

Studi Koordinasi Proteksi pada Generator Turbin Gas 26 MW Sistem Kelistrikan PT. Petrokimia Gresik

Dicky Putra Adhitya dan Margo Pujiantara

Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: margo@ee.its.ac.id

Abstrak—PT. Petrokimia Gresik memiliki sistem dengan komponen kelistrikan yang sangat kompleks dan memerlukan perhatian lebih pada segi koordinasi proteksi sistem kelistrikannya. Terjadinya gangguan pada pembangkit PLN menyebabkan generator pembangkit pada Gresik Gas Cogeneration Plant PT. Pupuk Indonesia Energi mengalami *trip*. Sehingga perlu dilakukan perubahan koordinasi proteksi generator pembangkit dan juga peningkatan kualitas *setting* dari rele pengaman tersebut. Oleh sebab itu diusulkan topik tugas akhir ini sebagai studi untuk membantu *setting* koordinasi proteksi rele pada generator turbin gas 26 MW Gresik Gas Cogeneration Plant. Kondisi operasi abnormal pada generator dapat menyebabkan kerusakan pada generator dan ketidakandalan pada sistem kelistrikan. Evaluasi rele-rele yang aktif meliputi rele eksitasi berlebih, rele frekuensi, rele daya balik, rele generator *unbalance*, dan rele *loss of field* pada topik ini dikhususkan untuk memperbaiki *setting* eksisting untuk disesuaikan dengan standar yang ada, sehingga generator akan terlindungi dengan baik saat terjadi gangguan eksternal generator.

Kata Kunci—Evaluasi Rele, Generator, Kondisi Operasi Abnormal, Koordinasi Proteksi.

I. PENDAHULUAN

SEBAGAI salah satu negara semi agraris terbesar di dunia, Indonesia memiliki bidang pertanian sebagai sektor utama komoditas bahan pangan. Secara tidak langsung, hal tersebut menjadikan pupuk sebagai bahan pendukung utama dalam berkembangnya bidang pertanian. PT. Petrokimia Gresik, salah satu perusahaan pupuk terbesar di Indonesia, dituntut untuk memproduksi pupuk yang berkualitas guna memajukan sektor pertanian dan perkebunan dengan. Dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut, tentu diperlukan ketersediaan listrik yang besar pula dalam prosesnya. Ketersediaan tenaga listrik menjadi hal yang esensial pada sebuah industri untuk menjamin terpenuhinya segala macam proses produksi.

Sistem proteksi kelistrikan dalam suatu industri memerlukan kepastian keamanan agar tidak mengganggu proses produksi yang ada. Peralatan proteksi pada suatu sistem kelistrikan memiliki tujuan utama sebagai pelindung peralatan ketika terjadi kegagalan atau gangguan pada sistem tenaga listrik [1]. Mengingat kompleksitas sistem kelistrikan, maka diperlukan juga koordinasi antar peralatan proteksi guna mengatur skenario perlindungan. Peralatan proteksi yang tidak terkoordinasi dengan baik dapat menyebabkan berkurangnya kontinuitas aliran daya, menurunkan keandalan sistem listrik, menurunkan keandalan sistem kelistrikan hingga menyebabkan kerugian secara finansial akibat hilangnya kesempatan produksi listrik [2].

Gresik Gas Cogeneration Plant (GGCP) PT. Pupuk Indonesia Energi (PIE) memiliki peralatan proteksi yang berfungsi sebagai penunjang kegiatan pembangkit listrik. Terjadinya gangguan terhadap frekuensi pada saat gangguan PLN menyebabkan generator GTG GGCP 26,8 MW mengalami *trip*. Mematikan generator pada saat terjadinya gangguan tidak menunjukkan tingkat kehandalan sistem yang baik, sehingga perlu dilakukan evaluasi demi menjaga fungsi sistem proteksi tenaga listrik. Tanpa adanya evaluasi secara komprehensif, dikhawatirkan peralataan proteksi justru menyebabkan *fault trip*. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi *setting* eksisting pada relay generator dan merumuskan rekomendasi *setting* yang tepat pada sistem proteksi kelistrikan PT. PIE sehingga meminimalisasi terjadi kerusakan sekaligus memperpanjang usia pakai generator itu sendiri. Obyek yang menjadi fokus utama evaluasi ini ialah generator GTG GGCP 26,8 MW.

