

## **ANALISIS ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI KSO PERTAMINA EP – GEO CEPU INDONESIA DISTRIK 1 KAWENGAN MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP 12.6***

CAHYO KUMOLO  
PT.PROLINDO ADITYA PRIMA  
JL. PERAK TIMUR NO. 52 SURABAYA  
cahyokumolo92@gmail.com

### **Abstrak**

Sistem interkoneksi merupakan salah satu dari beberapa sistem jaringan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik pada sebuah plant khususnya di KSO Pertamina EP-Geo Cepu Indonesia Distrik I Kawengan. Seiring bertambahnya beban, maka perubahan terhadap sistem tenaga listrik tak dapat terhindarkan. Hal ini menyebabkan kondisi jaringan sistem tenaga listrik menjadi semakin kompleks dan rumit. Tanpa adanya pengelolaan yang baik terhadap jaringan sistem tenaga listrik yang kompleks dan rumit, maka akan memperbesar rugi-rugi daya yang terjadi serta memperburuk profil tegangan yang ada. Perlu adanya analisis aliran beban untuk mengetahui profil tegangan dan rugi-rugi daya, dan melakukan evaluasi untuk memperbaiki profil tegangan dan rugi-rugi daya yang ada.

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data sistem tenaga listrik yang ada di KSO Pertamina EP-Geo Cepu Indonesia Distrik I Kawengan, setelah itu dilakukan pemodelan sistem ke dalam ETAP 12.6. Dalam memperbaiki profil tegangan dan rugi-rugi daya pada simulasi ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap pertama, kedua, ketiga dan keempat. Tahap pertama merupakan hasil simulasi yang belum adanya evaluasi. Tahap kedua setelah adanya evaluasi pada beberapa komponen. Simulasi tahap ketiga melakukan evaluasi lebih lanjut pada beberapa komponen. Simulasi tahap keempat adalah memastikan bahwa kondisi profil tegangan dan rugi-rugi daya sudah membaik.

Hasil simulasi yang dilakukan adalah saat beban beroperasi 100%. Simulasi pertama menunjukkan banyak terjadi drop tegangan di beberapa bus dan memiliki rugi-rugi daya yang cukup besar. Evaluasi yang pertama dilakukan yaitu pada pembangkit karena pembangkit yang berkapasitas 1450 KVA harus memenuhi semua beban yang mencapai 2801 KW, evaluasi dilakukan dengan penggunaan 3 pembangkit yaitu 2 pembangkit 1450 KVA dan 500 KVA. Evaluasi yang lain juga dilakukan pada komponen yang mengalami overload maupun under voltage. Pada simulasi pada tahap pertama terdapat losses daya aktif sebesar 331.7 KW dan losses daya reaktif sebesar 311.6 Kvar, dengan adanya evaluasi di beberapa komponen sampai tahap keempat diperoleh losses daya aktif sebesar 74.1 KW dan losses daya reaktif sebesar 144.8 Kvar.

Kata kunci : Analisis aliran beban, ETAP, Newton-Raphson

### **Abstract**

Interconnect system is one of the few network system which is applied to the electric power system at a plant, especially in KSO Pertamina EP - Geo Cepu Indonesia District 1 Kawengan. With increasing load, the changes to the electricity system can not be avoided. This causes the electric power system network conditions become more complex and complicated. Without the proper management of the network power systems complex and complicated, it will increase the power losses that occur and worsen the existing voltage profile. The need for load flow analysis to determine the voltage profile and power losses, and conducting evaluations to improve voltage profile and power losses existing.

The study began with data collection systems existing power in KSO Pertamina EP - Geo Cepu Indonesia District 1 Kawengan, after it's done modeling system into ETAP 12.6. In fixing voltage profile and power losses in this simulation is divided into several stages, the first stage, second, third and fourth. The first stage is the result of the simulation is not an evaluation. The second phase after evaluation on multiple components. Simulation of the third stage do further evaluation on some components. Simulation fourth stage is to ensure that the condition of the voltage profile and power losses has improved.

The simulation is currently running at 100% load. The first simulation shows much going on several bus voltage drop and power loss has big enough. The first evaluation made at the plant since 1450 kVA generating capacity must meet all load reached 2801 kW, evaluation is performed with the use of three plants, namely two generators 1450 kVA and 500 kVA. Another evaluation is also conducted on components that will get overloaded and under vottage. In the simulation in the first stage there were losses amounting to 331.7 kW active power and reactive power losses amounted to 311.6 kVAr, with their evaluation in several components to the fourth stage obtained active power losses amounted to 74.1 kW and reactive power losses amounted to 144.8 kVAr.

Keywords: load flow analysis, ETAP, Newton-Raphson

## 1. PENDAHULUAN

Sistem interkoneksi merupakan salah satu dari beberapa sistem jaringan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik pada sebuah *plant*. Seiring bertambahnya beban, maka perubahan terhadap sistem tenaga listrik tak dapat terhindarkan. Hal ini menyebabkan kondisi jaringan sistem tenaga listrik menjadi semakin kompleks dan rumit. Tanpa adanya pengelolaan yang baik terhadap jaringan sistem tenaga listrik yang kompleks dan rumit, maka akan memperbesar rugi-rugi daya yang terjadi serta memperburuk profil tegangan.

Studi aliran beban adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif, faktor daya dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang (William D. Stevenson, Jr., 1994:6).

