.8			

Simulasi yang dilakukan menggunakan sumber energi listrik dari PLN sebesar 20kV terdapat rugi-rugi daya yang dapat dilihat pada Tabel 5, pada tabel tersebut menunjukkan nilai rugi-rugi daya terjadi pada setiap komponen dengan total kerugian daya aktif sebesar 6,6 kW dan daya reaktif sebesar 8,8 kvar.

Tabel 6. Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*) Sumber Energi Listrik dari PLN

Bus ID	Nominal kV	kV Loading	Voltage %	kW Loading
Bus 1	20	20	100	77
Bus 2	0.4	0.411	102.66	76

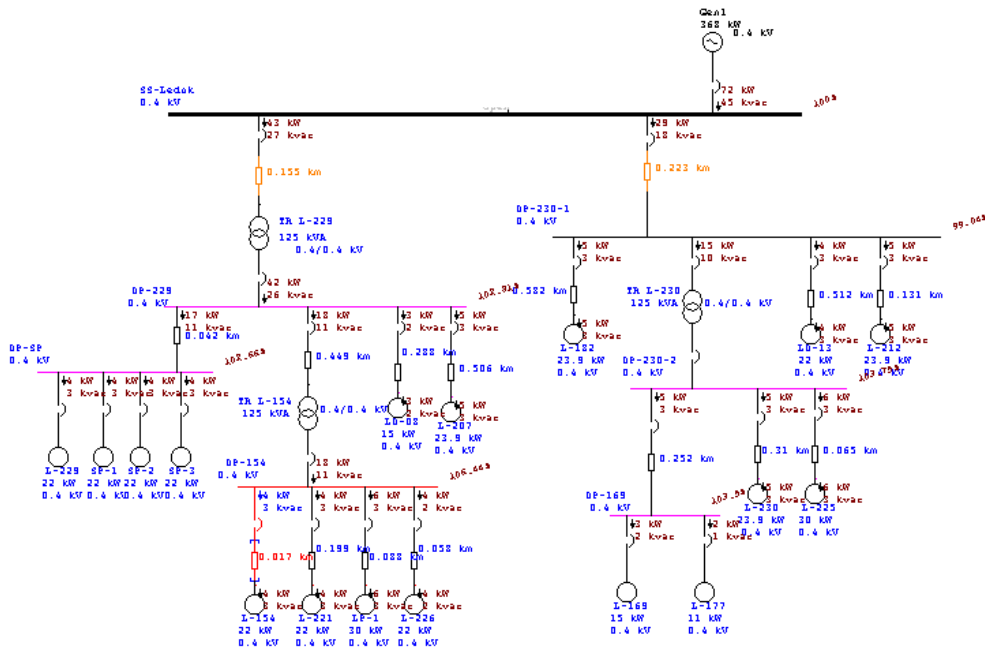
Bus ID	Nominal kV	kV Loading	Voltage %	kW Loading
Bus 3	0.4	0.381	95.3	43
Bus 4	0.4	0.39	97.62	18
Bus 5	0.4	0.395	98.66	3
Bus 6	0.4	0.393	98.35	5
Bus 7	0.4	0.379	94.77	5
Bus 8	0.4	0.379	94.87	4
Bus 9	0.4	0.381	95.22	5
Bus 10	0.4	0.408	101.89	4
Bus 11	0.4	0.405	101.33	4
Bus 12	0.4	0.406	101.4	6

"Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem"

Lanjutan Tabel 6

Bus ID	Nominal kV	kV Loading	Voltage %	kW Loading
Bus 13	0.4	0.408	102	4
Bus 14	0.4	0.398	99.55	5
Bus 15	0.4	0.399	99.77	6
DP-154	0.4	0.409	102.16	18
DP-169	0.4	0.398	99.58	5
DP-229	0.4	0.395	98.83	44
DP-230-1	0.4	0.381	95.35	29
DP-230-2	0.4	0.399	99.85	16
DP-SP	0.4	0.395	98.69	16
SS-Ledok	0.4	0.385	96.25	72

