

Koordinasi Proteksi Tegangan Kedip dan Arus Lebih pada Sistem Kelistrikan Industri Nabati

Nanda Dicky Wijayanto, Adi Soeprijanto, Ontoseno Penangsang
 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
 E-mail: adisup@ee.its.ac.id

Abstrak— Dalam merancang sebuah sistem kelistrikan industri banyak parameter yang harus dipikirkan terutama dalam masalah proteksi karena proteksi merupakan hal yang sangat penting dalam sistem kelistrikan. Koordinasi sistem proteksi yang baik dapat meningkatkan keandalan suatu sistem dan menjaga keberlangsungan kontinuitas supply beban sehingga didapatkan hasil yang maksimal dalam hal penyaluran daya. Tugas akhir ini membahas tentang Perancangan koordinasi sistem proteksi yang berhubungan dengan *voltage sag* dan *over current* pada sistem kelistrikan industri nabati. *Voltage sag* dapat disebabkan oleh gangguan hubung singkat dan starting motor. Perancangan koordinasi proteksi yang dilakukan adalah *setting* rele arus lebih dan rele *under voltage*. Dari hasil analisis kedua tipikal dapat diketahui ada beberapa kesalahan koordinasi proteksi rele arus lebih seperti *setting pickup* dan *time delay*. Untuk koordinasi rele *under voltage* setting waktu berdasarkan *time delay* dari rele arus lebih.

Kata Kunci— Koordinasi, setting, rele pengaman, *over current*, *voltage sag*

I. PENDAHULUAN

Semakin luasnya jaringan tenaga listrik suatu perusahaan maka penurunan kualitas tegangan akibat drop tegangan sering kali terjadi dan hal ini juga sangat berpengaruh pada peralatan yang sensitif. Jika tidak diproteksi dengan baik, maka peralatan tersebut akan rusak.

Penurunan tegangan secara cepat dan dengan waktu sesaat yang disebabkan oleh hubung singkat, dan starting motor dapat menyebabkan terjadinya penurunan tegangan atau yang biasa disebut dengan *voltage sag*. Berdasarkan IEEE standard 1159-1995, IEEE *recommended practice for monitoring electric power quality*[1], *voltage sag* atau dip tegangan adalah penurunan tegangan rms pada pergeseran 10 – 90 % untuk nilai amplitudo selama 0,5 cycle hingga kurang dari satu menit. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan performa sistem proteksi perlu dilakukan analisis terhadap setelan dan koordinasi rele yang ada khususnya rele pengaman arus lebih dan rele pengaman tegangan kurang.

II. PENGAMAN ARUS LEBIH DAN TEGANGAN KEDIP

A. Rele Arus Lebih

Rele arus lebih merupakan suatu jenis rele yang bekerja berdasarkan besarnya arus masukan, apabila besarnya arus masukan melebihi suatu harga tertentu yang dapat diatur (I_p) maka rele ini bekerja. I_p merupakan arus kerja yang dinyatakan menurut gulungan sekunder dari trafo arus (CT). Rele akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut [2] :

$$I_f > I_p \text{ rele bekerja (trip)}$$

$$I_f < I_p \text{ tidak bekerja (block)}$$

I_f merupakan arus gangguan yang mengalir yang di sensing oleh CT. Jika I_f lebih besar dari I_p maka rele akan bekerja, jika tidak maka sebaliknya

B. Penyetelan Rele Arus Lebih

Rele arus lebih memiliki setelan *pickup* dan setelan *time dial*. *Pickup* didefinisikan sebagai nilai arus minimum yang menyebabkan rele bekerja (Iset). Pada rele arus lebih, besarnya arus *pickup* ditentukan dengan pemilihan *tap*. Adapun untuk menentukan besarnya *tap* yang digunakan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Tap = \frac{Iset}{CT\ primary} \tag{1}$$

Setelan *time dial* menentukan waktu operasi rele. Untuk menentukan *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik invers rele arus lebih berdasarkan standar IEC 255-4 dan British standard BS142, adalah sebagai berikut[3]:

$$T = TDM \times \frac{K}{\left[\left(\frac{I}{Iset}\right)^E - 1\right]} \tag{2}$$

Di mana :

