

EVALUASI *SETTING* WAKTU RELE PENGAMAN PADA PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *TRANSIENT STABILITY* *ASSESMENT*

¹Hafiz Ichwanto, ²Ardyono Priyadi, ³Margo Pujiantara

¹ Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

¹hafizichwanto@gmail.com, ²priyadi@ee.its.ac.id, ³margo@ee.its.ac.id

Abstrak— Pada kondisi normal, sebuah sistem tenaga listrik akan beroperasi dalam keadaan stabil, yakni tercapainya keseimbangan antara daya mekanik dari prime mover dengan keluaran daya elektrisnya. Setiap terjadi kenaikan atau penurunan beban dalam jumlah besar, maka daya mekanik harus mampu mengikuti perubahan ini untuk mengembalikan sistem pada kondisi normalnya. Perubahan beban disini dapat disebabkan oleh beberapa kejadian, diantaranya hubung singkat (short circuit) dan generator outage. Yang mana kejadian-kejadian tersebut dalam fenomena kestabilan transient, yakni bagaimana respon sistem sesuai mengalami gangguan besar dalam waktu yang singkat (transient). Analisis kestabilan sangat diperlukan dalam menganalisis suatu sistem kelistrikan. Salah satunya dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam melakukan setting proteksi suatu sistem. Selanjutnya hal ini dikenal dengan istilah CCT (Critical Clearing Time) yakni batas waktu maksimum yang diizinkan bagi sistem untuk mengisolir suatu gangguan. Yang mana apabila waktu tersebut terlampaui, maka generator terkait akan mengalami lepas sinkron dari generator lainnya. Dan apabila dibiarkan terjadi akan merusak turbin mekanik dari generator itu sendiri. Dalam hal ini, untuk mencari nilai CCT yang diperlukan akan digunakan metode *Time Domain Simulation* (TDS) pada *software* simulasi. Selanjutnya, pada tugas akhir kali ini, telah berhasil didapatkan CCT pada masing-masing bus yang telah dipilih dan didapati bahwa terdapat lima lokasi yang memerlukan rekomendasi setting proteksi setelah dibandingkan dengan nilai CCT yang diperoleh.

Kata Kunci— *Critical clearing time, Generator outage, Hubung singkat, kestabilan transient*

Under normal conditions, a power system will operate in a stable state, by achieving a balance between the mechanical power of the prime mover with electrical power output. Whenever there is a large change in load, the mechanical power must be able to follow this change to restore the system under normal conditions. Load changes here can be caused by several events, including short circuit and generator outage. Which events are included in the phenomenon of transient stability, namely how the system response after a major disruption in a short time (transient). Stability analysis is necessary in analyzing a system. One of them can be used as a consideration in setting the protection of the system.

Furthermore this is known as CCT (Critical Clearing Time) which is the maximum time limit allowed for the system to isolate a disturbance. Which when the time is exceeded, then the corresponding generator will occur loss synchron from the other generators. And if thus allowed to happen continuously, it will damage the mechanical turbine from the generator itself. In this final project, we get the CCT on each bus that has been selected and found that there are five locations that require recommendation of protection setting after compare with CCT value obtained.

Key Word -- *Critical clearing time, Generator outage, Short circuit, Transient stability*

I. PENDAHULUAN

Sebagai produsen urea terbesar di Indonesia, maka PT. Pupuk Kalimantan Timur harus mampu menjaga kontinuitas produksi pabrik mereka. Yang mana kontinuitas produksi suatu pabrik dapat diperoleh dengan beberapa cara, selain dengan memakai konfigurasi ring sebagai topologi jaringannya, pabrik tersebut juga harus memiliki sistem proteksi yang baik [2]. Suatu sistem proteksi dapat dikatakan baik apabila sistem tersebut mampu mengisolir gangguan dengan cepat dan tepat, sehingga dapat melindungi peralatan dan bagian yang tidak mengalami gangguan dari kerusakan yang fatal.

