

ANALISA KEANDALAN GARDU INDUK DI PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA AREA 6D SUBSTATION MINAS

Tetti Silalahi, Nurhalim

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: tetti.maret@gmail.com

ABSTRACT

The level of Analysis system reliability substations, with data Analysis disturbance and recorded from the PT.CPI it will be calculated level of reliability. Needed data in order to continue the analysis of the reliability of the system substation data is current as trip interruption, Repair, and natural disturbances that occurred at the substation 6D Minas, based on data from the existing problems will be known level of reliability in substation 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia. Analysis using the formula of probability and simulation Etap 12.6.0 Transformer # 1 has a value of 2.0271 SAIDI hours / year and transformer # 2 has a value of 2.1148 SAIDI hours / year and transformer # 1 has a value SAIFI 1,197 times / year while the transformer # 2 has SAIFI value of 2.486 times / year. Feeder # 1 has a value of SAIDI 0559 hours / year, Feeder # 2 has a value of SAIDI 0852 hours / year, Feeder # 3 has a value of SAIDI 0294 hours / year, Feeder # 4 has a value of SAIDI 1,000 hours / year, Feeder # 5 has a value of SAIDI 1,642 hours / year, Feeder # 6 has a value of SAIDI 0000 hours / year. Feeder Minas 6D so as to have a value of SAIDI 0724 hours / year of SAIFI standard IEEE Std. 1366-2000

Key words: Etap 12.6.0, reliability, Electric power system, substation

1. PENDAHULUAN

PT. Chevron Pacific Indonesia Merupakan Perusahaan yang bergerak di bidang MIGAS dan merupakan penghasil minyak bumi terbesar di Indonesia yang terletak di Propinsi Riau, sehingga untuk mendapatkan minyak dan gas bumi membutuhkan energi listrik. Dimana energi listrik yang dibutuhkan oleh pumping unit (motor penyedot minyak bumi) berasal dari Gardu Induk PT. CPI sendiri. Kebutuhan tenaga listrik dihitung berdasarkan besarnya aktivitas dan intensitas penggunaan tenaga listrik.

Gardu Induk 6D Substation Minas ini merupakan Gardu Induk yang mensuplai tegangan ke Gardu Induk 5B dan memiliki 120 Pelanggan yang harus disuplai. Disamping pelanggan yang cukup banyak

dan suplai ke Gardu Induk 5B, Gardu Induk 6D ini terletak dekat dengan jalan raya yang sering dilalui oleh masyarakat, sehingga gangguan yang sering terjadi di Gardu Induk 6D ini diakibatkan dari alam dan gangguan manusia oleh karena itu perlu dilakukan penelitian keandalan Gardu Induk 6D Substation Minas guna untuk mempertahankan produksi yang stabil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mekanisme Kegagalan Townsend

Metode penghitungan keandalan dihitung menggunakan teori probabilitas. Untuk ini tidak terdapat sebuah rumus atau cara yang mampu menyelesaikan semua persoalan. Pendekatan dan rumus yang digunakan tergantung kepada permasalahan yang dihadapi dan asumsi-

asumsi yang dapat diterapkan. Validitas analisis keandalan tergantung sekali kepada validitas model yang dipakai untuk sistem yang bersangkutan. Karena itu penyederhanaan yang berlebihan yang akan menimbulkan error yang besar, harus dihindarkan.

Dari hasil pengamatan dan pengumpulan data-data kegagalan berjangka panjang itu disusunlah konsep empiris tentang probabilitas berdasarkan interpolasi frekuensi relatif sebagai berikut.

$$P(\text{Terjadinya event tertentu}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{f}{n} \right) \dots (2.1)$$

dimana :

n = Jumlah ulangan dilakukannya pengujian

f = Jumlah terjadinya event yang diamati
Jadi, angka probabilitasnya makin mendekati kebenaran apabila jumlah percobaannya makin banyak. Pendekatan empiris atau frekuensi relatif untuk probabilitas tersebut sangat berguna untuk menganalisis sistem-sistem fisik yang memiliki keteraturan statistis, misalnya:

1. tipe tertentu dari kegagalan perlengkapan
2. *equipment life expectancies*
3. cacat pada produk pabrik, dan sebagainya

Rumus umum berbagai fungsi keandalan (tanpa mengacu kepada bentuk distribusi tertentu) berikut ini, menggunakan simbol-simbol sebagai berikut.

N_0 = Jumlah tetap komponen yang di uji

$N_s(t)$ = Jumlah komponen yang tetap hidup pada saat t

$N_f(t)$ = Jumlah komponen yang gagal sampai saat t

Maka dapat dirumuskan :

$$N_s(t) + N_f(t) = N_0 \dots (2.2)$$

Pada saat t , *reability or survivor function* $R(t)$ diberikan oleh rumus

$$R(t) = \frac{N_s(t)}{N_0} \dots (2.3)$$

$$\frac{N_0 - N_f(t)}{N_0} = 1 - \frac{N_f(t)}{N_0} \dots (2.4)$$

$R(t)$ menyatakan probabilitas bahwa komponen itu akan hidup lebih lama dari t . Probabilitas gagal atau *cumulative failure distribution*, $Q(t)$, yang dalam buku lain dan di depan disebut dengan $F(t)$, adalah:

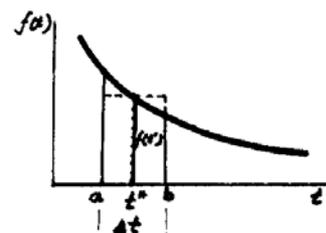
$$Q(t) = \frac{N_f(t)}{N_0} \dots (2.5)$$