Metode komputasi yang sering dipakai untuk menyelesaikan perhitungan aliran beban antara lain metode Newton Raphson, Fast Decoupled, dan Gauss Seidel. Metode Newton-Raphson secara matematis lebih baik dibandingkan dengan metode Gauss-Seidel, karena memiliki sifat kovergensi kuadratik. Untuk sistem yang besar, metode Newton-

Raphson jauh lebih efisien dan lebih praktis. Banyaknya iterasi yang diperlukan dengan metode Newton-Raphson yang menggunakan admitansi bus, praktis tidak tergantung pada banyaknya bus. Waktu yang diperlukan untuk metode Gauss-Seidel (admitansi bus) meningkat hampir sebanding dengan banyaknya bus. Sebaliknya, penghitungan matriks Jacobian pada metode Newton-Raphson akan memakan waktu yang cukup lama, sedangkan waktu yang diperlukan untuk tiap iterasi pada metode Newton-Raphson adalah lebih singkat. Waktu yang singkat untuk suatu penyelesaian dengan ketelitian yang sama, menyebabkan bahwa metode Newton-Raphson lebih banyak dipilih untuk semua sistem, seperti pada sistem distribusi (Muksin Aksin Jaelani, 2008:28).

Software ETAP Power Station 12.6 adalah sebuah software yang digunakan untuk keperluan simulasi suatu jaringan tenaga listrik. Salah satu kemampuan software ETAP adalah mensimulasikan studi aliran beban suatu jaringan listrik. Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada software ETAP maka akan diketahui besarnya rugi-rugi daya dan kondisi profil tegangan pada sistem tenaga listrik. Salah satu manfaat dari analisis aliran beban yaitu dengan diketahuinya nilai tegangan, arus dan daya, maka dapat dilakukan

sebuah analisis sistem tenaga listrik yang digunakan untuk meminimalkan rugi-rugi daya yang terjadi dan memperbaiki profil tegangan yang ada.

Solusi untuk memperbaiki profil tegangan dan rugi-rugi daya antara lain dengan penambahan kapasitor *shunt*, perbaikan ukuran kabel, penambahan bus. Perbaikan-perbaikan tersebut tentunya akan mengeluarkan biaya yang sesuai dengan kriteria kondisi profil tegangan dan rugi-rugi daya pada suatu sistem. Perbaikan kabel dan pemasangan kapasitor *shunt* haruslah secara hati-hati dan telah diperhitungkan dengan matang, kesalahan pemberian nilai kapasitor juga akan mempengaruhi sistem bahkan bisa menjadi beban, maka dari itu diperlukannya analisis aliran beban untuk mengevaluasi kondisi sistem yang ada demi keamanan dan kehandalan sistem tenaga listrik pada suatu *plant*.

## 2. METODE

### 2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan metodologi penulisan sebagai berikut :

#### 1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah berupa pengumpulan data untuk diolah dalam penelitian ini. Pada penelitian ini data

yang dibutuhkan antara lain adalah keterangan aliran daya dan diagram *single line* pada sistem tenaga listrik di KSO Pertamina EP – Geo Cepu Indonesia Distrik I Kawengan.

#### 2. Analisis Data

Analisis data adalah sebuah proses untuk memahami data yang diperoleh dari proses pengumpulan data, dimana pada proses ini dapat diketahui bahwa sebuah sistem masih dapat bekerja dengan baik atau tidak.

#### 3. Perancangan Sistem

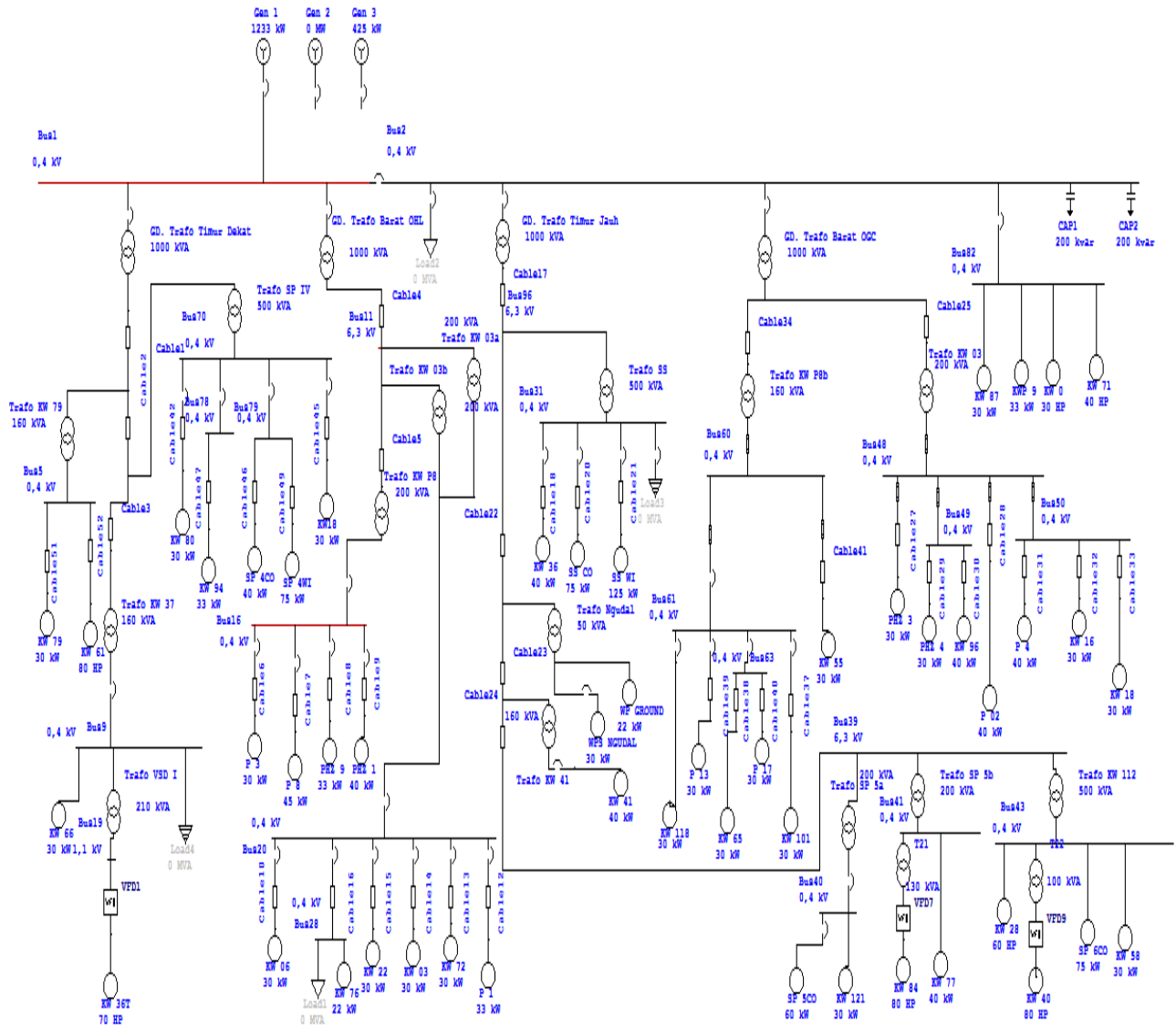
Perancangan sistem adalah proses dimana hasil dari analisis data pertama jika ada hasil yang tidak sesuai dengan standart IEC untuk dilakukan perbaikan demi keamanan dan kehandalan sistem.