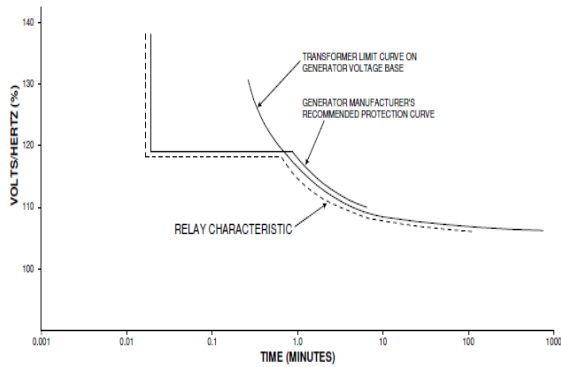
II. TEORI PENUNJANG

Terjadinya gangguan pada generator tidak selalu melibatkan kesalahan atau kegagalan pada generator. Terdapat beberapa kondisi abnormal yang mungkin terjadi pada generator dapat menyebabkan kegagalan fungsi kerja dari generator tersebut yaitu diantaranya Loss of field ANSI 40, Eksitasi berlebih (Overexcitation) ANSI 24, Daya balik (reverse power) ANSI 32, Generator *unbalance* ANSI 46, dan Overfrequency dan underfrequency ANSI 81 [3].

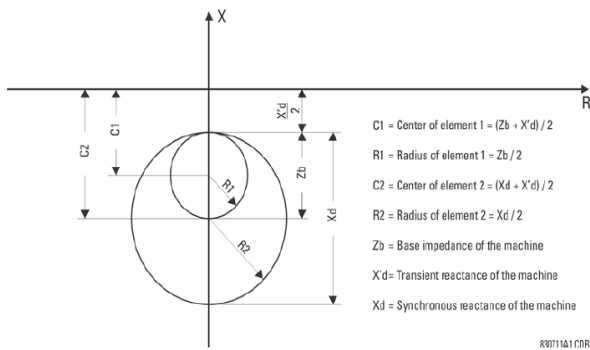
A. Rele Overexcitation (ANSI 24)

Eksitasi berlebih dari generator atau transformator apa pun yang terhubung ke terminal generator akan terjadi bila rasio tegangan terhadap frekuensi (V/Hz) yang diterapkan ke terminal peralatan melebihi 105% (basis generator) untuk generator. Ketika rasio volt/hertz (V/Hz) ini terlampaui, saturasi inti magnetik generator atau transformator yang terhubung dapat terjadi, dan stray flux dapat diinduksi pada komponen nonlaminasi yang tidak dirancang untuk membawa fluks. Fluks yang berlebihan juga dapat menyebabkan arus eddy yang berlebihan pada laminasi generator yang mengakibatkan tegangan berlebih antar laminasi. Ini dapat menyebabkan overheating yang parah pada generator atau transformator dan akhirnya kerusakan pada isolasi. Arus medan di generator juga bisa berlebihan.

Satu versi rele V/Hz memiliki karakteristik waktu inverse dan unit tunda waktu definite yang terpisah. Unit ini dapat dihubungkan ke perintah trip atau alarm dan memperluas kemampuan karakteristik rele agar sesuai dengan



Gambar 1. Contoh setting waktu inverse rele V/Hz dengan unit waktu definite.



Gambar 2. Karakteristik setting kurva mho untuk zona 1 dan zona.

karakteristik V/Hz dari kombinasi generator-transformator. Contoh setting waktu inverse rele tertera pada Gambar 1.

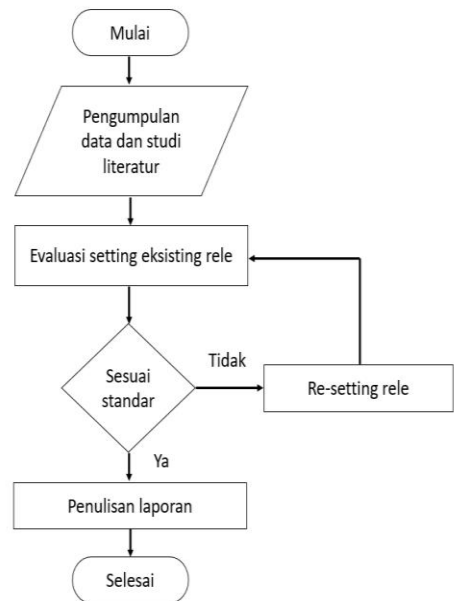
B. Rele Overfrequency dan Underfrequency (ANSI 81)