$Q(t)$ menyatakan probabilitas bahwa bahwa komponen itu masih akan hidup paling lama sampai waktu t . Derivatif dari fungsi distribusi kumulatif disebut *probability density function*, $f(t)$, yaitu:

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} = \frac{1}{N_0} \frac{dN_f(t)}{dt} \dots (2.6)$$

Perlu dicatat bahwa $f(t)$ itu sendiri bukanlah suatu probabilitas, melainkan densitas probabilitas, yang akan menjadi probabilitas, apabila diintegrasikan diantara $D t = b - a$. Untuk interval waktu yang (Δt) yang sangat pendek, pengintegralan dapat didekati dengan:

$$\int_a^b f(t) dt = (b - a) f(t^*) \\ = f(t^*) \Delta t \dots (2.7)$$



Gambar 2.3. *Probability Element* (Sumerti,2012)

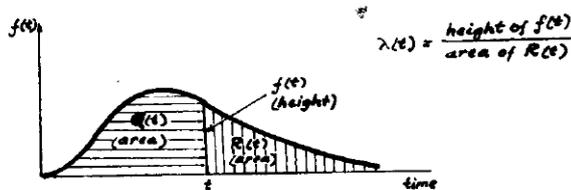
Besaran $f(t) dt$ sering disebut dengan *probability element*. Formulasi yang keempat bagi hukum kegagalan komponen adalah yang disebut *hazard rate* atau *failure rate* (bedakan dengan *failure density*), $l(t)$, atau $h(t)$ pada buku lain.

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} \dots\dots\dots (2.8)$$

$\frac{f(t)}{R(t)}$, jumlah yang gagal per satuan waktu, relatif terhadap yang hidup

Rumus $\frac{f(t)}{R(t)}$, merupakan *conditional density function*, menyatakan *failure probability per unit time at t, given that has not yet occurred at time*.

Hubungan ke empat fungsi tersebut dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 2.4. Kurve *probability density*, $f(t)$ dan kaitannya dengan $Q(t)$, $R(t)$, dan $\lambda(t)$ (Sumerti,2012)

Bila diketahui $f(t)$, maka $Q(t)$ dan $R(t)$ dapat dihitung.

$$Q(t) = \int_0^t f(t)dt \dots\dots\dots (2.9)$$

yaitu luasan di bawah kurva $f(t)$, di sebelah kiri t

$$R(t) = 1 - Q(t) = \int_0^t f(t)dt \dots\dots\dots (2.10)$$

yaitu luasan di bawah kurva $f(t)$, di sebelah kanan t

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\lambda(t) = \frac{\text{jumlah kegagalan suatu komponen dalam periode waktu tertentu}}{\text{total periode waktu komponen tersebut berfungsi}}$$

tidak dapat digambarkan pada kurva $f(t)$ juga disebut *failure rate*, *repair rate*, *force of mortality*, *age specific failure rate*, *instantaneous failure rate*.

Bentuk typical $\lambda(t)$:

Mula-mula menurun (pada fase *debugging*, di daerah I) Kemudian hampir datar (pada fase *normal operating period* or *useful live*, di daerah II) Akhirnya menaik (pada *wear-out period*, daerah III). Bentuk ini menyerupai bentuk bak mandi (*bash tub*).

$$\mu(t) = \frac{\text{jumlah perbaikan suatu komponen dalam periode waktu tertentu}}{\text{total periode waktu komponen tersebut dalam perbaikan}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Di samping keempat fungsi [$f(t)$, $Q(t)$, $R(t)$, dan $\lambda(t)$] masih ada unsur rata-rata (*mean life*) atau *mean time to failure* (MMTF), dan *standard deviasi* (σ), untuk merumuskan hukum-hukum kegagalan komponen. *standard deviasi*, σ , adalah nilai *roort-men-square deviation of failure times*, diukur dari

$$\text{MMTF} = \mu = E(t) = \int_0^\infty t f(t)dt = \int_0^\infty R(t)dt \dots\dots\dots (2.13)$$

standard deviasi, σ , adalah nilai *roort-men-square deviation of failure times*, diukur dari μ .

$$\sigma^2 = E(T - \mu)^2 = \int_0^\infty (T - \mu)^2 f(t) dt = E(T^2) - \mu^2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Varians, σ^2 , mempunyai dimensi t^2 , sedangkan *standard deviasi*, σ , satuannya adalah t (waktu)

Jumlah waktu yang dibutuhkan komponen dari saat awal mula terjadinya pemadaman hingga komponen tersebut bekerja normal kembali selama jumlah waktu pengamatan, dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana : r = Rata-rata *repair time* (Jam/Kejadian)

r_i = *Repair time* kejadian setiap komponen i (Jam)

n = Jumlah kejadian

Average annual outage

Parameter kegagalan ini dengan satuan jam/tahun. Dengan mengalikan nilai dari parameter laju kegagalan dengan *repair time*, dapat menggunakan rumus berikut :

$$A = \lambda r \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana : A = *Average annual outage*(Jam/Tahun)

λ = Laju

Kegagalan(Kegagalan/Tahun)

r = *Repair*

time(Jam/Kejadian)

Note :

λ = expected failure rate (Tingkat kegagalan yang terjadi)

μ = expected repair rate (Tingkat perbaikan yang terjadi)

m = mean time to failure = $1/\lambda$ (berarti waktu untuk kegagalan)

r = mean time to repair = $1/\mu$ (Sementara untuk perbaikan)

$m + r$ = mean time between failure = $1/f$ (Sementara antara kegagalan)

f = cycle frequency = $1/T$

T = cycle time = $1/f$

2.2 System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

System Average Interruption Duration Index (SAIDI) adalah salah satu indeks tingkat keandalan dari suatu sistem tenaga listrik, yang merupakan jumlah lamanya pemadaman suatu beban dari sistem tenaga *per* selang waktu (tahun), Indeks ini juga dapat didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya gangguan secara

terus menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun itu, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Lamanya Gangguan Pada Pelanggan}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i}$$

(jam / customer .tahun) (2.17)

Dimana :

U_i = lama pemutusan beban komponen i

N_i = jumlah seluruh pelanggan pada titik beban i .