#### 4. Pengujian dan Analisa data

Pengujian dan analisa data adalah tahap akhir pengujian rancangan setelah perbaikan serta membandingkan dengan hasil lapangan kemudian menarik kesimpulan.

### 2.2 Gambaran Sistem Tenaga Listrik

Penelitian yang dilakukan ini mengambil data sistem tenaga listrik di KSO Pertamina EP – Geo Cepu Indonesia Distrik 1 Kawengan. Gambar *singleline diagram* di ETAP Power Station 12.6 dapat dilihat gambar 1.



Gambar 1. Single line diagram

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Simulasi Aliran Beban Tahap Pertama

Simulasi aliran beban tahap pertama dilakukan pada model jaringan sistem tenaga listrik Pertamina EP – Geo Cepu Indonesia Distrik I Kawangan sesuai dengan data masukan daftar beban dan *single line diagram* yang ada. Simulasi tahap pertama bertujuan untuk mengetahui kondisi rugi-rugi daya dan profil tegangan sebelum ada penambahan kapasitor. Gambar 2 merupakan gambar hasil simulasi aliran beban dengan menggunakan software ETAP 12.6. Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa ada beberapa komponen yang berwarna ungu dan merah. Komponen

yang berwarna Ungu berarti dalam kondisi *marginal* dan yang berwarna merah berarti dalam kondisi *critical*. Dalam hal ini kondisi *marginal* masih dalam kondisi toleransi dan masih dalam kondisi aman, namun untuk komponen yang berwarna merah perlu adanya evaluasi untuk tindak lanjut demi kehandalan dan keamanan pada sebuah sistem tenaga listrik.

Gambar 2 menunjukkan bahwa banyak terjadi drop tegangan pada Gardu Trafo Timur Jauh dan komponen dibawahnya, bahkan pada bus paling ujung dari GD. Trafo Timur Jauh tegangannya hanya mencapai 82.86%. Hal yang sama terjadi juga pada pada jaringan GD. Trafo Barat OGC, jaringan dibawahnya

memiliki level tegangan mencapai 91.52%. Selain itu, kondisi pada tiap percabangan, ada beberapa kabel yang mengalami *over load*. Kabel dalam kondisi *over load* ditandai dengan warna merah. Kurang besarnya ukuran kabel akan membuat drop tegangan pada *branch* berikutnya. Selain itu ketika kabel mengalami overload akan mengakibatkan panas berlebih pada kabel, lebih parah lagi dapat mengakibatkan kebakaran jika ada beberapa proteksi yang tidak bekerja. Terdapat juga beberapa Trafo yang mengalami *over load*, *over load* ini juga dapat diakibatkan karena adanya drop tegangan. Jadi langkah sebelum mengubah kapasitas trafo adalah memperbaiki profil tegangan yang ada.

Tabel 1. *load flow report* menunjukkan dari bus utama yaitu bus yang menerima tegangan langsung dari pembangkit. Pada bus tersebut memberi daya aktif sebesar 2821 kW dan daya reaktif sebesar 1048 kVAr sedangkan kapasitas pembangkit sebesar 1450 kVA atau 1233 kW. Pembangkit akan tidak mampu jika pada sistem beban beroperasi 100%. Simulasi ini dilakukan dengan semua pengoperasian

beban sebesar 100%, maka dari itu perlu adanya evaluasi untuk mengurangi rugi-rugi daya dan profil tegangan agar sistem memiliki tingkat keamanan dan kehandalan yang baik.

Tabel 2. menunjukkan rugi – rugi daya pada tiap komponen. Pada simulasi tahap pertama ini dengan kapasitas dari generator yang kurang terjadi *losses* daya aktif sebesar 331.7 kW sedangkan total daya reaktifnya adalah 311.6 kVAr. Rugi-rugi daya tersebut tentu akan sangat membebani pembangkit.