- T = Waktu Operasi (Detik)
- TDM = Time Dial Multiplier
- I = Nilai Arus Gangguan (Ampere)
- Iset = arus pickup (Ampere)
- K = Konstanta Invers 1 (Tabel 1)
- E = Konstanta Invers 2 (Tabel 1)

Tabel 1. Koefisien Invers Time Dial[3]

Kurva IEC (BS)	k	E
IEC Curve A	0,14	0,02
IEC Curve B	13,50	1,00
IEC Curve C	80,00	2,00
IEC Short inverse	0,05	0,04

C. Koordinasi Berdasarkan Kelembaman Waktu Setting

Dengan mengacu pada konsep daerah pengaman, maka setting rele arus lebih memiliki peranan yang penting dalam koordinasi rele pengaman. Setting rele arus lebih dapat dilakukan berdasarkan setelan waktu, setting arus maupun kombinasi keduanya[4].

Berdasarkan Standard IEEE 242[5] waktu yang dibutuhkan untuk kerja rele sampai CB membuka adalah 0,2-0,4s, dengan asumsi

Waktu terbuka circuit breaker 5 cycle : 0,08 detik
 Overtravel dari rele : 0,1 detik
 Faktor keamanan : 0,22 detik

D. Rele Under Voltage

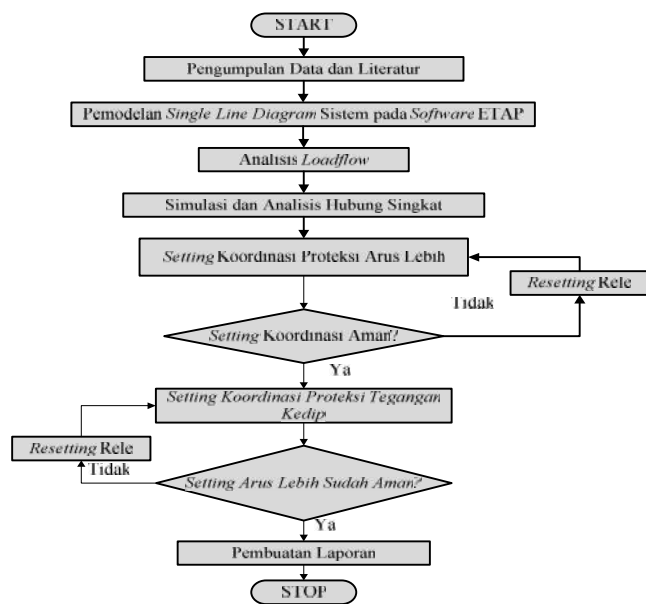
Rele *under voltage* Adalah rele yang bekerja dengan menggunakan tegangan sebagai besaran ukur. Rele akan bekerja jika mendeteksi adanya penurunan tegangan melampaui batas yang telah ditetapkan.

Ketika menggunakan proteksi rele *under voltage*, *setting* waktu penundaan atau *delay* disesuaikan dengan rele pengaman arus lebih sehingga saat terjadi hubung singkat rele *under voltage* tidak bekerja terlebih dahulu sebelum rele arus lebih mendeteksi gangguan. Namun jika rele arus lebih gagal bekerja maka rele *under voltage* akan bekerja, karena pada saat hubung singkat tegangan akan terus menurun sehingga menyebabkan rele *under voltage* bekerja.

III. METODE PENELITIAN DAN SISTEM KELISTRIKAN INDUSTRI NABATI

A. Metode Penelitian

Dalam pengerjaan koordinasi proteksi tegangan kedip dan arus lebih pada sistem kelistrikan industri nabati digunakan beberapa metode yang digambarkan oleh diagram alir seperti dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

B. Sistem Kelistrikan Industri Nabati

Untuk sistem kelistrikan memiliki total suplai energi listrik sebesar 35,5 MW dan *emergency* suplai sebesar 4 MW. Total beban maksimum yang terpasang sekitar 33 MW, dengan *demand factor* sebesar 60%, maka total daya yang dikonsumsi sekitar 18 MW[6]

Sistim kelistrikan industri nabati ini mempunyai beberapa sumber energi listrik, yaitu