Simulasi yang dilakukan menggunakan sumber energi listrik dari PLN sebesar 20Kv, pada Bus SS-Ledok rugi tegangan terjadi berdasarkan rumus (6) dan (7) didapatkan hasil  $\%Vr = 3,75\%$ . Jatuh tegangan dapat dilihat pada Tabel 6, pada Tabel 6 menunjukkan beberapa bus yang mengalami *drop voltage*, dengan nilai *drop voltage* terbesar pada bus 7 mengalami *drop voltage* sebesar -5,23% dan bus 8 mengalami *drop voltage* sebesar -5,13% nilai drop voltage tersebut masih dalam keadaan wajar dan memenuhi standar SPLN no 1 tahun 1995



Gambar 5. Hasil Simulasi Sistem Distribusi Menggunakan Sumber Generato Sinkron 3 Fasa Berbasis ETAP 12.6.0

Gambar 5 merupakan hasil Simulasi Sistem Distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 Field Cepu area Ledok yang menggunakan sumber energi listrik dari Generator sebesar 0,4kV. Pada single line diatas terdapat beberapa bus berwarna ungu hal tersebut menandakan bus

mengalami jatuh tegangan tetapi masih dalam keadaan wajar (*marginal*), Nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan dapat dilihat dari data hasil simulasi pada Tabel 7 dan Tabel 8

Tabel 7. Rugi-rugi Daya (*Losses*) Sumber Generator

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
TR PLN	0	0	0	0			100	105.3	5.26
Cable									
Incoming	-0.043	-0.027	0.043	0.027	0.2	0.6	99	100	1
TR L-229									
TR L-229	0.043	0.027	-0.042	-0.026	0.4	0.6	99	102.8	3.8



Lanjutan Tabel 7

ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag
Cable15	-0.018	-0.011	0.018	0.011	0.1	0.3	101.7	102.8	1.15
TR L-154	0.018	0.011	-0.018	-0.011	0.1	0.1	101.7	106.4	4.78
Cable22	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0	0	102.6	102.8	0.17
Cable26	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	102.3	102.8	0.47
Cable3	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	98.5	99	0.56
Cable6	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	98.6	99	0.46
Cable1024	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	98.9	99	0.13
Cable16	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	106.2	106.4	0.25
Cable17	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	105.6	106.4	0.79
Cable18	-0.006	-0.003	0.006	0.003	0	0	105.7	106.4	0.72
Cable19	-0.004	-0.002	0.004	0.002	0	0	106.3	106.4	0.14
Cable5	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	103.5	103.8	0.28
Cable28	-0.006	-0.003	0.006	0.003	0	0	103.7	103.8	0.07
Cable4	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	103.5	103.8	0.26
Cable2	0.017	0.011	-0.017	-0.011	0	0	102.8	102.7	0.14
Cable9	-0.029	-0.018	0.029	0.018	0.2	0.4	99	100	0.96
TR L-230	0.015	0.01	-0.015	-0.009	0.1	0.1	99	103.8	4.71
					1.3	2.1			

Simulasi yang dilakukan menggunakan sumber energi listrik dari generator 0,4kV terdapat rugi-rugi daya pada setiap komponen yang dapat dilihat pada Tabel 7. Pada Tabel 7 menunjukkan total rugi-rugi daya aktif sebesar 1,3kW dan daya reaktif sebesar 2,1 kvar