Tabel 3. menunjukkan beberapa bus yang mengalami drop tegangan dibawah toleransi yang diijinkan yaitu sebesar 5%. Solusi untuk mengurangi drop tegangan pada bus antara lain adalah pemberian kapasitor, memperbesar luas penampang, penambahan bus dan lain-lain. Pemberian kapasitor juga harus sesuai dengan nilai daya reaktif yang dibutuhkan karena jika kapasitor yang diberikan ukurannya terlalu kecil maka akan hanya membantu daya reaktif yang kecil, sedangkan kapasitor yang diberikan terlalu besar maka akan menjadi beban.



Tabel 1. Tabel Load Flow Report Tahap 1

<u>LOAD FLOW REPORT</u>														
Bus		Voltage			Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
*Bus1	0.400	100.000	0.0	2.821	1.048	0	0	Bus3	0.530	0.248	844.8	90.6		
								Bus10	0.443	0.235	724.0	88.4		
								Bus2	1.848	0.565	2789.2	95.6		
Bus2	0.400	100.000	0.0	0	0	0.000	-0.400	Bus29	1.119	0.571	1813.8	89.1		
								Bus46	0.584	0.323	963.5	87.5		
								Bus1	-1.848	-0.565	2789.2	95.6		
								Bus82	0.144	0.071	232.1	89.8		
Bus3	6.300	98.708	-0.2	0	0	0	0	Bus4	0.524	0.243	53.6	90.7		
								Bus1	-0.524	-0.243	53.6	90.7		
Bus4	6.300	98.340	-0.2	0	0	0	0	Bus3	-0.522	-0.242	53.6	90.7		
								Bus6	0.403	0.188	41.5	90.6		
								Bus5	0.119	0.054	12.2	91.0		
Bus5	0.400	96.513	-0.5	0	0	0	0	Bus83	0.037	0.018	62.4	89.9		
								Bus84	0.080	0.034	129.5	91.9		
								Bus4	-0.117	-0.053	191.9	91.2		
Bus6	6.300	98.120	-0.2	0	0	0	0	Bus4	-0.402	-0.188	41.5	90.6		
								Bus8	0.128	0.054	13.0	92.2		
								Bus70	0.274	0.134	28.5	89.9		
Bus8	6.300	97.982	-0.2	0	0	0	0	Bus6	-0.128	-0.054	13.0	92.2		
								Bus9	0.128	0.054	13.0	92.2		
Bus9	0.400	95.045	-1.4	0	0	0.037	0.018	Bus8	-0.125	-0.050	204.7	92.9		
								Bus19	0.088	0.031	141.7	94.1		
Bus10	6.300	98.262	-1.3	0	0	0	0	Bus11	0.441	0.221	46.0	89.4		
								Bus1	-0.441	-0.221	46.0	89.4		
Bus11	6.300	97.091	-1.1	0	0	0	0	Bus10	-0.435	-0.219	46.0	89.3		
								Bus15	0.189	0.096	20.0	89.1		
								Bus14	0.123	0.061	13.0	89.4		
								Bus14	0.123	0.061	13.0	89.4		
Bus14	0.400	95.010	-2.7	0	0	0	0	Bus11	-0.122	-0.057	204.3	90.6		
								Bus11	-0.122	-0.057	204.3	90.6		
								Bus20	0.244	0.114	408.5	90.6		
Bus15	6.300	96.938	-1.1	0	0	0	0	Bus11	-0.189	-0.096	20.0	89.0		
								Bus16	0.189	0.096	20.0	89.0		
Bus16	0.400	93.719	-3.6	0	0	0	0	Bus17	0.044	0.020	73.6	91.0		
								Bus27	0.050	0.023	84.6	91.0		
								Bus26	0.039	0.018	66.1	90.6		