Kondisi underfrequency dapat terjadi pada sistem karena pengurangan daya input secara tiba-tiba melalui hilangnya generator dari sistem. Pembangkitan yang beroperasi sendiri (lepas dari sistem) dengan beban dapat menyebabkan underfrequency ketika jumlah beban melebihi jumlah pembangkitan. Umumnya underfrequency di setting pada elemen pertama pickup frekuensi 98% dengan delay 10 menit, elemen kedua pickup 97% dengan delay 1,5 menit, elemen ketiga pickup 96%, dengan delay 30 detik dan elemen keempat 95% dengan delay 0,167 detik. Setting alarm dilakukan pada frekuensi 99% dengan delay 10 detik.

Kondisi overfrequency dapat terjadi karena hilangnya beban secara tiba-tiba atau hilangnya jalur transmisi utama yang memasok daya. Pembangkitan yang beroperasi sendiri dengan beban dapat menyebabkan frekuensi berlebih ketika jumlah pembangkitan melebihi jumlah beban. Pada overfrequency umumnya di setting dengan pickup frekuensi 103% maksimal selama 10 menit dan akan trip ketika frekuensi berada diatas 103%. Setting alarm dilakukan pada frekuensi 101% dengan delay 5 detik.

C. Rele Reverse Power (ANSI 32)

Rele daya balik digunakan untuk mendeteksi kondisi motoring generator. Relai daya balik yang terpisah dapat digunakan dalam skema logika trip sekuensial di mana motor diperbolehkan untuk waktu yang singkat untuk memastikan penggerak utama telah kehilangan energi yang cukup untuk mencegah *overspeed* diikuti dengan trip pada turbin. Sensitivitas dan pengaturan relai tergantung pada jenis



Gambar 3. Flow chart metode penelitian.

Tabel 1. Daya motoring maksimum pada penggerak utama

Penggerak	Daya
Turbin uap	3.0%
Turbin gas	50%
Turbin roda air	0.2%
Mesin disel	25%

penggerak utama yang terlibat. Daya monitoring maksimum pada penggerak utama tertera pada Tabel 1.

D. Rele Generator Unbalance (46)

Sejumlah kondisi sistem dapat menyebabkan arus tiga fasa yang tidak seimbang pada generator. Penyebab paling umum adalah asimetri sistem (misalnya, saluran yang tidak ditransposisikan), beban yang tidak seimbang, gangguan sistem yang tidak seimbang, dan rangkaian terbuka yang mengakibatkan ketidakseimbangan tegangan fasa generator. Kondisi sistem ini menghasilkan komponen arus urutan fase negatif yang menginduksi arus frekuensi ganda di permukaan rotor; cincin penahan; irisan slot; dan, pada tingkat yang lebih kecil, belitan medan. Arus rotor ini dapat menyebabkan suhu tinggi dan mungkin berbahaya dalam waktu singkat. Kerusakan serius pada generator terjadi jika kondisi tidak seimbang dibiarkan terus-menerus.

Rele ketidakseimbangan pada generator digunakan untuk melindungi mesin dari kerusakan rotor akibat arus urutan negatif yang berlebihan. Karakteristik operasi tahap waktu inverse didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$T = \frac{K}{\left(\frac{I2}{Inom}\right)^2}$$

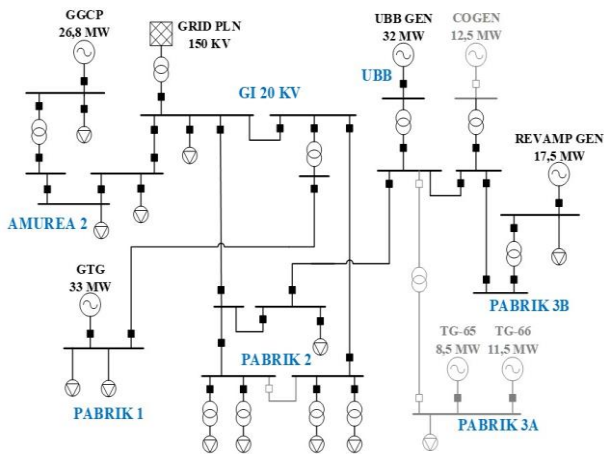
dimana:

I_{nom} adalah arus pengenal generator

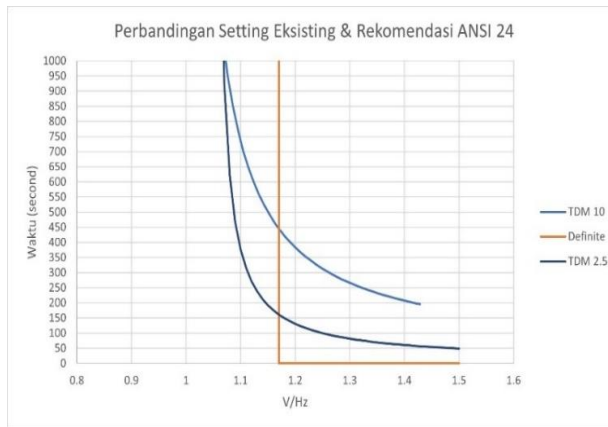
K adalah konstanta kemampuan urutan-negatif

E. Rele Loss of Field (ANSI 40)

Fungsi dari proteksi ini adalah untuk mendeteksi hilangnya eksitasi pada mesin sinkron. Eksitasi dapat hilang karena terbukanya circuit breaker secara tidak sengaja, dan open circuit atau short circuit pada belitan medan. Kehilangan



Gambar 4. Single line diagram PT. Petrokimia Gresik yang disederhanakan.



Gambar 5. Perbandingan setting eksisting dan rekomendasi rele 24.

eksitasi dapat merusak mesin dan merusak pengoperasian sistem. Ketika generator sinkron kehilangan eksitasi, maka generator sinkron akan bertindak sebagai generator induksi, generator beroperasi di atas kecepatan normal, dan menerima eksitasi (VAR) dari sistem. Kejadian tersebut dapat mengakibatkan kerusakan thermal apabila terjadi terus-menerus.

Proteksi hilang eksitasi menggunakan dua buah mho relay dengan karakteristik operasi berikut ini [4] :

1. Zone 1, digunakan mho relay dengan setting berikut :

$$Center_1 = \left(\frac{Zb + X'd}{2} \right)$$

$$Radius_1 = \frac{Zb}{2}$$

Dimana Zb adalah impedansi generator (ohm) dan X'd adalah Reaktansi transien generator (ohm)

2. zone 2, digunakan mho relay dengan setting berikut:

$$Center_2 = \left(\frac{Xd + X'd}{2} \right)$$

$$Radius_2 = \frac{Xd}{2}$$

Dimana X'd adalah reaktansi transien generator (ohm) dan Xd adalah reaktansi sinkron generator (ohm). Kurva karakteristik setting kurva mho untuk zona 1 dan zona 2 tertera pada Gambar 2.

Tabel 2.
Setting eksisting dan rekomendasi *Rele Overexcitation* (ANSI 24)

Setting	Eksisiting		Rekomendasi	
	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 1	Parameter 2
Function	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
VHZ	L-G	L-G	L-G	L-G
Voltage Mode				
Pickup	1.05 pu	1.17 pu	1.05 pu	1.17 pu
Curves	Inverse Curve A	Definite Time	Inverse Curve A	Definite Time
TD	2.50 s	0.5 s	10 s	0.5 s
Multiplier				
Time Reset	600 s	600 s	600 s	600 s
Block	OFF	OFF	OFF	OFF
Target	Latched	Latched	Latched	Latched
Events	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled

Tabel 3.
Setting eksisting dan rekomendasi *Rele Overfrequency dan Underfrequency* (ANSI 81)

Setting	Eksisiting		Rekomendasi	
	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 1	Parameter 2
Relay 81O				
Function	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Block	OFF	OFF	OFF	OFF
Pickup	51.5 Hz	53 Hz	53 Hz	55 Hz
Pickup	10 s	1 s	10 s	1 s
Delay				
Reset	0.5 s	0.5 s	0.5 s	0.5 s
Delay				
Relay 81U				
Function	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Block	OFF	OFF	OFF	OFF
Pickup	48.5 Hz	47 Hz	48.5 Hz	47 Hz
Pickup	5 s	0.5 s	300 s	0.5 s
Delay				
Reset	0.5 s	0.5 s	0.5 s	0.5 s
Delay				