Tabel 8. Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*) Sumber Generator

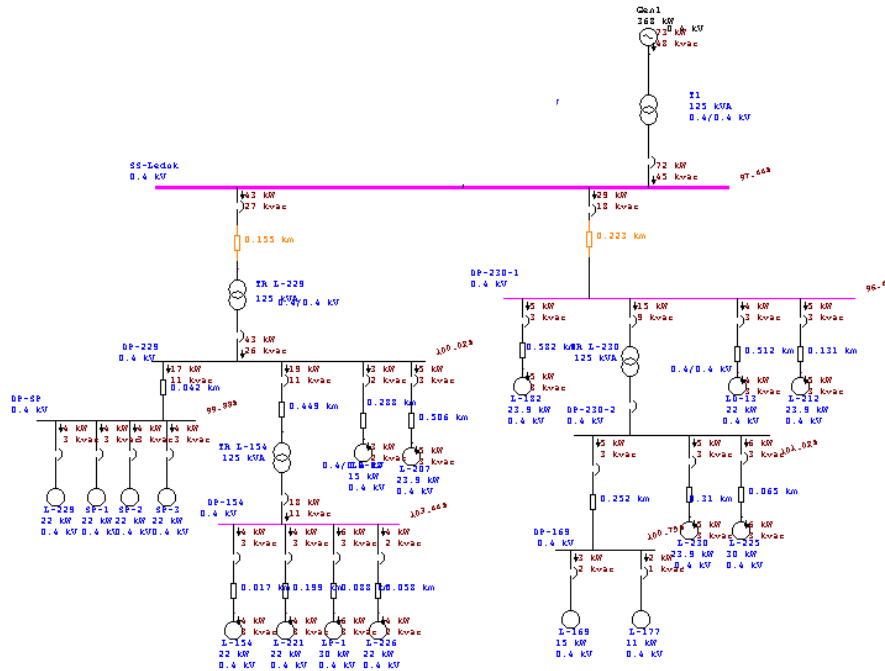
Bus ID	Nominal kV	kV Loading	Voltage %	kW Loading
Bus 3	0.4	0.396	99	43
Bus 4	0.4	0.407	101.66	18
Bus 5	0.4	0.411	102.64	3
Bus 6	0.4	0.409	102.34	5
Bus 7	0.4	0.394	102.81	5
Bus 8	0.4	0.394	98.58	4
Bus 9	0.4	0.396	98.92	5
Bus 10	0.4	0.425	106.19	4
Bus 11	0.4	0.423	105.65	4
Bus 12	0.4	0.423	105.72	6
Bus 13	0.4	0.425	106.29	4
Bus 14	0.4	0.414	103.47	5
Bus 15	0.4	0.415	103.68	6
DP-154	0.4	0.426	106.44	18
DP-169	0.4	0.414	103.5	5

Bus ID	Nominal kV	kV Loading	Voltage %	kW Loading
DP-229	0.4	0.411	102.81	43
DP-230-1	0.4	0.396	99	29
DP-230-2	0.4	0.415	103.75	16
DP-SP	0.4	0.411	102.66	16
SS-Ledok	0.4	0.4	100	72

Simulasi yang dilakukan menggunakan sumber energi listrik dari generator 0,4kV, pada bus DP-230-1 rugi tegangan terjadi berdasarkan rumus (6) dan (7) didapatkan hasil  $\%V_r = 1\%$ , nilai tersebut masih dalam standar yang ditentukan pada SPLN no 1 tahun 1995, pada Tabel 8 juga menunjukkan nilai *over voltage* lebih dari batas toleransi (batas toleransi +5%). *Over voltage* yang melebihi batas toleransi terjadi pada bus 10 sebesar +6,19%, bus 11 sebesar +5,65%, bus 12 sebesar +5,72%, bus 13 sebesar +6,29%, bus DP-154 sebesar +6,44%. Nilai *over voltage* tersebut harus diperbaiki agar mendapatkan sistem kelistrikan yang handal. Pada perbaikan *over voltage* dilakukan dengan menambahkan transformator distribusi dengan kode T1 spesifikasi 125KVA 0,4/0,4KV, transformator tersebut dipasangkan pada *output* generator, perbaikan *over voltage* dapat dilihat pada gambar dibawah ini



"Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem"



Gambar 6. Penambahan Transformator Pada Sistem Distribusi Menggunakan Sumber Generator Sinkron 3 Fasa

Gambar 6 merupakan hasil simulasi sistem distribusi dengan sumber generator 0,4KV dengan menambahkan transformator distribusi pada *output* generator, pada simulasi ini penambahan transformator distribusi

125KVA 0,4/0,4KV sangat memperbaiki nilai tegangan yang sebelumnya mengalami over voltage lebih dari standar yang ditentukan yaitu +5% menjadi seperti berikut ini

Tabel 9. Rugi-rugi Daya (*Losses*) Sumber Generator Dengan Menambahkan Transformator