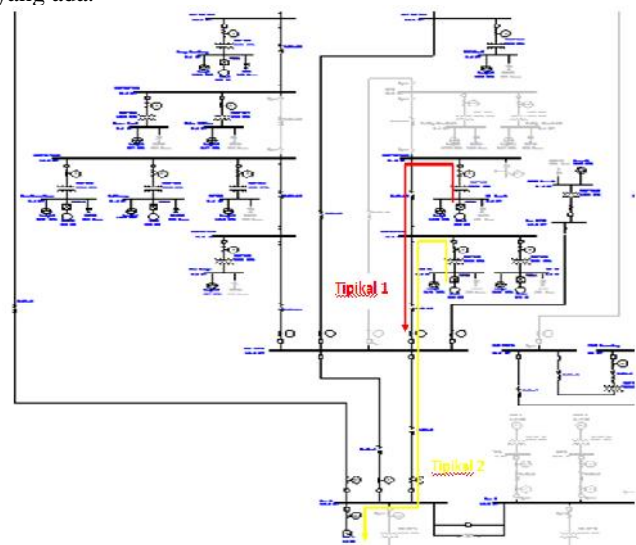
- Sumber dari penyulang PLN melalui gardu induk (GI) Segara Madu 150 kV, lalu di *step-down* oleh trafo

segara madu menjadi 20kV dan didistribusikan dengan menggunakan kabel sepanjang ± 1,5 km, kemudian diturunkan lagi ke tegangan distribusi 10,5 kV melalui trafo *step-down* dengan kapasitas 6,5 MVA.

- Sumber dari *steam turbine generator* (STG) 2 x 15 MW dengan tegangan nominal 10,5 kV.
- Sumber dari *diesel engine generator* (DEG) 2 x 1,6 MW dengan tegangan nominal 0,4 kV.

C. Pemilihan Tipikal Koordinasi

Agar mempermudah studi koordinasi rele pengaman arus lebih dan tegangan kedip pada sistem kelistrikan industri nabati, diambil beberapa tipikal koordinasi yang dapat mewakili bentuk koordinasi keseluruhan sistem pengaman yang ada.



Gambar 2. Tipikal Koordinasi Yang Digunakan

- Kondisi 1 : Dengan disupply satu pembangkit yaitu STG 2 dan sumber PLN.
- Kondisi 2 : Dengan menambahkan *emergency* generator maka dilakukan kembali *setting* pengaman arus lebih dan tegangan kedip.
- Tipikal 1 : Pada tipikal 1 koordinasi dimulai dari Bus ME-FRACT yang memiliki rating tegangan 0,4 kV hingga Bus SP-BUS-41000 yang memiliki rating tegangan 10,5 KV. Pada tipikal pertama ini terdapat dua buah rele yaitu rele 55 dan rele 35, dan sebuah trafo SP-TRF-52007 yang dibawahnya terdapat dua buah beban yaitu motor 5 dengan kapasitas 322 KW, dan beban lump ME_FRACT dengan kapasitas 1262 KVA.
- Tipikal 2 : Pada tipikal 2 koordinasi dimulai dari Bus BD-01 hingga STG 1. Pada tipikal ini rele 95 merupakan rele pelindung pada trafo SP-TRF-52003, sedangkan rele R.PLN.SSC.2 merupakan rele pelindung pada generator STG 1.

IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

A. Hubung Singkat Minimum 30 Cycle Sebelum Ditambah Emergency Generator

Pada tugas akhir ini, Hubung singkat minimum 30 cycle yang digunakan adalah hubung singkat *line to line*. Di mana pada kondisi ini sistem disuplai oleh sumber dari satu STG dan PLN. Total daya yang mengalir pada kondisi ini adalah sekitar 16 MW.[6].

Tabel 2. Data Hasil Simulasi Hubung Singkat Minimum Sebelum ditambah Emergency Generator

Bus	Tegangan	Arus Hubung Singkat Minimum
SP-BUS-11000	10,5 kV	10,343 kA
SP-BUS- 41000	10,5 kV	10,047 kA
SP-BUS- 52002	10,5 kV	9,207 kA
SP-BUS- 52001	10,5 kV	9,380 kA
BD-01	0,4 kV	31,191 kA
ME-FRACT	0,4 kV	31,118 kA