2.3 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) adalah salah satu indeks tingkat keandalan dari suatu sistem tenaga listrik, yang merupakan jumlah pemadaman suatu beban dari sistem tenaga *per* selang waktu (tahun), Indeks ini juga dapat didefinisikan sebagai jumlah rata-rata gangguan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya per tahun). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua gangguan pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut. Persamaan untuk SAIFI (rata-rata jumlah gangguan per pelanggan) ini dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$SAIFI = \frac{\text{Total Gangguan pada pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan keseluruhan}} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i}$$

(kali / tahun)(2.18)

Dimana :

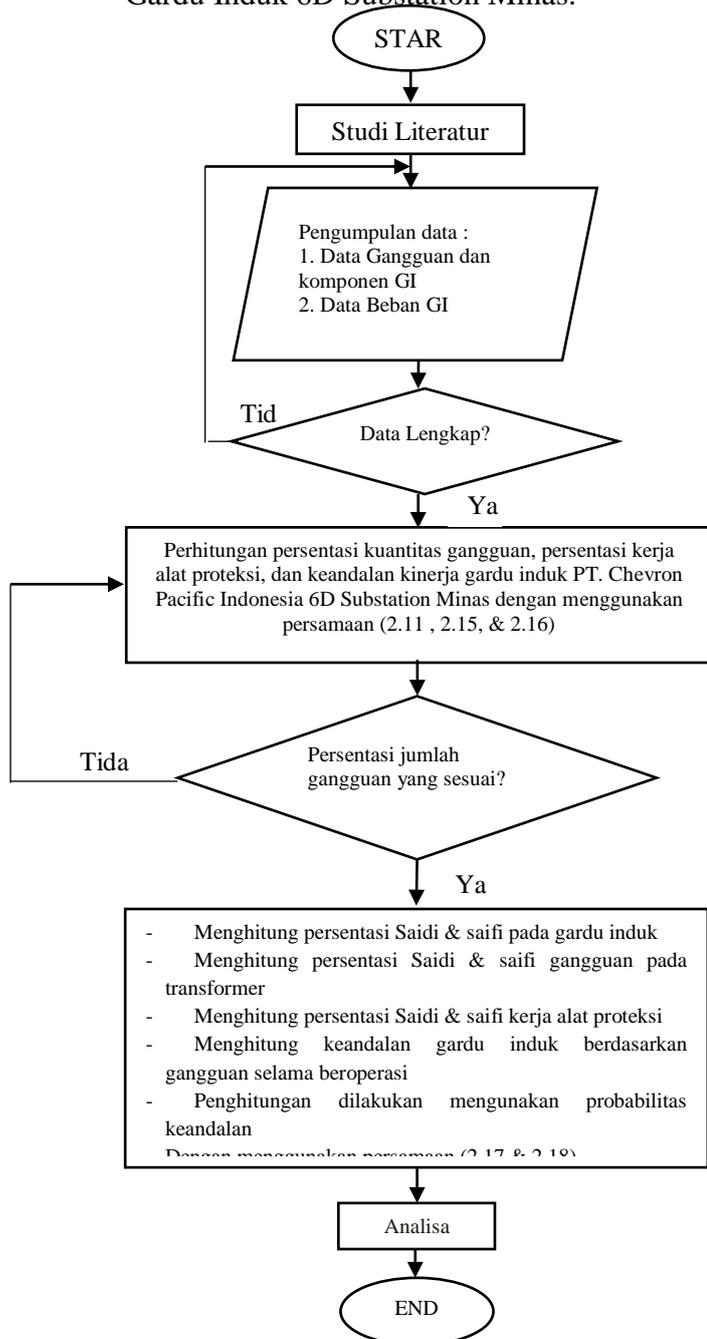
λ_i = laju pemutusan beban komponen i

N_i = jumlah seluruh pelanggan pada titik beban i .