Namun, kebanyakan sistem proteksi yang ada, hanyalah di desain untuk dapat mengisolir gangguan yang terjadi, dan belum mempertimbangkan dampaknya terhadap kestabilan sistem selepas proses isolasi gangguan selesai [3]. Padahal kestabilan pada suatu sistem adalah hal yang cukup penting, yang mana apabila tidak diperhitungkan dampak mengakibatkan satu atau bahkan beberapa generator lepas sinkron, yang selanjutnya menyebabkan arus yang mengalir

sangat tinggi dan frekuensi putaran turbin menjadi kacau. Apabila hal ini terus berlanjut hal ini akan dapat merusak turbin itu sendiri dan untuk memperbaikinya akan dibutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit.

Oleh karena itu, pada tugas akhir kali ini akan dilakukan evaluasi terhadap setting ulang rele pengaman dengan mempertimbangkan kestabilan sistem. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mencari besar nilai waktu pemutusan kritis (*Critical Clearing Time*) yang selanjutnya disebut dengan CCT. Besarnya nilai CCT ini selanjutnya dianalisis dengan mengamati respon sudut rotor generator yang diperoleh dari hasil simulasi menggunakan *software*. apabila respon yang diberikan sudah stabil, maka nilai tersebut lah yang selanjutnya dijadikan pertimbangan sebagai dasar untuk setting ulang rele pengaman. Yang mana nilai *setting* yang baru besarnya tidak boleh melebihi besar nilai CCT yang telah diperoleh.

II. METODE PENELITIAN

A. Metodologi

Metodologi yang digunakan pada tugas akhir kali ini adalah:

1. Pengumpulan Data
Mangumpulkan data yang hendak digunakan dalam keperluan tugas akhir ini, yang mana meliputi SLD (*Single Line Diagram*) sistem kelistrikan PT. Pupuk Kalimantan Timur, data-data peralatan, serta sistem proteksi yang sudah ada (*existing*).
2. Simulasi dan Analisa *Existing Plant*
Setelah didapatkan data-data yang diperlukan, dilakukan simulasi dan analisa apakah sistem sudah bekerja dengan seharusnya.
3. Studi Literatur
Mencari dan mempelajari refrensi-refrensi yang diperlukan untuk menunjang keperluan tugas akhir ini
4. Analisa Kestabilan *Transient*
Mencari besar nilai CCT dan mengujinya kemudian melihat respon sudut rotor dari generator menggunakan *Time Domain Simulation* pada *software* simulasi
5. *Setting* Ulang Rele Pengaman
Setelah didapatkan besar nilai CCT yang sesuai, dilakukan *setting* ulang ataupun evaluasi sebagai upaya untuk ememnuhi nilai CCT yang telah diperoleh.

6. Penulisan Laporan Tugas Akhir

Melakukan penulisan laporan tugas akhir dengan mencatumkan hasil analisis yang telah dilakukan, berikut dengan kesimpulan yang dapat diperoleh dari analisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil simulasi pada *single line diagram* (SLD) dari PT.Pupuk Kalimantan Timur dengan menggunakan modul transient stability analysis (TSA) pada *software* simulasi yang telah ditentukan. Simulasi dilakukan pada SLD PKT yang masih menggunakan enam generator aktif. Langkah-langkah yang akan dilakukan pada simulasi tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

- i. Memilih lokasi bus yang akan disimulasikan sebagai letak gangguan hubung singkat
- ii. Memberi event gangguan pada masing-masing bus yang telah dipilih
- iii. Melakukan plot grafik antara simpangan sudut rotor terhadap waktu
- iv. Melakukan *trial* dan *error* pada waktu untuk mengisolir gangguan hingga ditemukan batas waktu stabil dan tidak
- v. Membandingkan nilai CCT yang didapat terhadap setting waktu rele pengaman yang ada
- vi. Meberikan saran sebagai bentuk evaluasi berdasarkan nilai CCT yang telah di dapatkan