B. Hubung Singkat Minimum 30 Cycle Sesudah Ditambah Emergency Generator

Besarnya arus hubung singkat 30 cycle sesudah ditambahkan dengan emergency generator ini akan digunakan untuk menentukan *setting* rele arus lebih pada kondisi yang kedua, yaitu setelah ditambahkan emergency generator. Dimana pada kondisi ini, sistem disuplai oleh sumber dari satu STG, PLN, dan dua DEG. Total daya yang mengalir pada kondisi ini adalah sekitar 20 MW[6]. Setelah dilakukan simulasi hubung singkat dengan menambahkan emergency generator hasil yang didapat tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini dikarenakan kapasitas emergency generator yang tidak terlalu besar sehingga tidak memberikan perubahan pada setingan rele arus lebih

C. Hubung Singkat Maksimum 1/2 Cycle Sebelum Ditambah Emergency Generator

Hubung singkat maksimum 1/2 cycle adalah hubung singkat 3 phase. Di mana pada kondisi ini sama dengan kondisi sebelumnya yaitu sistem disuplai oleh sumber dari satu STG saja. Total daya yang mengalir pada kondisi ini adalah sekitar 16 MW[6].

Tabel 3. Data Hasil Simulasi Hubung Singkat Maksimum Sebelum ditambah Emergency Generator

Bus	Tegangan	Arus Hubung Singkat Minimum
SP-BUS-11000	10,5 kV	20,183kA
SP-BUS- 41000	10,5 kV	19,427 kA
SP-BUS- 52002	10,5 kV	16,854 kA
SP-BUS- 52001	10,5 kV	17,387 kA
BD-01	0,4 kV	43,893 kA
ME-FRACT	0,4 kV	44,253 kA

D. Hubung Singkat Maksimum 1/2 Cycle Sesudah Ditambah Emergency Generator

Besarnya arus hubung singkat 1/2 cycle sesudah ditambahkan dengan emergency generator nantinya digunakan untuk menentukan *setting* rele arus lebih pada kondisi yang kedua setelah ditambahkan emergency generator. Namun hasil yang didapat tidak jauh berbeda dengan kondisi sebelum ditambahkan emergency generator karena kapasitas generator yang tidak terlalu besar.

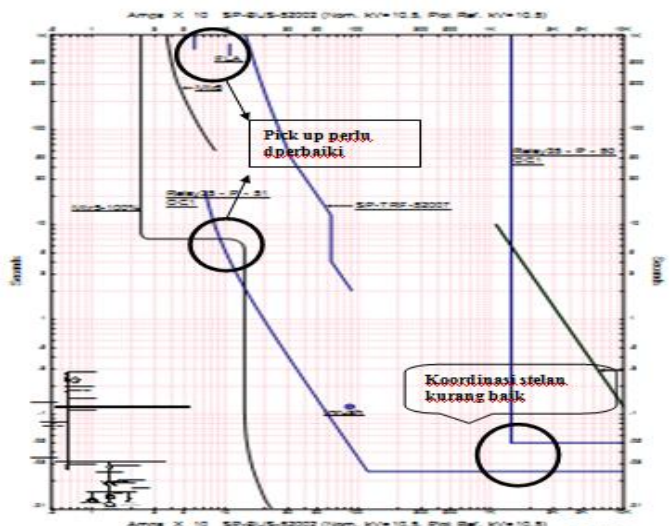
E. Analisis Koordinasi Pengaman Rele Arus Lebih pada Tipikal 1

Data setelan existing dari rele-rele pengaman pada tipikal 1 diberikan pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4. Data Setelan Existing Rele pada Tipikal[7]

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting	
Rele 55 0,4 kV Model : Merlin Gerin Sepam 20	600/5	Curve Type	EIT
		Pickup Range × CT Sec.	0,1 - 2,4
		Pickup (I>)	0,1
		Time Dial	0,01
		Instantaneous Pickup (I>>)	0,1
Delay	0,05		
Rele 35 10,5kV Model : Merlin Gerin Sepam 40	600/5	Curve Type	EIT
		Pickup Range × CT Sec.	0,1 - 2,4
		Pickup (I>)	0,1
		Time Dial	0,01
		Instantaneous Pickup (I>>)	0,1
Delay	0,05		

Dari data setelan existing rele di atas, dapat kita plot kurvanya dan dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Hasil Plot Setelan Existing Rele 55 dan Rele 35

Dari Gambar hasil plot diatas dapat diketahui ada beberapa setelan yang perlu diperbaiki diantaranya adalah setelan pickup rele yang masih menyentuh kurva start motor dan masih di bawah full load ampere (FLA) trafo serta adanya koordinasi waktu yang belum tepat. Oleh sebab itu perlu

dilakukan penyetelan ulang sesuai dengan perhitungan sebagai berikut.