Tabel 2. *Total Losses* pada saat pengujian pertama

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
GD. Trafo Barat OHL	0.443	0.235	-0.441	-0.221	2.5	14.3	100.0	98.3	1.74
GD. Trafo Timur Dekat	0.530	0.248	-0.524	-0.243	5.9	5.2	100.0	98.7	1.29
GD. Trafo Barat OGC	0.584	0.323	-0.577	-0.316	7.7	6.8	100.0	98.5	1.50
GD. Trafo Timur Jauh	1.119	0.571	-1.104	-0.482	15.5	89.5	100.0	95.8	4.16
Cable1	0.524	0.243	-0.522	-0.242	2.0	0.7	98.7	98.3	0.37
Cable2	0.403	0.188	-0.402	-0.188	0.9	0.3	98.3	98.1	0.22
Trafo KW 79	0.119	0.054	-0.117	-0.053	1.9	1.7	98.3	96.5	1.83
Cable51	0.037	0.018	-0.037	-0.018	0.0	0.0	96.5	96.4	0.09
Cable52	0.080	0.034	-0.074	-0.033	5.5	1.6	96.5	90.2	6.31
Cable3	0.128	0.054	-0.128	-0.054	0.2	0.1	98.1	98.0	0.14
Trafo S P IV	0.274	0.134	-0.272	-0.125	1.9	9.1	98.1	96.3	1.81
Trafo KW 37	0.128	0.054	-0.125	-0.050	2.8	4.2	98.0	95.0	2.94
Trafo VSD I	0.088	0.031	-0.087	-0.029	0.5	2.2	95.0	93.9	1.16
Cable4	0.441	0.221	-0.435	-0.219	6.0	1.2	98.3	97.1	1.17
Cable5	0.189	0.096	-0.189	-0.096	0.3	0.1	97.1	96.9	0.15
Trafo KW 03a	0.123	0.061	-0.122	-0.057	1.0	4.7	97.1	95.0	2.08
Trafo KW 03b	0.123	0.061	-0.122	-0.057	1.0	4.7	97.1	95.0	2.08
Trafo KW PS	0.189	0.096	-0.186	-0.085	2.4	11.2	96.9	93.7	3.22
Cable6	0.044	0.020	-0.037	-0.018	6.1	1.5	93.7	81.7	12.05
Cable7	0.050	0.023	-0.049	-0.023	0.9	0.2	93.7	92.1	1.57
Cable8	0.039	0.018	-0.036	-0.018	2.4	0.6	93.7	88.3	5.40
Cable9	0.054	0.024	-0.050	-0.023	3.9	1.0	93.7	87.5	6.22
Cable10	0.040	0.019	-0.037	-0.018	3.0	0.6	95.0	88.7	6.26
Cable12	0.043	0.022	-0.042	-0.021	1.8	0.8	95.0	91.2	3.77
Cable13	0.045	0.019	-0.037	-0.018	7.1	0.9	95.0	81.7	13.34
Cable14	0.039	0.018	-0.037	-0.018	1.2	0.2	95.0	92.5	2.54
Cable15	0.048	0.021	-0.037	-0.018	10.7	2.7	95.0	75.4	19.60
Cable16	0.029	0.014	-0.028	-0.014	0.7	0.2	95.0	93.0	1.98
Cable17	1.104	0.482	-0.993	-0.467	110.9	14.9	95.8	87.3	8.53
Cable22	0.676	0.318	-0.668	-0.316	7.2	1.3	87.3	86.5	0.83
Trafo SS	0.317	0.149	-0.314	-0.134	3.2	15.1	87.3	85.0	2.28
Cable18	0.061	0.026	-0.050	-0.023	11.3	2.6	85.0	70.6	14.47
Cable20	0.105	0.044	-0.091	-0.040	13.8	3.5	85.0	74.5	10.57
Cable21	0.148	0.064	-0.147	-0.064	1.1	0.3	85.0	84.5	0.58
Cable23	0.601	0.280	-0.600	-0.280	1.3	0.2	86.5	86.3	0.17



Tabel 3. *Bus Drop* pada tahap pengujian pertama

Bus ID	Nominal kV	Voltage	MW Loading	% Loading
Bus1	0,4	100	2,821	0
Bus2	0,4	100	1,848	0
Bus5	0,4	96,51	0,117	0
Bus9	0,4	95,04	0,125	0
Bus11	6,3	97,09	0,435	0
Bus16	0,4	93,72	0,186	0
Bus19	1,1	93,88	0,087	0
Bus20	0,4	95,01	0,244	0
Bus28	0,4	93,03	0,028	0
Bus31	0,4	85,04	0,314	0
Bus39	6,3	85,03	0,54	0
Bus40	0,4	82,86	0,112	0
Bus41	0,4	82,28	0,151	0
Bus43	0,4	83,03	0,272	0
Bus48	0,4	91,52	0,321	0
Bus49	0,4	91,52	0,093	0
Bus50	0,4	91,52	0,138	0
Bus60	0,4	93,53	0,238	0
Bus61	0,4	93,53	0,198	0
Bus63	0,4	93,53	0,078	0
Bus70	0,4	96,31	0,272	0
Bus78	0,4	96,31	0,042	0
Bus79	0,4	96,31	0,144	0
Bus82	0,4	100	0,144	0
Bus96	6,3	87,31	0,993	0

### 3.2 Simulasi Aliran Beban Tahap Kedua

Simulasi tahap kedua ini adalah mengevaluasi dari beberapa komponen yang bertanda merah yang artinya pada komponen tersebut ada *over load* maupun drop tegangan dari simulasi tahap 1. Adapun beberapa evaluasi yang dilakukan antara lain :