III. METODE PENELITIAN

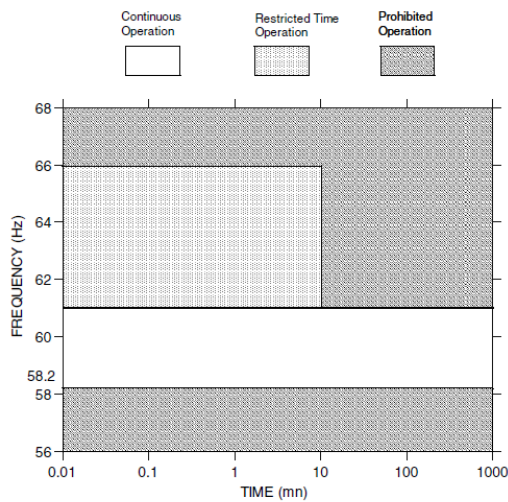
Proses penelitian terbagi menjadi 4 tahapan yaitu pengumpulan data dan studi literatur. Data yang digunakan antara lain sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik, spesifikasi generator GTG GGCP. Yang kedua evaluasi setting eksisting relay generator. Menghitung setting eksisting relay berdasarkan acuan standar yang berlaku kemudian diilustrasikan pada plot grafik dalam Ms. Excel.

Tahap Re-setting relay eksisting generator. Tahap ini dilakukan apabila hasil pada tahap 2 belum memenuhi standar yang berlaku. Langkah dan prosedur hitungan sama seperti pada tahap sebelumnya. Yang terakhir melakukan analisis perbandingan antara setting eksisting dan setting rekomendasi. Komparasi antara kondisi rele proteksi pada generator GTG GGCP 26 MW berdasarkan standar yang berlaku untuk memitigasi kondisi abnormal pada generator. Flowchart metode penelitian tertera pada Gambar 3.

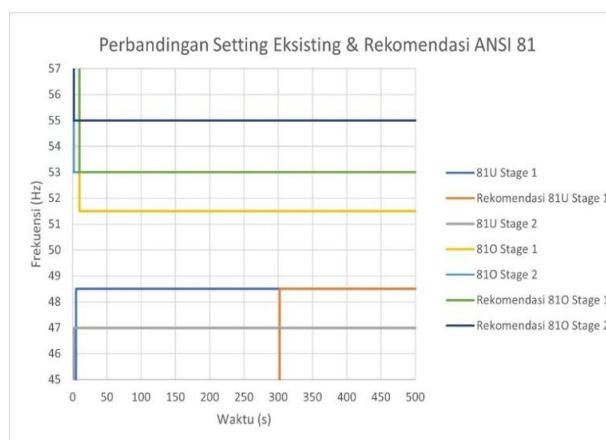
IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Sistem Kelistrikan PT. Petrokimia Gresik

PT. Petrokimia Gresik memiliki sistem kelistrikan yang tergolong besar dan kompleks. Pada gambar 4, diketahui terdapat 5 pabrik yang beroperasi pada sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik yaitu Pabrik 1, Pabrik 2, Pabrik 3A, Pabrik 3B, dan Amurea 2. Sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik



Gambar 6. Kemampuan tipikal generator saat frekuensi tidak normal berbasis 60 Hz IEEE C37.106 2004.



Gambar 7. Perbandingan setting eksisting dan rekomendasi rele 81O dan 81U.

telah hampir terintegrasi antara satu pembangkit dengan pembangkit lainnya, kecuali pada Pabrik 3A dimana pada operasinya menggunakan pembangkit mandiri yaitu TG-65 dan TG-66. Single line diagram PT. Petrokimia Gresik tertera pada Gambar 4.

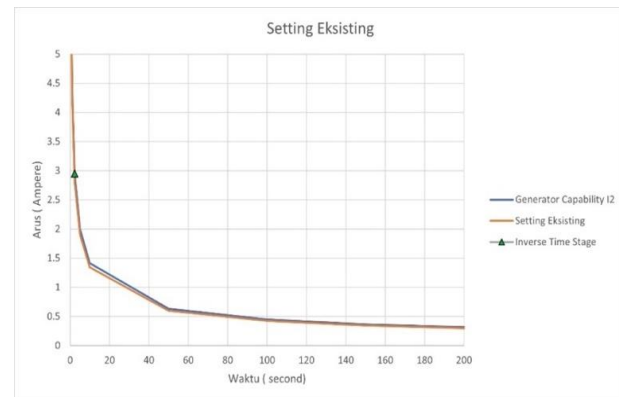
B. Perhitungan dan Evaluasi Relay GTG GGCP 26,8 MW

Perhitungan dan evaluasi dilakukan pada rele 24 untuk *overexcitation*, rele 81U untuk *underfrequency*, rele 81O untuk *overfrequency*, rele 32 untuk *directional reverse power*, rele 46 untuk *generator unbalance*, dan rele 40 untuk *loss of excitation*.