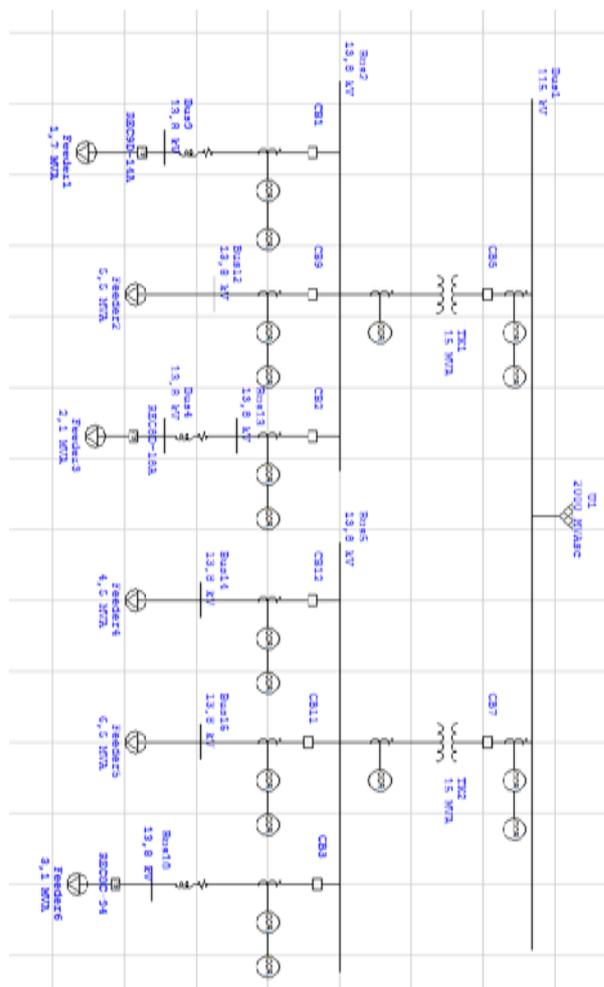
4.3 METODE PENELITIAN

Analisa keandalan pada Gardu Induk 6D Substation Minas PT. Chevron Pasific Indonesia akan dihitung menggunakan perhitungan probabilitas dan dengan simulasi *ETAP 12.6.0.* untuk mengetahui

keandalan Gardu Induk 6D Substation Minas PT. Chevron pasific Indonesia memerlukan beberapa data pendukung seperti Data gangguan (Pemadaman, sambaran Petir, perawatan), data beban dan data pelanggan (*Pumping unit*) yang tercatat di sistem Pt. Chevron Pasific Indonesia yang selama ini dialami oleh Gardu Induk 6D Substation Minas.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 One Line Diagram Simulasi Etap 12.6.0

4.4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung data gangguan pada transformator

Berdasarkan Tabel 4.1 maka dapat dilakukan penghitungan banyak gangguan yang terjadi pada tranformator Gardu Induk 6D Minas, dengan mengacu pada probabilitas gangguan yang terjadi maka data gangguan dapat dilihat pada tabel berikut :

No	Tahun	Gangguan TX #1	Gangguan TX #2	Trafo #1			Trafo #2		
				λ	r	A	λ	r	A
1	2011	1 x	2 x	1,034	0,967	1,000	0,667	0,750	0,500
2	2012	5 x	1 x	0,026	7,917	0,206	0,760	1,317	1,001
3	2013	8 x	4 x	0,042	3,009	0,126	0,054	4,633	0,250
4	2014	5 x	3 x	0,057	3,527	0,201	0,005	72,689	0,363
5	2015	2 x	1 x	0,038	13,000	0,494	1,000	-	0,000

Tabel 4.1 Hasil perhitungan data gangguan pada transformator (PT. CPI, 2016)

a. Data gangguan Feeder 1

Tabel 4.2 Hasil perhitungan data gangguan *Feeder 1* (PT. CPI, 2016)

No	Tahun	Jumlah gangguan	λ	r	A
1	2011	4 x	0,607	0,413	0,251
2	2012	12 x	0,003	2,043	0,006
3	2013	15 x	0,100	0,675	0,068
4	2014	12 x	0,064	1,309	0,084
5	2015	13 x	0,095	0,818	0,078

b. Data gangguan Feeder 2

Tabel 4.3 Hasil perhitungan data gangguan *Feeder 2* (PT. CPI, 2016)

No	Tahun	Jumlah gangguan	λ	r	A
1	2011	6 x	0,333	0,500	0,167
2	2012	11 x	0,0434	0,407	0,018
3	2013	10 x	0,066	1,519	0,100
4	2014	6 x	0,105	1,109	0,117
5	2015	11 x	0,033	2,829	0,093

c. Data gangguan Feeder 3

Tabel 4.4 Hasil perhitungan data gangguan *Feeder 3* (PT. CPI, 2016)

No	Tahun	Jumlah gangguan	λ	r	A
1	2011	4 x	1,177	0,213	0,251
2	2012	6 x	0,17343	0,961	0,167
3	2013	1 x	0,000	0,000	0,000
4	2014	3 x	0,000	0,000	0,000

5	2015	4 x	0,924	0,271	0,250
---	------	-----	-------	-------	-------

d. Data gangguan Feeder 4

Tabel 4.5 Hasil perhitungan data gangguan *Feeder 4* (PT. CPI, 2016)

No	Tahun	Jumlah gangguan	λ	r	A
1	2011	1 x	0,644	1,000	0,644
2	2012	2 x	0,000	0,000	0,000
3	2013	4 x	0,000	0,000	0,000
4	2014	3 x	0,000	0,000	0,000
5	2015	2 x	0,000	0,000	0,000

e. Data gangguan Feeder 5

Tabel 4.6 Hasil perhitungan data gangguan *Feeder 5* (PT. CPI, 2016)

No	Tahun	Jumlah gangguan	λ	r	A
1	2011	4 x	0,000	0,000	0,000
2	2012	7 x	0,1655	0,862	0,143
3	2013	11 x	0,0556	1,634	0,091
4	2014	6 x	0,024	7,039	0,169
5	2015	9 x	0,000	0,000	0,000

f. Data gangguan Feeder 6

Tabel 4.7 Hasil perhitungan data gangguan *Feeder 6* (PT. CPI, 2016)

No	Tahun	Jumlah gangguan	λ	r	A
1	2011	6 x	0,000	0,000	0,000
2	2012	11 x	0,000	0,000	0,000
3	2013	10 x	0,000	0,000	0,000
4	2014	6 x	0,000	0,000	0,000
5	2015	11 x	0,000	0,000	0,000

Tabel 4.8 Hasil perhitungan data gangguan Alat Proteksi (PT. CPI, 2016)