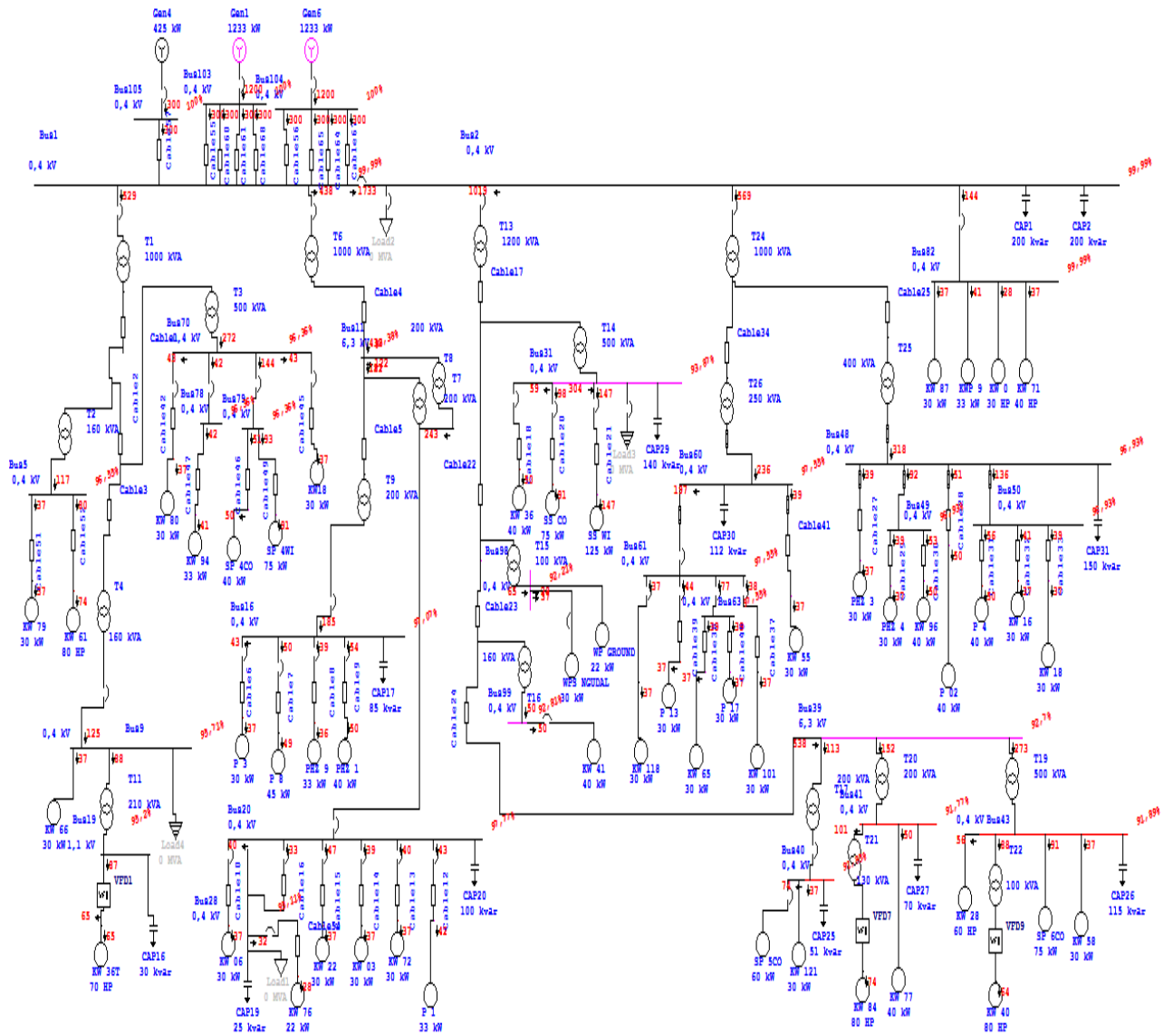
1. Evaluasi yang pertama dilakukan adalah pada kapasitas pembangkit. Dari simulasi tahap 1 sudah terlihat bahwa daya aktif yang dibutuhkan sistem ketika beban 100% adalah sekitar 2821 kW, sedangkan kapasitas 1 pembangkit 1233 kW maka perlu penambahan pembangkit yang ada yaitu 1 pembangkit 1233 kW dan 425 kW untuk memikul semua beban yang ada pada sistem.
2. Pada bus 19 terjadi *under voltage*, terjadi tepat setelah trafo *step up* dengan tegangan 1100 volt, terlihat daya reaktif yang diserap oleh motor adalah 29 kVAr, maka perlu adanya pemasangan kapasitor bank sebesar 30 kVAr pada bus 19.
3. Komponen CB 55 akan trip karena arus yang ditanggung oleh CB sebesar 235.9 A, maka perlu adanya penggantian CB berkapasitas 250 A.
4. Cable 17 terlihat *over load* karena menanggung arus sebesar 108 A dengan tegangan 1.1 KV. Penggantian kabel menjadi 35  $mm^2$  belum cukup karena masih banyak drop tegangan pada bus paling ujung, maka perlu evaluasi kabel menjadi 50  $mm^2$ .
5. Pada bus 16 terjadi *under voltage* sebesar 93.72%, pada bus tersebut mengalirkan daya reaktif sebesar 86 kVAr maka perlu diberikan kapasitor bank sebesar 85 kVAr, profil tegangan menjadi naik menjadi 96.26%, Trafo yang menghubungkan bus 16 yang semula *over load* setelah adanya pemberian kapasitor ini menjadi dalam kondisi aman.

6. Pada bus 28 terjadi drop tegangan, mengalirkan daya reaktif sebesar 14 kVAr, pemberian kapasitor 15 kVAr masih belum memenuhi kenaikan tegangan agar drop tegangan yang terjadi masih diambang toleransi maka pemberian kapasitor diberikan pada bus diatasnya yaitu bus 20, pada bus 20 mengalirkan daya reaktif sebesar 113 kVAr, kapasitor bank yang diberikan adalah sebesar 115 kVAr. Pemberian kapasitor di bus 20 ini sudah dapat memperbaiki drop tegangan pada bus 28.
7. GD. Trafo Timur Jauh terlihat *over load*, kVA yang disupply adalah sebesar 1067, maka perlu evaluasi trafo menjadi 1200 kVA.
8. Trafo Ngudal juga mengalami *over load*, kVA yang di *supply* sebesar 73 kVA, maka perlu evaluasi trafo sebesar 100 kVA.
9. CB 39 juga akan trip karena arus yang dihantarkan sebesar 159 A sedangkan rating CB 80 A, evaluasi yang diberikan adalah 200 A.
10. Trafo KW P8 juga mengalami *over load*, kapasitas trafo yang hanya 150 kVA harus mengalirkan daya sebesar 236 kVA, maka perlu evaluasi trafo menjadi 250 kVA.
11. Fuse 11 akan putus karena mengalirkan arus sebesar 324 A sedangkan rating Fuse 200A, maka perlu evaluasi fuse menjadi 400 A.
12. CB 48 akan trip karena arus yang dialirkan sebesar 71 A sedangkan rating CB sebesar 65 A, maka evaluasi CB yang diberikan adalah 80 A
13. Pada bus 40, 41, 43 terjadi drop tegangan lebih dari 10% maka perlu diberikan kapasitor bank, daya reaktif yang mengalir pada bus 40 adalah 51 Kvar maka perlu pemasangan kapasitor bank sebesar 51 kVAr. Pada bus 41 daya reaktif yang mengalir adalah sebesar 60 kVAr, maka perlu kapasitor bank sebesar 60 kVAr dan pada bus 43 mengalir daya reaktif sebesar 113 maka perlu penambahan kapasitor bank sebesar 115 kVAr.
14. Trafo KW 03 terlihat *over load*, daya yang dihantarkan adalah sebesar 318 kVA sedangkan kapasitas trafo sebesar 200 kVA maka perlu evaluasi trafo sebesar 400 kVA.