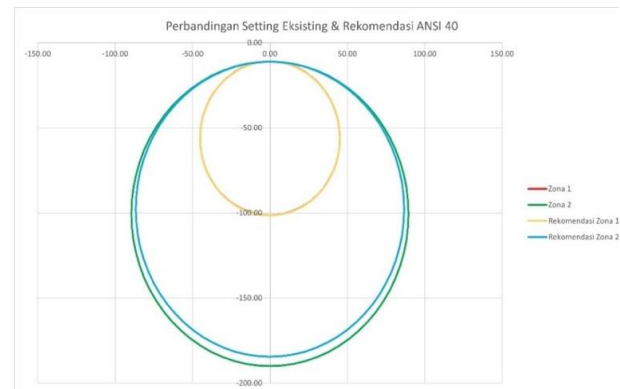
1) Rele Overexcitation (ANSI 24)

Setting eksisting nilai pickup yang diterapkan pada rele ini telah sesuai dengan standar yang ada (Parameter 1 sebesar 1.05 pu; Parameter 2 sebesar 1.17 pu) tertera pada Tabel 2 dimana eksitasi berlebih dari generator akan terjadi bila rasio tegangan terhadap frekuensi (V/Hz) yang diterapkan ke terminal generator melebihi 1,05 pu (basis generator). Selanjutnya adalah menghitung efektifitas setting kurva sesuai dengan standar perhitungan *inverse time curve A* IEC 255-4.

Idealnya, parameter 1 pada setting rele 24 berfungsi sebagai *trigger alarm* sehingga rele 24 tidak boleh bekerja terlalu cepat apabila terjadi gangguan eksternal generator. Namun yang terjadi adalah sebaliknya. Berdasarkan hal



Gambar 8. Plot setting eksisting dengan kurva kapabilitas generator.



Gambar 9. Perbandingan setting eksisting dan rekomendasi rele 40.

tersebut maka setting eksisting perlu dirubah sesuai dengan standar yang ada, dimana pada GE G60 nilai TDM yang direkomendasikan adalah 10 dengan nilai pickup 1.05 pu. Perbandingan setting eksisting dan rekomendasi rele 24 tertera pada Gambar 5.

2) Rele Overfrequency dan Underfrequency (ANSI 81)

Terdapat dua stage setting rele 81O (*overfrequency*) dan rele 81U (*underfrequency*) dalam kelompok proteksi kondisi operasi abnormal generator PT. Petrokimia Gresik. Setting pertama untuk rele 81O diambil nilai pickup low-set pada frekuensi 51,5 Hz dan nilai pickup high-set pada frekuensi 53 Hz. Sedangkan setting kedua untuk rele 81U diambil nilai pickup low-set 48,5 Hz dan nilai pickup high-set pada frekuensi 47 Hz. Selanjutnya dilakukan perhitungan kinerja rele ANSI 81. Hal ini tertera pada Tabel 3. Gambar 6 menunjukkan kemampuan tipikal generator saat frekuensi tidak normal.

Akibat acuan pengaturan eksisting yang belum terupdate, generator bekerja secara tidak efisien. Terlihat bahwa generator akan terus bekerja secara normal pada frekuensi 58,2 Hz atau setara dengan 97% hingga frekuensi 61 Hz atau setara dengan 102%. Kemudian pada waktu operasi terbatas pada frekuensi 61 Hz atau setara 102 % hingga 66 Hz atau setara dengan 110% diizinkan beroperasi hingga 10 menit atau selama 600 detik. Selanjutnya pada IEEE Std C37.102 2006 dijelaskan pada kondisi underfrequency waktu operasi terbatas pada rentang frekuensi 57,8 Hz atau setara 96% hingga 58,5 Hz atau setara 97,5% diizinkan hingga 10 menit atau 600 detik. Dengan demikian, direkomendasikan untuk mengubah setting pada bagian berikut :

1. Pickup low-set rele 81O menjadi 53 Hz dan nilai pickup high-set pada frekuensi 55 Hz.
2. Nilai Pickup Delay rele 81U menjadi 300 detik.