No	Tahun	Mampu mengamankan Gangguan	Gangguan	% Gangguan	% Keandalan	KET
1	OCB #21	18	3	17	83	Bagus
2	OCB #22	18	3	17	83	Bagus
3	CS #2	18	1	6	94	Bagus
4	VCB	18	17	94	6	Sangat Buruk

5	VR	18	6	33	67	Buruk
6	GRD	-	0	-	-	
7	LA	-	0	-	-	
Jumlah		90	30		67	Buruk

4.2 Indeks Keandalan Transformator

Perhitungan tingkat keandalan dari transformator dapat dilihat pada tabel 4.12, dimana perhitungan mengacu pada setiap gangguan yang ada di Transformator gardu induk Distribusi 6D Minas PT.Chevron Pacific Indonesia. Untuk perhitungan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan Nilai SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dapat menggunakan persamaan pada BAB II, Dimana dalam perhitungan SAIDI parameter *average annual outage* akan

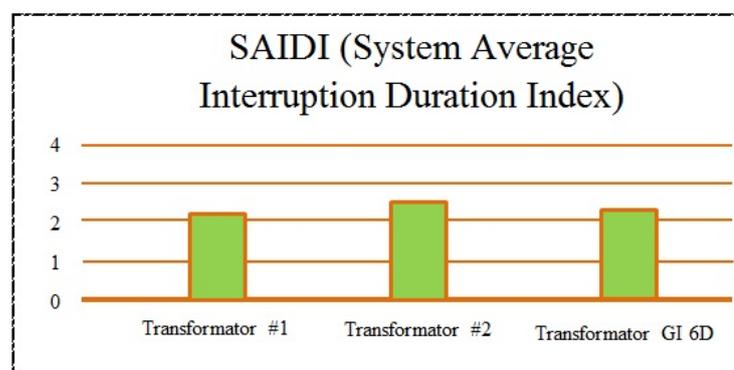
dikali dengan jumlah kostumer dan hasil dari perkalian akan dijumlahkan secara keseluruhan dan seterusnya akan dibagi dengan total dari kostumer itu sendiri, sedangkan dalam perhitungan SAIFI dimana laju kegagalan akan dikalikan dengan jumlah kostumer dan hasilnya akan dijumlahkan secara keseluruhan dan dibagi dengan total kostumer tersebut. Berikut perhitungan SAIDI dan SAIFI pada Transformer gardu induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia :

Tabel 4.9 Hasil perhitungan tingkat keandalan Transformator (PT. CPI, 2016)

No	Item	Customer	λ	A	$\lambda *Cust$	A*Cust	Saidi	Saifi
1	TX #1	3	1,197	2,027	3,591	6,081	2,0271	1,197
2	TX #2	3	2,486	2,115	7,458	6,344	2,1148	2,486

Dari perhitungan saidi Tabel 4.9 maka didapatkan bahwa Transformator #1 memiliki nilai SAIDI 2.0271 jam/tahun dan

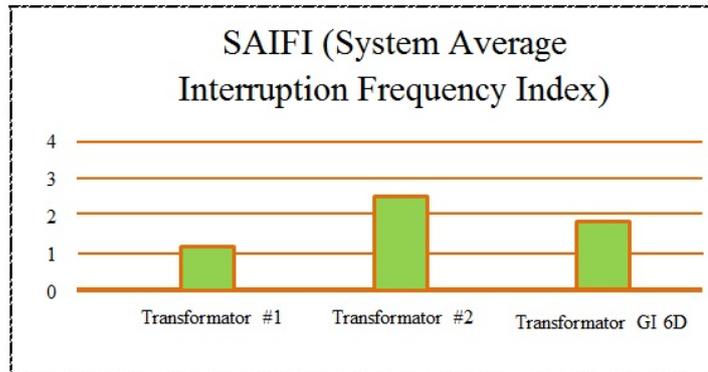
Transformator #2 memiliki nilai SAIDI 2.1148 jam/tahun. Berikut diagram batang hasil perhitungan Saida :



Gambar 4.1 Diagram Batang Nilai Indeks SAIDI Transformator GI 6D

Dari Perhitungan SAIFI Tabel 4.9 maka didapatkan bahwa Transformator #1 memiliki nilai SAIFI 1,197 kali/tahun

sedangkan Transformator #2 memiliki nilai SAIFI 2,486 kali/tahun. Berikut diagram batang hasil perhitungan SAIFI :



Gambar 4.2 Diagram Batang Nilai Indeks SAIFI Transformator GI 6D

4.3 Indeks Keandalan Feeder

Perhitungan tingkat keandalan dari *Feeder* dapat dilihat pada Tabel 4.2 s/d 4.7, dimana perhitungan mengacu pada setiap gangguan yang ada di *Feeder #1* – *Feeder #6* gardu induk distribusi 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia.