Rele 55

Manufacturer : Merlin Gerin
 Model : Sepam 20
 Curve Type : *extremely Inverse Time*
 CT Ratio : 600 / 5
 FLA Trafo : 110

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA Trafo SP-TRF-52007} \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times \text{Isc minBUS-52002}$

$1,05 \times 110 \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times 9280 = 7365,6$
 Dipilih Iset = 120 A

$$\text{Tap} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT primary}} = \frac{120}{600} = 0,2$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0.1

$$T = 0,1 = td \times \left(\frac{80}{(1800/120)^2 - 1} \right)$$

$td = 0,28$

Instantaneous Pickup

$\text{Isc Maks. ME-FRACT (in HV)} \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times \text{Isc Min BUS-52002}$

$$\frac{44,253 \times 0,4}{10,5} = 1685 \leq 0,8 \times 9280 = 7365,6$$

Dipilih Iset = 1800 A

$$\text{Tap} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT primary}} = \frac{1800}{600} = 3$$

Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,1 s

Rele 35

Manufacturer : Merlin Gerin
 Model : Sepam 20
 Curve Type : *extremely Inverse Time*
 CT Ratio : 600 / 5
 $\text{FLA}_{\text{TRF 52007}} + \text{FLA}_{\text{TRF 52003}} + \text{FLA}_{\text{TRF 52004}} + 10\% \text{FLA}_{\text{Terbesar}}$
 : 110 + 110 + 110 + 11 = 341

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA rele 35} \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times \text{Isc Min BUS41000}$

$1,05 \times 341 \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times 10047 = 8037,6$

Dipilih Iset = 600 A

$$\text{Tap} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT primary}} = \frac{600}{600} = 1$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0.4

$$0,4 = td \times \left(\frac{80}{(2300 / 600)^2 - 1} \right)$$

$td = 0,07$

Instantaneous Pickup

Instantaneous rele $55 \leq \text{Iset} \leq 0,8 \times \text{Isc Min. BUS41000}$

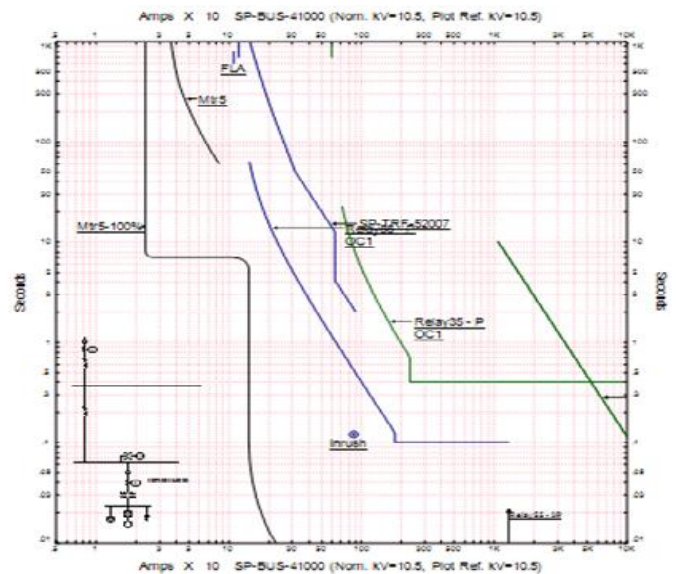
Dipilih Iset = 2300

$$\text{Tap} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT primary}} = \frac{2300}{600} = 3,8$$

Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,4 s

Dari hasil perhitungan diatas, dapat kita *plot* setelan tersebut dan dapat dilihat bahwa setelan *pickup* rele yang tidak lagi menyentuh kurva *start* motor dan sudah berada disebelah kanan *full load ampere* (FLA) trafo serta koordinasi waktu yang sudah tepat. Hasil plot dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Plot Setelan *Ressting* Rele 55 dan Rele 35

Dengan menggunakan penambahan *emergency* generator didapatkan hasil yang sama. Hal ini dikarenakan kapasitas dari *emergency* Generator yang tidak terlalu besar sehingga perbedaan *setting* dari rele pengamanan juga tidak jauh berbeda.