Tabel 4. menunjukkan bahwa ketiga pembangkit tersebut sudah mampu untuk menopang semua beban yang ada pada sistem, meskipun pada hasil simulasi terlihat ungu yang artinya dalam kondisi *marginal*. Hali ini dilakukan karena disesuaikan dengan pembangkit yang dimiliki.

Tabel 5. menunjukkan bahwa *losses* yang ada pada sistem sudah menurun yang semula *losses* daya aktif 331.7 kW dan *losses* daya reaktif 311.6 kVAr sekarang sudah turun yaitu untuk *losses* daya aktif sebesar 211.3 kW dan *losses* daya reaktif sebesar 202.9 kVAr.

Tabel 6. menunjukkan masih ada beberapa bus yang mengalami drop tegangan, meskipun pada bus tersebut sudah diberi kapasitor bank sesuai dengan nilai daya reaktif yang ada pada bus tersebut, perlu adanya evaluasi lebih lanjut untuk menangani bus yang terjadi drop tegangan tersebut.



Gambar 3. Simulasi Load Flow tahap 2

Tabel 4. Tabel *Load Flow Report* tahap 2

<u>LOAD FLOW REPORT</u>														
Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap	
Bus1	0.400	99.989	0.0	0	0	0	0	Bus103	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus104	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus105	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus103	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus103	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus104	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus104	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus104	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus103	-0.300	-0.016	433.8	99.9		
								Bus3	0.529	0.220	827.4	92.3		
Bus10	0.438	0.028	634.0	99.8										
Bus2	1.733	-0.104	2506.2	-99.8										
Bus2	0.400	99.989	0.0	0	0	0.000	-0.400	Bus29	1.019	0.185	1495.5	98.4		
								Bus46	0.569	0.040	823.8	99.8		
								Bus1	-1.733	0.104	2506.2	-99.8		
								Bus82	0.144	0.071	232.1	89.8		
Bus3	6.300	98.741	-0.3	0	0	0	0	Bus4	0.524	0.215	52.5	92.5		
								Bus1	-0.524	-0.215	52.5	92.5		
Bus4	6.300	98.380	-0.2	0	0	0	0	Bus3	-0.522	-0.214	52.5	92.5		
								Bus6	0.403	0.160	40.4	92.9		
								Bus5	0.119	0.054	12.2	91.0		
Bus5	0.400	96.553	-0.6	0	0	0	0	Bus83	0.037	0.018	62.3	89.9		
								Bus84	0.080	0.034	129.5	91.9		
								Bus4	-0.117	-0.053	191.8	91.2		
Bus6	6.300	98.165	-0.2	0	0	0	0	Bus4	-0.402	-0.160	40.4	92.9		
								Bus8	0.128	0.026	12.2	98.0		
								Bus70	0.274	0.134	28.5	89.9		
Bus8	6.300	98.036	-0.2	0	0	0	0	Bus6	-0.128	-0.026	12.2	98.0		
								Bus9	0.128	0.026	12.2	98.0		
Bus9	0.400	95.708	-1.7	0	0	0.037	0.018	Bus8	-0.125	-0.022	191.8	98.5		
								Bus19	0.088	0.004	132.5	99.9		
Bus10	6.300	99.432	-1.4	0	0	0	0	Bus11	0.436	0.017	40.3	99.9		
								Bus1	-0.436	-0.017	40.3	99.9		
Bus11	6.300	98.382	-1.5	0	0	0	0	Bus10	-0.432	-0.016	40.3	99.9		
								Bus13	0.187	0.013	17.5	99.7		
								Bus14	0.122	0.001	11.4	100.0		