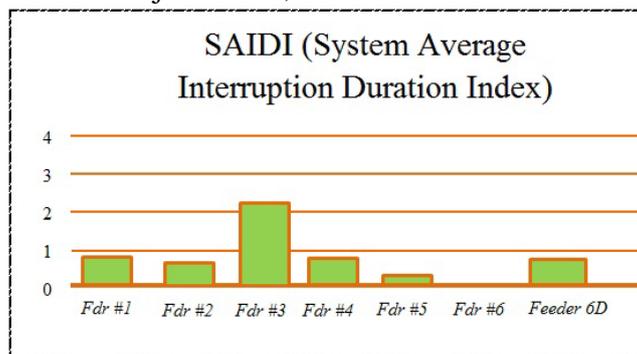
Dan perhitungan indeks keandalan sesuai dengan rumus yang digunakan pada perhitungan indeks keandalan Transformator diatas. Berikut penghitungan SAIDI dan CAIFI pada Feeder Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia :

Tabel 4.10 Hasil perhitungan tingkat keandalan Feeder (PT. CPI, 2016)

No	Item	Customer	λ	A	$\lambda * Cust$	A*Cust	Saidi	Saifi
1	Feeder #1	35	0,869	0,486	30,415	17,003	0,559	0,869
2	Feeder #2	36	0,581	0,494	20,898	17,796	0,852	0,581
3	Feeder #3	7	2,274	0,668	15,921	4,674	0,294	2,274
4	Feeder #4	6	0,644	0,644	3,864	3,864	1,000	0,644
5	Feeder #5	25	0,245	0,402	6,128	10,061	1,642	0,245
6	Feeder #6	11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Dari perhitungan SAIDI Tabel 4.10 maka didapatkan bahwa *Feeder #1* memiliki nilai SAIDI 0.559 jam/tahun, *Feeder #2* memiliki nilai SAIDI 0.852 jam/tahun, *Feeder #3* memiliki nilai SAIDI 0.294 jam/tahun, *Feeder #4* memiliki nilai SAIDI 1.000 jam/tahun,

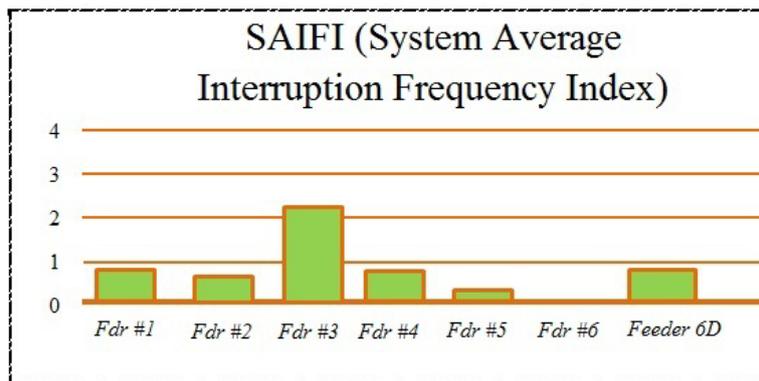
Feeder #5 memiliki nilai SAIDI 1.642 jam/tahun, *Feeder #6* memiliki nilai SAIDI 0.000 jam/tahun. Sehingga untuk *Feeder 6D* Minas memiliki nilai SAIDI 0.724 jam/tahun. Berikut diagram batang hasil perhitungan SAIDI :



Gambar 4.3 Diagram Batang Nilai Indeks SAIDI Feeder GI 6D

Dari Perhitungan SAIFI Tabel 4.10 maka didapatkan bahwa *Feeder #1* memiliki nilai SAIFI 0.869 jam/tahun, *Feeder #2* memiliki nilai SAIFI 0.581 jam/tahun, *Feeder #3* memiliki nilai SAIFI 2.274 jam/tahun, *Feeder #4* memiliki nilai SAIFI 0.644 jam/tahun,

Feeder #5 memiliki nilai SAIFI 0.245 jam/tahun, *Feeder #6* memiliki nilai SAIFI 0.000 jam/tahun. Sehingga untuk *Feeder 6D* Minas memiliki nilai SAIFI 0.769 jam/tahun. Berikut diagram batang hasil perhitungan SAIFI :



Gambar 4.4 Diagram Batang Nilai Indeks SAIFI Feeder GI 6D

4.4 Indeks Keandalan Alat Proteksi

Dari hasil data yang diperoleh dan hasil perhitungan pada Tabel 4.19 menunjukkan bahwa keandalan alat

proteksi sangat buruk, dikarenakan cara kerja VCB dan VR sering terjadi gangguan yang mengakibatkan gangguan pada produksi.

4.5 Hasil Simulasi ETAP 12.6.0

Tabel 4.11 Hasil perhitungan tingkat keandalan Gardu Induk 6D (PT. CPI, 2016)

No	Item	Customer	λ	A	$\lambda * Cust$	A*Cust	Saidi	Saifi
1	TX #1	3	1,197	2,027	3,591	6,081	2,027	1,197
2	TX #2	3	2,486	2,115	7,458	6,344	2,115	2,486
3	Feeder #1	35	0,869	0,486	30,415	17,003	0,559	0,869
4	Feeder #2	36	0,581	0,494	20,898	17,796	0,852	0,581
5	Feeder #3	7	2,274	0,668	15,921	4,674	0,294	2,274
6	Feeder #4	6	0,644	0,644	3,864	3,864	1,000	0,644
7	Feeder #5	25	0,245	0,402	6,128	10,061	1,642	0,245
8	Feeder #6	11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total		126			88,275	65,824		
Saifi Trafo GI 6D						0,70059		
Saidi Trafo GI 6D						0,52241		

Dari hasil penghitungan diatas maka akan didapat simulasi ETAP 12.6.0 dibawah ini :

Project:	ETAP	Page:	1
Location:	12.6.0H	Date:	09-17-2016
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: RA	Revision:	Base
Filename:	6D	Config.:	Normal