F. Analisis Koordinasi Pengaman Rele Arus Lebih pada Tipikal 2

Data setelan *existing* dari rele-rele pengaman pada tipikal 2 diberikan pada Tabel 5. sebagai berikut.

Tabel 5. Data Setelan *Existing* Rele pada Tipikal 2[7]

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting
Rele 95 0,4 kV Model : Merlin Gerin Sepam 20	600/5	Curve Type
		EIT
		Pickup Range × CT Sec.
		0,1 - 2,4
		Pickup (I>)
0,1		
Time Dial		
0,1		
Instantaneous Pickup (I>>)		
0,1		
Delay		
0,05		
Rele 35 10,5kV Model : Merlin Gerin Sepam 40	600/5	Curve Type
		EIT
		Pickup Range × CT Sec.
		0,1 - 2,4
		Pickup (I>)
0,1		
Time Dial		
0,1		
Instantaneous Pickup (I>>)		
0,1		

		<i>Delay</i>	0,05
Rele 32 10,5kV Model : Merlin Gerin Sepam 40	600/5	<i>Curve Type</i>	EIT
		<i>Pickup Range × CT Sec.</i>	0,1 - 2,4
		<i>Pickup (I>)</i>	0,5416
		<i>Time Dial</i>	2,00
		<i>Instantaneous Pickup (I>>)</i>	4,5
		<i>Delay</i>	0,22
R.AP3.01 Model : Merlin Gerin Sepam 1000+	1500/5	<i>Curve Type</i>	EI
		<i>Pickup Range × CT Sec.</i>	0,1 - 2,4
		<i>Pickup (I>)</i>	0,65
		<i>Time Dial</i>	2,00
		<i>Instantaneous Pickup (I>>)</i>	7,00
		<i>Delay</i>	0,46

Dengan menggunakan langkah perhitungan yang sama seperti pada tipikal sebelumnya, maka didapatkan setelan rele untuk tipikal 2 sebagai berikut.

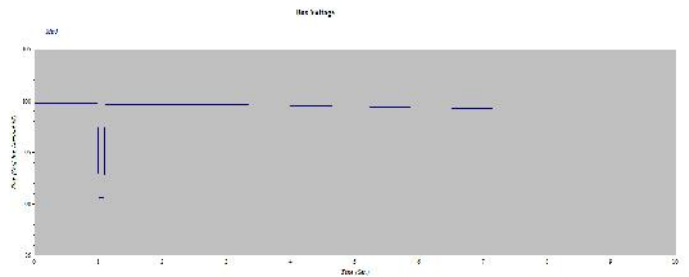
Tabel 6. Setelan Rele untuk *Resetting* pada Tipikal 2[7]

<i>Relay ID & Model</i>	<i>CT Ratio</i>	<i>Setting</i>	
Rele 95 0,4 kV Model : Merlin Gerin Sepam 20	600/5	<i>Curve Type</i>	EIT
		<i>Pickup Range × CT Sec.</i>	0,1 - 2,4
		<i>Pickup (I>)</i>	0,2
		<i>Time Dial</i>	0,28
		<i>Instantaneous Pickup (I>>)</i>	3
		<i>Delay</i>	0,1
Rele 35 10,5kV Model : Merlin Gerin Sepam 40	600/5	<i>Curve Type</i>	EIT
		<i>Pickup Range × CT Sec.</i>	0,1 - 2,4
		<i>Pickup (I>)</i>	1
		<i>Time Dial</i>	0,07
		<i>Instantaneous Pickup (I>>)</i>	3,83
		<i>Delay</i>	0,4
Rele 32 10,5kV Model : Merlin Gerin Sepam 40	600/5	<i>Curve Type</i>	EIT
		<i>Pickup Range × CT Sec.</i>	0,1 - 2,4
		<i>Pickup (I>)</i>	1,16
		<i>Time Dial</i>	0,15
		<i>Instantaneous Pickup (I>>)</i>	5
		<i>Delay</i>	0,7
R.AP3.01 Model : Merlin Gerin Sepam 1000+	1500/5	<i>Curve Type</i>	EI
		<i>Pickup Range × CT Sec.</i>	0,1 - 2,4
		<i>Pickup (I>)</i>	1
		<i>Time Dial</i>	0,076
		<i>Instantaneous Pickup (I>>)</i>	2,6
		<i>Delay</i>	1