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
TR PLN	0	0	0	0			100	105.3	5.26
Cable Incoming TR L-229	-0.043	-0.027	0.043	0.027	0.3	0.6	96.4	97.4	1.03
TR L-229	0.043	0.027	-0.043	-0.026	0.4	0.7	96.4	100	3.62
Cable15	-0.018	-0.011	0.019	0.011	0.1	0.3	98.8	100	1.19
TR L-154	0.018	0.011	-0.018	-0.011	0.1	0.1	98.8	103.4	4.61
Cable22	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0	0	99.9	100	0.17
Cable26	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	99.5	100	0.48
Cable3	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	95.9	96.5	0.57
Cable6	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	96	96.5	0.48
Cable1024	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	96.3	96.5	0.13
Cable16	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	103.2	103.4	0.26
Cable17	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	102.6	103.4	0.82
Cable18	-0.006	-0.003	0.006	0.003	0.1	0	102.7	103.4	0.75
Cable19	-0.004	-0.002	0.004	0.002	0	0	103.3	103.4	0.15
Cable5	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	100.7	101	0.29
Cable28	-0.006	-0.003	0.006	0.003	0	0	100.9	101	0.08

Lanjutan Tabel 9

ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag
T1	0.073	0.048	-0.072	-0.045	1.4	2	100	97.4	2.56
Cable4	-0.005	-0.003	0.005	0.003	0	0	100.8	101	0.26
Cable2	0.017	0.011	-0.017	-0.01	0	0	100	99.9	0.15
Cable9	-0.029	-0.018	0.029	0.018	0.2	0.4	96.5	97.4	0.98
TR L-230	0.015	0.009	-0.015	-0.009	0.1	0.1	96.5	101	4.56
					2.7	4.3			

Dengan penamabahan transformator pada sistem distribusi dengan sumber generator didapatkan hasil rugi daya sebesar daya aktif 1,6kW, nilai rugi daya ini sedikit lebih besar dari sebelumnya yaitu rugi daya aktif sebesar 1,3kW, meskipun lebih besar sedikit tetapi nilai tersebut tidak melebihi standart yang ditentukan SPLN no 72 tahun 1987

Tabel 10. Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*) Sumber Generator Dengan Menambahkan Transformator

Bus ID	Nominal	kV	Voltage	kW
	kV	Loading	%	Loading
Bus 3	0.4	0.386	96,41	43
Bus 4	0.4	0.395	99,88	18
Bus 5	0.4	0.399	98,83	3
Bus 6	0.4	0.398	99,85	5
Bus 7	0.4	0.384	95,88	5
Bus 8	0.4	0.384	95,98	4
Bus 9	0.4	0.385	96,36	5
Bus 10	0.4	0.413	103,18	4
Bus 11	0.4	0.41	102,62	4
Bus 12	0.4	0.411	102,69	6
Bus 13	0.4	0.413	103,29	4
Bus 14	0.4	0.403	100,72	5
Bus 15	0.4	0.403	100,94	6
DP-154	0.4	0.414	103,44	18
DP-169	0.4	0.403	100,75	5
DP-229	0.4	0.4	100,02	43
DP-230-1	0.4	0.386	96,5	29
DP-230-2	0.4	0.404	101,02	16
DP-SP	0.4	0.4	99,88	16
SS-Ledok	0.4	0.39	97,94	72

Tabel 10 merupakan hasil jatuh tegangan setelah penambahan transformtor, pada bus DP-230-1 rugi tegangan terjadi berdasarkan rumus (6) dan (7) didapatkan hasil %Vr = 3,5% , nilai tersebut masih dalam standar yang ditentukan pada SPLN no 1 tahun

1995. hasil sebelum ditambahkan transformator yaitu *Over voltage* terbesar terjadi pada bus DP-154 sebesar +6,44%. Sedangkan setelah ditambahkan transformator pada *output* generator hasilnya mengalami *drop voltage* pada bus 7 sebesar -4,12% dan *over voltage* pada bus DP-154 sebesar +3,44% nilai menjadi lebih baik dari nilai sebelumnya dan memenuhi standar yang ditentukan SPLN no 1 tahun 1995.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