Tabel 4.
Setting eksisting dan rekomendasi *Rele Directional Reverse Power* (ANSI 32)

Setting	Eksisting	Rekomendasi
Function	Enabled	
Sens Dir Power RCA	180 deg	
Sens Dir Pwr Calibration	0.2 deg	Tidak ada perubahan
Stage 1 SMIN	238 kW	0.005 pu
Stage 1 Delay	0 s	
Stage 2 SMIN	476 kW	0.01 pu
Stage 2 Delay	3 s	
Block	VT FAILURE On (VO11)	
Targets	Self-reset	
Event	Enabled	

Tabel 5.
Setting eksisting dan rekomendasi *Rele Generator Unbalance* (ANSI 46)

Setting	Eksisting	Rekomendasi
Function	Enabled	
Source	NEUT (SRC 1)	
Inom	0.703 pu / 1758 A	
Stage 1 Pickup	8.00%	
Stage K-Value	18	
Stage 1 Tmin	0.100 s	
Stage 1 Tmax	300.0 s	Tidak ada perubahan
Stage 1 K-reset	240.0 s	
Stage 2 Pickup	5.60%	
Stage 2 Pickup Delay	2.0 s	
Block	OFF	
Target	Latched	
Event	Enabled	

Tabel 6.
Setting eksisting dan rekomendasi *Rele Loss of Field* (ANSI 40)

Setting	Eksisting	Rekomendasi
Function	Enabled	Enabled
Source	TERM (SRC 2)	TERM (SRC 2)
Center 1	56.21 ohm	56.26 ohm
Radius 1	45.15 ohm	45.15 ohm
UV Supervision Enable 1	Enabled	Enabled
Pickup Delay 1	0.05 s	0.05 s
Center 2	100.55 ohm	97.79 ohm
Radius 2	89.49 ohm	86.69 ohm
UV Supervision Enable 2	Disabled	Enabled
Pickup Delay 2	0.5 s	0.5 s
UV Supervision	0.7 pu	0.7 pu
Block	VT FAILURE 'ON (VO11)	VT FAILURE ON (VO11)
Target	Latched	Latched
Event	Enabled	Enabled

Perbandingan setting eksisting dan rekomnedasi rele 810 dan 81U tertera pada Gambar 7.

3) *Rele Directional Reverse Power ANSI 32*

Besarnya daya maksimum yang diizinkan mengalir menuju generator sebesar 5% dari daya aktif generator atau - 5% dari kemampuan generator dalam menyuplai suatu sistem kelistrikan. Rating daya generator GGCP yang digunakan sebesar 26,8 MW dimana nilai daya selama reverse power yang diizinkan untuk diserap generator yaitu sebesar 1340 kW. Setting eksisting dan rekomendasi rele ANSI 32 tertera pada Tabel 4.

Pada setting eksisting rele 32 akan bekerja untuk mendeteksi kondisi tidak normal pada generator dengan 2 tahap, yaitu stage 1 dengan daya yang disuplai oleh generator mencapai 238 kW dengan waktu seketika 0 detik dan stage 2 sebesar 476 kW dengan waktu tunda selama 3 detik. Kondisi setting tersebut masih dalam batas nilai yang diizinkan. Berdasarkan hasil diatas, setting eksiting rele 32 sudah tepat.

4) *Rele Generator Unbalance ANSI 46*

Kemampuan generator untuk mengakomodasi arus tidak

seimbang dijelaskan pada IEEE Std C50.12, IEEE Std C50.13, dan IEC 60034-1 dalam hal arus urutan negatif (I_2). Standar tersebut menentukan kemampuan arus I_2 kontinyu pada generator, yang ditentukan pada istilah $I_2^2t = K$.

Setting eksisting dengan nilai K 18 dan kurva kapabilitas generator dengan nilai 20 diplot menggunakan Ms. Excel dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan bahwa setting rele 46 sudah sesuai karena letak kurva setting eksisting dengan nilai $I_2^2t = K$ sebesar 18 berada dibawah kurva kapabilitas generator dengan nilai $I_2^2t = K$ sebesar 20. Selain itu, sesuai dengan acuan pada GE G60 untuk mengatur setting rele 46 Stage 1 pickup adalah kapabilitas arus negative sequence pada generator dimana pada setting eksisting juga di atur sebesar 8%. Stage 1 Tmin pada GE G60 diatur sebesar 0,25 detik dengan Stage 1 Tmax diizinkan hingga 10 menit atau 600 detik dan untuk Stage 1 K-reset diatur pada 4 menit atau 240 detik. Kemudian untuk mengatur nilai pickup pada stage 2 menggunakan perhitungan Pickup Stage 2 = 70% x I_2 Capability = 70% x 8% = 5,6 %. Dilihat dari beberapa hal tersebut dapat dikatakan setting rele 46 sudah tepat. Setting

eksisting dan rekomendasi ANSI 46 tertera pada Tabel 5.