Dari analisis koordinasi pengaman pada tipikal 2 dengan menambahkan *emergency generator* didapatkan hasil yang sama seperti tipikal sebelumnya

G. Setting Rele Pengaman Tegangan Kedip pada Tipikal 1 pada Saat Terjadi Starting Motor

Pada saat terjadi proses *starting* motor, arus akan meningkat cukup besar dan tegangan akan turun. Hal ini tidak boleh menyebabkan rele arus lebih ataupun rele *under voltage* bekerja karena jika kedua rele ini bekerja otomatis motor tidak dapat distart. Untuk lebih mudahnya dapat kita lihat Gambar 5 saat terjadi proses *starting* motor.



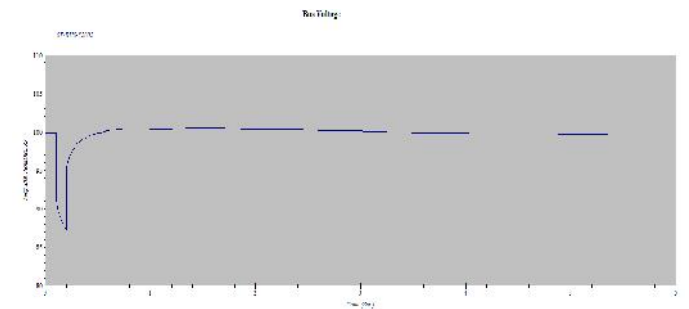
Gambar 5. Hasil Plot Tegangan Saat Terjadi *Starting* Motor Pada Bus ME-FRACT

Pada saat terjadi *starting* motor terjadi penurunan tegangan di bus ME-FRACT sebesar 9% selama 0,08 sec. Hal ini dapat dipastikan bahwa kedua rele baik rele arus lebih ataupun rele *under voltage* tidak bekerja karena setelah dilakukan *setting* ulang pada rele arus lebih arus *starting* motor tidak menyebabkan rele bekerja. Untuk rele *under voltage*, penurunan tegangan sebesar 10% tidak akan dilihat sebagai gangguan karena *setting* penurunan tegangan pada rele *under voltage* adalah 10% dalam waktu 0,3 sec.

Setelah ditambahkan *emergency generator* tidak mengalami perubahan penurunan tegangan pada bus ME-FRACT. Hal ini dikarenakan kapasitas dari *emergency generator* yang tidak terlalu besar.

H. Setting Rele Pengaman Tegangan Kedip pada Tipikal 1 pada Saat Terjadi Hubung Singkat

Pada studi kasus tipikal 1, bus yang mengalami hubung singkat adalah bus ME-FRACT. Besar tegangan kedip dapat dilihat pada bus 52001, bus 52002, dan bus 41000. Kemudian dapat dilihat perbedaan magnitude dari tegangan kedip sebelum dan sesudah ditambahkan *emergency generator*. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Menunjukkan Hasil Plot Tegangan SP-BUS-52002 Pada Saat Terjadi Hubung Singkat

Tegangan dilihat dari sisi SP-BUS-52002 saat terjadi hubung singkat pada bus ME-FRACT dan bus SP-SWG-52007 open dalam waktu 0.1 detik. Tegangan kedip yang terjadi sebesar 12,81% setelah bus SP-SWG-52007 open maka tegangan kembali normal secara perlahan. Data tegangan kedip dan *setting* rele *under voltage* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Besar Voltage dan Setting Rele Under Voltage pada Tipikal

BUS	Besar Voltage Sag/ Kedip Tegangan (%)	Relay <i>undervoltage</i>	
		Seting Tegangan (%)	Seting Waktu (s)
bus 52001	12.81	10	0,3

bus 52002	12.6	10	0,3
bus 41000	11.5	10	0,6

Pada saat setelah ditambahkan *emergency* generator maka besar tegangan kedip akan berkurang hal ini dikarenakan adanya tambahan supply daya sehingga menyebabkan berkurangnya tegangan kedip saat terjadi hubung singkat