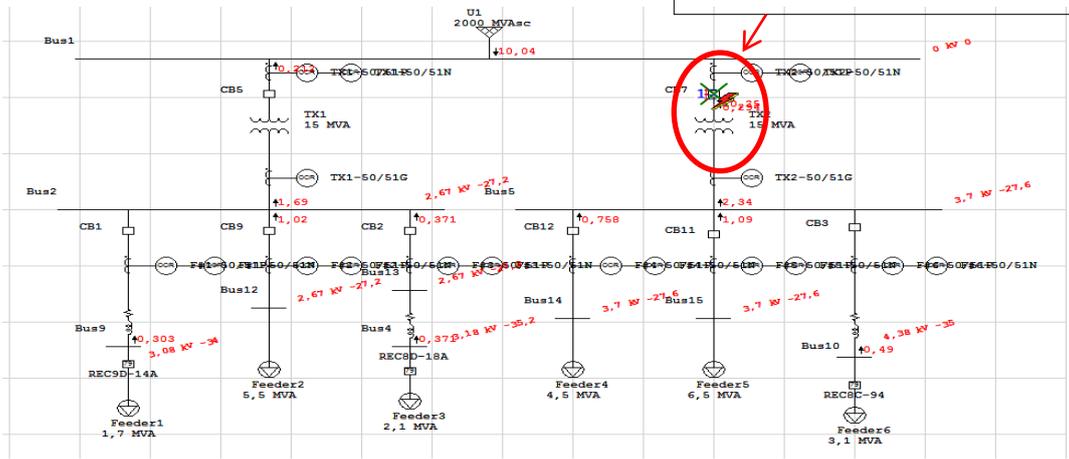
SUMMARY

System Indexes

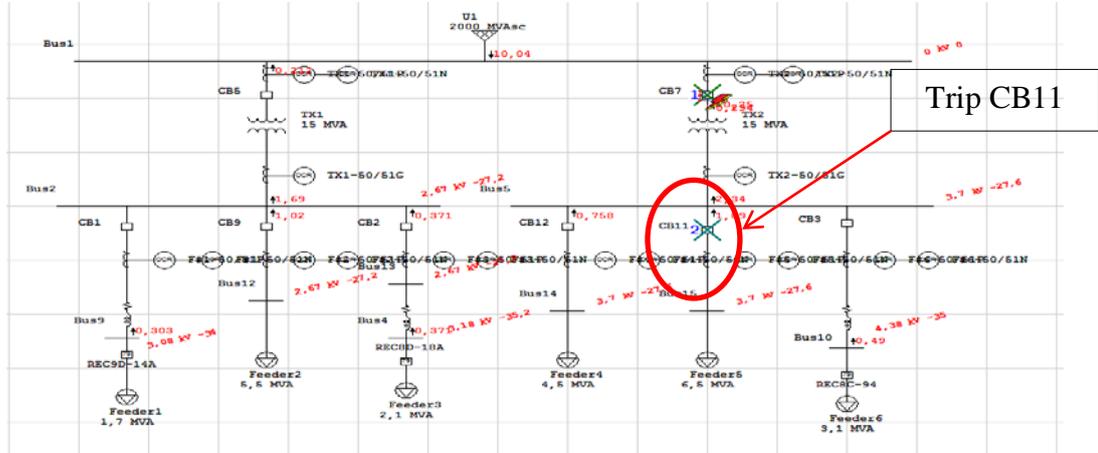
SAIFI	0.7771 f / customer.yr
SAIDI	6.9359 hr / customer.yr
CAIDI	8.925 hr / customer interruption
ASAI	0.9992 pu
ASUI	0.00079 pu
EENS	123.013 MW hr / yr
ECOST	0.00 \$ / yr
AENS	20.5022 MW hr / customer.yr
IEAR	0.000 \$ / kW hr

Dari hasil simulasi *ETAP 12.6.0* jika terjadi gangguan hubung singkat 3 phasa pada Transformator #2 makan alat proteksi pada Gardu Induk 6D yang bekerja membaca adalah sebagai berikut :

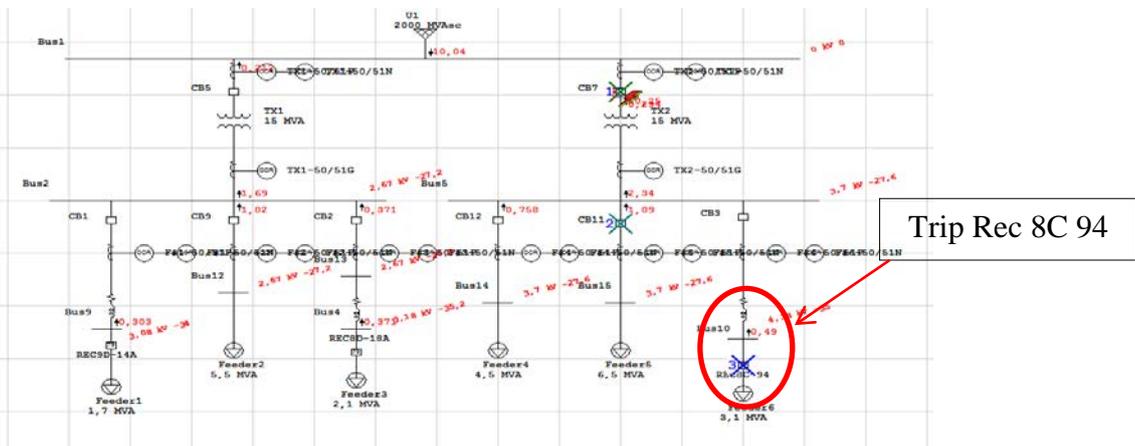
Gangguan hubung singkat 3 Phasa dan terjadi Trip pada CB7