Tabel 5. *Total Losses* pada pengujian tahap kedua

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	
Cable55	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable56	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable57	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable60	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable61	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable64	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable65	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable67	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable68	-0.300	-0.016	0.300	0.016	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
GD. Trafo Barat OHL	0.438	0.028	-0.436	-0.017	1.9	10.9	100.0	99.4	0.56
GD. Trafo Timur Dekat	0.529	0.220	-0.524	-0.215	5.7	5.0	100.0	98.7	1.25
GD. Tafo Timur Jauh	1.019	0.185	-1.011	-0.134	8.8	50.7	100.0	98.4	1.59
GD. Trafo Barat OGC	0.569	0.040	-0.564	-0.035	5.6	5.0	100.0	98.9	1.04
Cable1	0.524	0.215	-0.522	-0.214	2.0	0.7	98.7	98.4	0.36
Cable2	0.403	0.160	-0.402	-0.160	0.9	0.3	98.4	98.2	0.21
Trafo KW 79	0.119	0.054	-0.117	-0.053	1.9	1.7	98.4	96.6	1.83
Cable51	0.037	0.018	-0.037	-0.018	0.0	0.0	96.6	96.5	0.09
Cable52	0.080	0.034	-0.074	-0.033	5.5	1.6	96.6	90.3	6.30
Cable3	0.128	0.026	-0.128	-0.026	0.2	0.1	98.2	98.0	0.13
Trafo S P IV	0.274	0.134	-0.272	-0.125	1.9	9.1	98.2	96.4	1.81
Trafo KW 37	0.128	0.026	-0.125	-0.022	2.4	3.7	98.0	95.7	2.33
Trafo VSD 1	0.088	0.004	-0.087	-0.002	0.4	1.9	95.7	95.2	0.51
Cable4	0.436	0.017	-0.432	-0.016	4.6	0.9	99.4	98.4	1.05
Cable5	0.187	0.013	-0.187	-0.013	0.3	0.1	98.4	98.2	0.14
Trafo 03b	0.122	0.001	-0.122	0.002	0.8	3.6	98.4	97.8	0.61
Trafo KW 03a	0.122	0.001	-0.122	0.002	0.8	3.6	98.4	97.8	0.61
Trafo KW P8	0.187	0.013	-0.185	-0.005	1.8	8.6	98.2	97.1	1.17
Cable6	0.043	0.020	-0.037	-0.018	5.5	1.4	97.1	85.6	11.49
Cable7	0.050	0.023	-0.049	-0.023	0.9	0.2	97.1	95.6	1.51
Cable8	0.039	0.018	-0.036	-0.018	2.3	0.6	97.1	91.9	5.19
Cable9	0.054	0.024	-0.050	-0.023	3.6	0.9	97.1	91.1	5.98
Cable10	0.040	0.019	-0.037	-0.018	2.8	0.5	97.8	91.7	6.06
Cable12	0.043	0.022	-0.042	-0.021	1.7	0.7	97.8	94.1	3.66
Cable13	0.040	0.019	-0.037	-0.018	2.8	0.7	97.8	91.5	6.26
Cable14	0.039	0.018	-0.037	-0.018	1.1	0.2	97.8	95.3	2.46

Tabel 6. Bus Drop Pengujian tahap ke 2

Bus ID	Nominal kV	Voltage	MW Loading	% Loading
Bus1	0,4	99,99	2,701	0
Bus5	0,4	96,55	0,117	0
Bus9	0,4	95,71	0,125	0
Bus16	0,4	97,07	0,185	0
Bus19	1,1	95,2	0,087	0
Bus20	0,4	97,77	0,243	0
Bus28	0,4	95,11	0,032	0
Bus31	0,4	93,87	0,304	0
Bus39	6,3	92,7	0,538	0
Bus40	0,4	91,85	0,112	0
Bus41	0,4	91,77	0,151	0
Bus43	0,4	91,89	0,272	0
Bus48	0,4	96,93	0,318	0
Bus49	0,4	96,93	0,092	0
Bus50	0,4	96,93	0,136	0
Bus60	0,4	97,55	0,236	0
Bus61	0,4	97,55	0,197	0
Bus63	0,4	97,55	0,077	0
Bus70	0,4	96,36	0,272	0
Bus78	0,4	96,36	0,042	0
Bus79	0,4	96,36	0,144	0
Bus98	0,4	92,21	0,065	0
Bus99	0,4	92,81	0,05	0

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis aliran beban singkat di KSO Pertamina EP-GEO Cepu Indonesia Distrik 1 Kawengan dengan menggunakan software ETAP Power Station 12.6 dapat diambil kesimpulannya sebagai berikut:

1. Simulasi yang dilakukan adalah ketika beban semua beroperasi 100%, sedangkan beban yang berada dilapangan kapasitas elektro motor memang dibuat lebih besar daripada daya yang diperlukan oleh setiap sumur.
2. Ketika daya semua beroperasi 100%, 1 pembangkit yang dioperasikan yaitu sebesar 1450 kVA tidak akan mampu menopang semua beban yang ada, perlu pengoperasian 3 pembangkit yaitu 2 pembangkit 1450 kVA ditambah dengan generator *emergency* sebesar 500 kVA.

3. Pada bus 39 terjadi drop tegangan lebih dari 10%, Evaluasi yang lebih perlu diberikan pada jaringan GD. Trafo Timur Jauh karena jarak bus paling ujung terletak jauh dari pembangkit. Evaluasi yang paling berpengaruh adalah pada kabel 17 dan kabel 24.
4. Pada simulasi pada tahap pertama terdapat *losses* daya aktif sebesar 331.7 kW dan *losses* daya reaktif sebesar 311.6 kVAr, dengan adanya evaluasi di beberapa komponen sampai tahap keempat diperoleh *losses* daya aktif sebesar 74.1 kW dan *losses* daya reaktif sebesar 144.8 kVAr.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Hedbien, "Studi Aliran Daya 115kV di PT. Chevron Pasific Indonesia", 22 Juni 2008,

- [Http://one.indoskripsi.com/node/3585](http://one.indoskripsi.com/node/3585),  
18 Juli 2009.
- Hosea Emmy, Yusak Tanoto,  
“Perbandingan Analisa Aliran Daya  
dengan Menggunakan Metode Algoritma  
Genetika dan Metode Newton-Rhapson”,  
[Http://getcited.org/pub/103449905](http://getcited.org/pub/103449905), 25  
Juli 2009.
- Marsudi, Djiteng 2005, *Pembangkitan  
Energi Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Saadat,hadi 1999, *Power System Analysis*,  
The McGraw-Hill Companies,  
Singapore.
- Stevenson Jr, W D 1994, '*Analisis Sistem  
Tenaga Listrik*', edisi ke-4, PT. Gelora  
Aksara Pratama, Jakarta.
- Sulistyarso, Edhy 2010, *Analisis Aliran  
BebanSistem Distribusi Menggunakan  
ETAP 4.0.0.*, Universitas  
Muhammadiyah Surakarta.
- Zuhal 1995, *Dasar Teknik Tenaga Listrik  
dan Elektronika Daya*, PT Gramedia  
Pustaka Utama, Jakarta.