I. Setting Rele Pengaman Tegangan Kedip pada Tipikal 2 pada Saat Terjadi Starting Motor

Dengan menggunakan langkah yang sama. Pada saat terjadi *starting* motor terjadi penurunan tegangan di bus BD 01 sebesar 9% selama 0,08 sec. Untuk rele *under voltage* penurunan tegangan sebesar 9% tidak akan dilihat sebagai gangguan karena *setting* penurunan tegangan pada rele adalah 10% dalam waktu 0,3 sec. Dengan menambahkan *emergency* generator didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan tipikal sebelumnya.

J. Setting Rele Pengaman Tegangan Kedip pada Tipikal 2 pada Saat Terjadi Hubung Singkat

Dengan menggunakan langkah yang sama pada saat terjadi hubung singkat didapatkan data seperti yang tertera pada Tabel 8

Tabel 8. Besar voltage sag dan setting rele under voltage pada tipikal 2

BUS	Besar Voltage Sag/ Kedip Tegangan (%)	Relay undervoltage	
		Seting Tegangan (%)	Seting Waktu (s)
bus 52001	12.1	10	0,3
bus 41000	11.3	10	0,6
bus 11000	10.9	10	0,9

Sama dengan tipikal yang pertama setelah ditambahkan *emergency* generator besar tegangan kedip akan berkurang hal ini dikarenakan adanya tambahan supply daya sehingga menyebabkan berkurangnya tegangan kedip saat terjadi hubung singkat.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis koordinasi rele arus lebih dan tegangan kedip pada industri nabati yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa setelan rele yang belum tepat dan koordinasi yang kurang baik, terutama pada setelan *pickup* dan *grading time* antar rele pengaman
2. *Grading time* yang diberikan terlalu sempit, yakni 0,05 detik. Hal ini dapat menyebabkan koordinasi yang kurang baik sebab ada kemungkinan rele *backup* juga ikut *trip* karena tidak memberikan waktu yang cukup untuk rele pengaman utama memutus gangguan terlebih dahulu.
3. Perhitungan antara tipe koordinasi rele pengaman arus lebih sebelum dan sesudah ditambahkan dengan

emergency generator tidak mengalami perubahan yang signifikan hal ini dikarenakan kapasitas dari kedua *emergency* generator tidak terlalu besar.

4. Jika terjadi gangguan hubung singkat maka rele arus lebih yang terlebih dahulu mensensing gangguan. Jika rele arus lebih tidak dapat mengamankan gangguan maka rele *under voltage* akan bekerja hal ini dikarenakan pada saat terjadi hubung singkat tegangan akan terus menurun yang menyebabkan rele *under voltage* bekerja.

B. Saran

1. Karena terdapat beberapa setelan rele arus lebih yang kurang tepat serta koordinasi yang kurang baik pada beberapa rele tersebut, maka direkomendasikan untuk melakukan setelan ulang sesuai dari hasil analisis yang telah dilakukan.
2. Dalam sistem kelistrikan industri nabati rele pengaman untuk *under voltage* belum ada maka disarankan untuk menambahkan. Karena hal ini bertujuan untuk mengamankan sistem saat terjadi tegangan kedip.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan berbahagia ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas limpahan rahmat,taufiq dan hidayahnya sehingga penulis mendapatkan insprasi. Kedua orang tua Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat, doa dan materi yang berlimpah untuk keberhasilan putra tercinta. Rekan-rekan satu angkatan LJ power 2010 atas kebersamaan,kerjasamanya dan kekompakannya selama menyelesaikan pendidikan diteknik elektro.

REFERENSI

- [1] IEEE 1159-1995, "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", 1159-1995.
- [2] Wahyudi, "Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik", Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, (2004).
- [3] GE Multilin, "750/760 Feeder Management Relay" Instruction Manual.
- [4] Hewitson, L.G. (et al), "Practical Power Systems Protection", Elsevier Ltd., USA, Ch.1, (2004).
- [5] IEEE Std 242-2001™, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, (2001), Ch. 15
- [6] Power System Analysis, "Studi Load Flow", Industri Nabati (2012).
- [7] Power System Analysis, "Setting Proteksi", Industri Nabati (2012).