Gambar 4.5 Simulasi *ETAP 12.6.0* Gardu Induk 6D CB7 Trip



Gambar 4.6 Simulasi *ETAP 12.6.0* Gardu Induk 6D CB11 Trip



Gambar 4.7 Simulasi *ETAP 12.6.0* Gardu Induk 6D Rec 8C 94 Trip

Jika terjadi hubungan singkat 3 Phasa pada Transformator #2 maka CB7 akan Trip pertama kali kemudian CB7 akan menyalurkan gangguan yang terjadi pada CB11 sehingga CB11 akan ikut Trip, gangguan ini tidak berhenti pada CB11 tetapi CB11 juga akan menyalurkan gangguan pada recloser yang terhubung dengan CB11 tersebut. Pada simulasi ini Rec 8C 94 ikut merasakan gangguan yang terjadi pada Transformator #2 sehingga Rec 8C 94 akan Trip. Terjadinya gangguan pada Transformator #2 mengakibatkan 3 (tiga) komponen yang terganggu pada Gardu Induk 6D yaitu CB7, CB11 dan Rec 8C 94.

4.6 Analisa Tingkat Keandalan Gardu Induk 6D

Dari Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 pada pembahasan diatas telah diketahui indeks keandalan trafo tegangan , keandalan feeder, dan keandalan alat proteksi. Dimana trafo tegangan merupakan trafo yang handal dalam mensuplai pelanggan atau konsumen. Pada trafo #1 men supply Feeder #1 –

Feeder #3 yang memiliki 78 pelanggan sementara pada trafo #2 men supply Feeder #4 – Feeder #6 yang memiliki 42 Pelanggan, dari data pelanggan yang dimiliki setiap trafo dapat dilihat jumlah pelanggan yang lebih banyak yaitu pada trafo #1 maka untuk keseimbangan mensuplai tegangan pada pelanggan perlu dilakukan penambahan trafo pada gardu induk guna untuk meningkatkan keandalan Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia.

Pada alat proteksi (Tabel 4.19) Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia memiliki 7 alat proteksi, dari tabel yang telah dilakukan perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa terjadi gangguan yang mengakibatkan keandalan alat proteksi sangat buruk yaitu pada alat proteksi VCB dan VR, sehingga untuk VCB dan VR perlu dilakukan pemeliharaan yang lebih rutin karena jika alat proteksi yang tidak handal maka pengaman pada gardu induk ini akan sangat buruk, peningkatan keandalan alat proteksi pada gardu induk ini dapat dilakukan dengan penambahan atau pengantian VCB dan VR guna meningkatkan keandalan alat proteksi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data hasil yang telah di kumpulkan dan data yang telah di hitung maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia memiliki dua trafo tegangan yang mensuplay 6 (enam) feeder.
2. Tingkat indeks keadnalan trafo tegangan pada Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia dengan mengacu pada nilai SAIDI adalah Transformator #1 memiliki nilai SAIDI 2.0271 jam/tahun dan Transformator #2

memiliki nilai SAIDI 2.1148 jam/tahun, sementara nilai SAIFI adalah Transformator #1 memiliki nilai SAIFI 1,197 kali/tahun sedangkan Transformator #2 memiliki nilai SAIFI 2,486 kali/tahun, trafo tegangan pada Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia merupakan terafo tegangan yang handal.

3. Tingkat indeks keandalan alat proteksi pada Gardu Induk 6D Minas sangat buruk dikarenakan seringnya terjadi gangguan pada VCB di *Feeder #4* dan *Feeder #2* serta gangguan VR di *Feeder #2*.

5.2 Saran

Adapun saran yang akan disampaikan bagi penelitian selanjutnya yang ingin melanjutkan penelitian ini dan untuk pihak PT.Chevron Pacific Indonesia adalah :

1. Perlu dilakukan perbaikan dan perawatan yang lebih signifikan dari biasanya pada komponen alat proteksi Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia terutama pada VCB dan VR supaya tidak terjadi kerugian produksi yang semakin banyak, dan ketersediaan komponen pengganti jika diperlukan.
2. Pada Gardu Induk 6D Minas PT. Chevron Pacific Indonesia disarankan melakukan penambahan trafo tegangan untuk mensuplai pelanggan (konsumen) yang jumlahnya lebih banyak yaitu pada Feeder #1 – Feeder #3 guna untuk meningkatkan keandalan gardu induk tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, Samuel, Marco. 2013. Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, Surabaya.*
- Kementrian pendidikan dan kebudayaan republik indonesia 2013, Gardu Induk. Kurikulum 2013.*
- Saefulloh, Dian. 2006. Perencanaan Pengembang Gardu Induk Untuk 10 Tahun Ke Depan, Jawa tengah, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang.*
- Billinton, Ronald. 1992 Reliability Evaluation of Engineering Systems, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.*
- Prabowo, A, Arief. Analisa Keandalan Transformator Gardu Induk Wilayah Surabaya Menggunakan Metode Monte Carlo, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, ITS.*
- Sumerti, Ir. I Nengah. 2012. Keandalan Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta : BOPTN P3-UGM.*
- Kartinisari, Evril Nursukma . 2014, Analisis Pengaruh Kegagalan Proteksi dan Koordinasi Rele Terhadap Indeks Keandalan Subsistem Transmisi 150kV Di Surabaya Selatan, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).*
- Slamet Nurhadi, Studi Keandalan Sistem Kerja Rele Proteksi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang.*
- Pramana, Dendi I.G.N. Analisis Keandalan Trafo Daya 500 KV Pada Sistem Transmisi PT. PLN P3B Jawa – Bali Berdasar Sweep Frequency Response Analysis (SFRA) Dengan Metode Stokastik, jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.*
- Multa, Lesnanto P, ST., M.Eng. 2013, Pelatihan Etap, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.*