Rugi-rugi daya (*Losses*) yang terjadi pada sistem distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu area Ledok yang disimulasikan menggunakan sumber energi listrik dari PLN sebesar 20kV mengalami rugi daya aktif sebesar 6,6 kW dan daya reaktif sebesar 8,8 kvar, sedangkan simulasikan yang dilakukan menggunakan sumber energi listrik dari generator sebesar 0,4kV mengalami rugi daya aktif sebesar 1,3kW dan daya reaktif 2,1 kvar. Berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987 nilai rugi daya yang melebihi 10% harus dilakukan perbaikan, sedangkan hasil penelitian ini nilai rugi daya tidak melebihi 10%

Jatuh tegangan (*Drop Voltage*) yang terjadi pada sistem distribusi PT Pertamina EP ASSET 4 *Field* Cepu area Ledok yang disimulasikan menggunakan sumber energi listrik dari PLN sebesar 20kV mengalami *drop voltage* lebih dari 5% yang terjadi pada bus 7 sebesar 5,23% dan bus 8 sebesar 5,13%, sedangkan simulasikan yang dilakukan menggunakan sumber energi listrik dari generator sebesar 0,4kV mengalami *over voltage* lebih dari 5% terjadi pada bus bus 10 sebesar 6,19%, bus 11 sebesar 5,65%, bus 12 sebesar 5,72%, bus 13 sebesar 6,29%, bus DP-154 sebesar 6,44%. Dan *over voltage* tersebut diperbaiki dengan cara menambahkan transformator distribusi 125kva 0,4/0,4KV pada *output* generator hasilnya mengalami *drop voltage* -4,12% dan *over voltage* +3,44% yang telah memenuhi standart

# "Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem"

## Saran

Berikut saran yang peneliti berikan untuk penelitian selanjutnya:

Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait analisis lainnya yang berbasis ETAP 12.6.0 dan menjadikan aplikasi ETAP 12.6.0 lebih banyak digunakan untuk meneliti atau menganalisis kasus lain yang terjadi pada sistem kelistrikan

Wahyudianto, Muhammad Farid. 2017. "Analisa Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik di Kapal Penumpang dengan Menggunakan Metode Simulasi." *Jurnal Teknik ITS* 5(2). doi: 10.12962/j23373539.v5i2.19716.

## DAFTAR PUSTAKA

Efendi, Juri. 2018. "Analisa Aliran Beban pada Sistem Tenaga Listrik di Pusat Penampung Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu Menggunakan Software ETAP 12.6." *Publikasi Ilmiah* 1–17.

Nigara, Adib Gustian. 2015. "Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal Menggunakan Software ETAP Power Station 4.0." *Jurnal Teknik Elektro* 7(1):7–10. doi: 10.15294/jte.v7i1.8580.

Nizar, Ahmad. 2021. "Analisis Rugi Daya Menggunakan ETAP pada Jaringan Distribusi 20KV Penyulang Bagong." *Jurnal Teknik Elektro* 10(1):195–202.

Otniel, Fredo. 2019. "Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Penyulang 05EE0101A di Area Utilities II PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit IV Cilacap Menggunakan Metode Newton-Raphson." *Energy and Electrical Engineering* 01(01):1–6.

Pangloli, Kristin Melani. 2020. "Analisis Aliran Daya Menggunakan Metode Fast Decoupled pada Sisi Tegangan 6.3 KV PT. Semen Tonasa V." *Publikasi Ilmiah* 8–14.

SPLN No 1. 1995. "Tegangan - Tegangan Standar." *Standar Perusahaan Listrik Negara* 5.

SPLN No 72. 1987. "Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)." *Spln 72 : 1987* 15.

Sugianto, Sugianto, Arif Jaya, and Bayu Adrian Ashad. 2020. "Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara dengan ETAP 12.6." *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 7(1):51–54. doi: 10.33387/protk.v7i1.1690.

Suseno, Nevada Saga. 2019. "Usulan Optimalisasi Design Sucker Rod Pump dengan Metode Uji Sensitivitas Stroke Length, Spm, dan Diameter Plunger pada Field Cepu." *Publikasi Ilmiah*.