5) *Rele Loss of Field ANSI 40*

Fungsi dari proteksi ini adalah untuk mendeteksi hilangnya eksitasi pada mesin sinkron. Eksitasi dapat hilang karena terbukanya circuit breaker secara tidak sengaja, dan open circuit atau short circuit pada belitan medan. Kehilangan eksitasi dapat merusak mesin dan merusak pengoperasian sistem. Ketika generator sinkron kehilangan eksitasi, maka generator sinkron akan bertindak sebagai generator induksi, generator beroperasi di atas kecepatan normal, dan menerima eksitasi (VAR) dari sistem. Kejadian tersebut dapat mengakibatkan kerusakan thermal apabila terjadi terus-menerus. Setting eksisting dan rekomendasi ANSI 40 tertera pada Tabel 6.

Terdapat dua kurva karakteristik mho untuk memodelkan wilayah operasi relay loss of excitation (relay 40). Fungsi kurva mho yang pertama digunakan untuk mendeteksi beberapa penyebab kegagalan eksitasi dengan sebuah time delay yang singkat. Sedangkan kurva mho yang kedua diatur untuk dapat mendeteksi semua penyebab kegagalan eksitasi akan tetapi dengan time delay yang lebih lama untuk keamanan selama kestabilan sistem dalam kondisi swing. Perbandingan setting rele 40 tertera pada Gambar 9. Terlihat perbedaan luasan antara zona 2 eksisting dan zona 2 rekomendasi serta zona 1 yang saling berhimpitan sehingga diperlukan perubahan setting nilai center dan radius pada rele 40 sesuai dengan hasil perhitungan.

V. KESIMPULAN

Melalui studi evaluasi setting generator GGCP PT. Petrokimia Gresik, diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Setting eksisting rele pada generator GTG GGCP 26,8 MW perlu dilakukan setting ulang karena pada setting eksisting terdapat parameter yang belum sesuai dengan standar yaitu

pada rele overexcitation (ANSI 24), rele overfrequency dan underfrequency (ANSI 81), rele generator unbalance (ANSI 46), dan rele loss of field (ANSI 40).

Setting rekomendasi rele pada generator GTG GGCP 26,8 MW pada rele overexcitation (ANSI 24) disesuaikan dengan standar dengan memilih nilai TDM 10 sebagai nilai parameter baru dalam setting rele, rele overfrequency dan underfrequency (ANSI 81) dilakukan setting ulang dengan acuan standar baru yaitu IEEE C37.106 2004 dan IEEE C37.102 2006 dengan nilai 81O stage 1 53 Hz dan stage 2 55 Hz serta 81U stage 1 48,5 Hz dan stage 2 47 Hz, rele loss of field (ANSI 40) dilakukan setting ulang berdasarkan hasil dari perhitungan dan data generator GGCP dengan nilai center 1 56,26 ohm, radius 1 45,15 ohm, center 2 97,79 ohm, dan radius 2 86,69 ohm.

Hasil studi koordinasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan kondisi generator turbin gas di lokasi penelitian. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian serupa dengan standar yang disesuaikan dengan kondisi dan spesifikasi peralatan proteksi generator sehingga didapatkan beragam komparasi. Selanjutnya, hasil komparasi tersebut dapat digunakan untuk memperbaiki sistem proteksi generator GGCP PT. Petrokimia Gresik untuk mewujudkan rencana mitigasi yang tepat guna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Hutaeruk, *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga & Pengetahuan Peralatan*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [2] P. M. Anderson, *Power System Control and Stability*. Piscataway: IEEE Press, 2019.
- [3] IEEE Standard, *IEEE Std PC37.102/D8*. New Jersey: IEEE, 2006.
- [4] F. U. N. Silalahi, "Koordinasi Proteksi Generator Dengan Mempertimbangkan Kontrol Eksitasi Generator Dan Kurva Capability Generator Di Pt. Antam Sulawesi," Departemen Teknik Elektro: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.