Pada simulasi transient tugas akhir ini, akan dianalisis bagaimana respon generator pada sistem setelah terjadi gangguan. Gangguan yang disimulasikan disini adalah hubung singkat pada bus utama dengan level tegangan menengah 11 kV dan 33 kV, alasan pemilihan lokasi ini adalah karena pada lokasi-lokasi tersebut lah kemungkinan terbuuruk untuk pada saat gangguan mengalami kehilangan daya elektris yang cukup besar, yang selanjutnya dapat mengakibatkan perbedaan terhadap daya mekanis yang cukup signifikan dan membuat ayunan rotot melonjak tinggi. Untuk simulasi letak gangguan, akan dilakukan pada beberapa bus sebagai berikut:

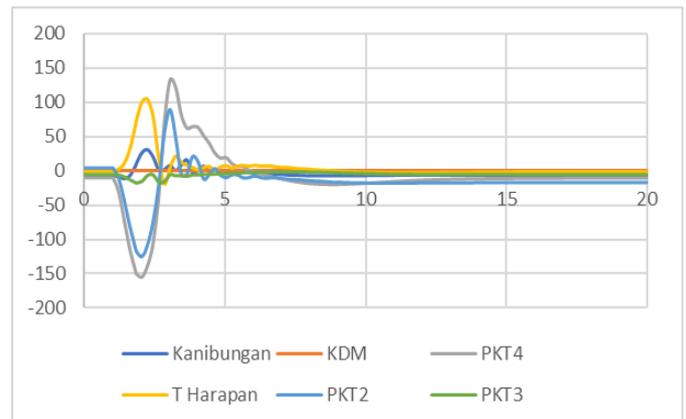
- i. **Bus Kanibungan 33kV** : Bus kanibungan incoming ring dengan level tegangan 33 kV

- ii. **Bus KDM 33kV**: Bus KDM incoming ring dengan level tegangan 33 kV
- iii. **Bus PKT4 33kV**: Bus PKT4 incoming ring dengan level tegangan 33 kV
- iv. **Bus THARAPAN 33kV**: Bus Tanjung Harapan incoming ring dengan level tegangan 33 kV
- v. **Bus PKT2 33kV**: Bus PKT2 incoming ring dengan level tegangan 33 kV
- vi. **Bus PKT3 33kV**: Bus PKT3 incoming ring dengan level tegangan 33 kV
- vii. **Bus SG-00-K5** : Bus generator kanibungan dengan level tegangan 11 kV
- viii. **KDM 11 kV** : Bus generator KDM dengan level tegangan 11 kV
- ix. **00-SG-101** : Bus generator PKT4 dengan level tegangan 11 kV
- x. **03-SG-101** : Bus generator Tanjung Harapan dengan level tegangan 11 kV
- xi. **SWGR-1** : Bus generator PKT2 dengan level tegangan 11 kV
- xii. **52-SG-101** : Bus generator PKT3 dengan level tegangan 11 kV

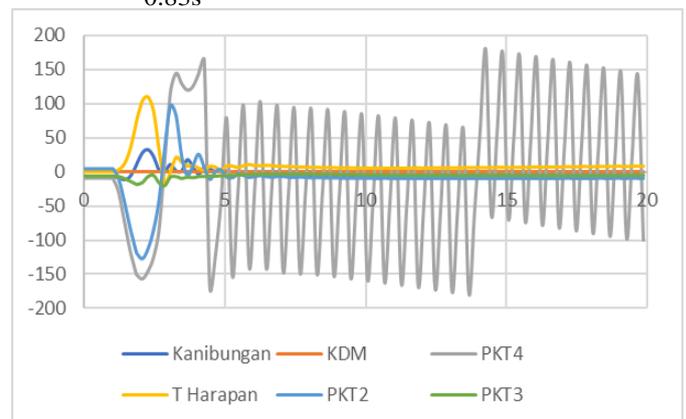
Dalam menentukan besarnya nilai CCT pada masing-masing kasus (case) akan digunakan metode *trial and error* TDS pada software simulasi. Pada simulasi ini, nantinya akan didapatkan rentang batas waktu pemutusan kritis antara waktu stabil dan tidaknya dengan cara melakukan observasi pada respon sudut rotor setiap generator saat terjadi gangguan pada tiap lokasi yang telah ditentukan sebelumnya. Pada bagian ini, akan disajikan beberapa *sample* hasil simulasi sebagai berikut:

Case CCT Tanjung Harapan: Simulasi Gangguan Bus THARAPAN 33 kV

Pada kasus ini, akan dilakukan simulasi sistem mengalami gangguan pada bus THARAPAN 33 kV pada waktu 1s dan durasi simulasi selama 20s. *Event* ini kemudian dilanjutkan dengan respon sistem untuk mengatasi gangguan tersebut pada waktu tertentu. Yang dari beberapa percobaan didapatkan CCT pada kasus ini adalah dalam rentang 0.83s-0.84s. Yang mana respon generator pada rentang waktu tersebut dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 1 Respon sudut rotor pada kasus gangguan bus THARAPAN 33 kV dengan waktu pemutusan 0.83s



Gambar 2 Respon sudut rotor pada kasus gangguan bus THARAPAN 33 kV dengan waktu pemutusan 0.84s

Dari kedua grafik diatas terlihat bahwa pada waktu pemutusan 0.83s seluruh generator masih dapat dikatakan stabil dan mampu kembali ke keadaan semula pada waktu yang relatif singkat seperti yang dapat dilihat pada gambar 4. Sedangkan pada waktu pemutusan 0.84s, seperti yang dapat dilihat pada gambar 5 generator PKT4 mengalami osilasi terus menerus dan tidak mampu kembali ke keadaan awalnya. Sehingga pada waktu tersebut generator PKT4 akan lepas sinkron dari sistem. Dan sistem harus dapat mengisolir gangguan dibawah waktu tersebut.

Dan secara keseluruhan hasil CCT yang telah diperoleh apabila dibandingkan terhadap setting waktu rele yang ada dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Perbandingan Nilai CCT dan setting rele awal

No	ID Bus	Setting Waktu Rele (sekon)	CCT (sekon)	Status
1	Kanibungan 33 kV	0.16	0.77-0.78	Aman
2	KDM 33 kV	0.16	0.65-0.66	Aman
3	PKT4 33 kV	0.16	0.88-0.89	Aman
4	THARAPAN 33 kV	0.16	0.83-0.84	Aman
5	PKT2 33 kV	0.16	0.68-0.69	Aman
6	PKT3 33 kV	0.16	0.65-0.66	Aman
7	SG-00-K5	0.56	0.49-0.50	Perlu rekomendasi
8	KDM 11 kV	0.56	0.43-0.44	Perlu rekomendasi
9	00-SG-101	0.56	0.48-0.49	Perlu rekomendasi
10	03-SG-101	0.56	0.38-0.39	Perlu rekomendasi
11	SWGR-1	0.56	0.61-0.62	Aman
12	52-SG-101	0.56	0.42-0.43	Perlu rekomendasi

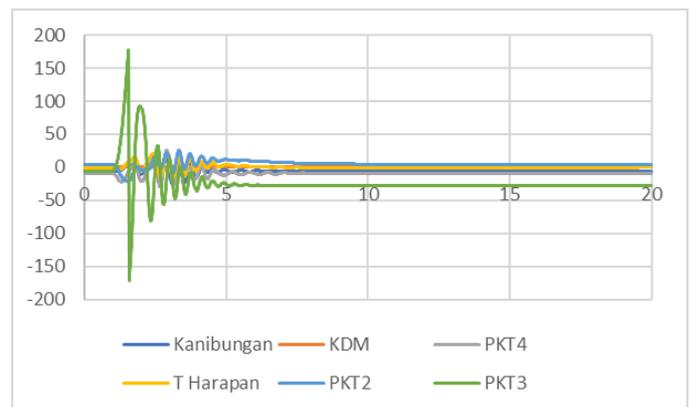
Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa pada beberapa kasus, masih ada nilai waktu yang belum memenuhi nilai CCT, diantaranya adalah kasus pada bus SG-00-K5, KDM 11 kV, 00-SG-101, 03-SG-101, dan 52-SG-101. Oleh karenanya, pada kelima bus diatas harus dilakukan upaya lain sehingga nilai setting waktunya dapat memenuhi nilai CCT yang telah ditemukan. Dalam hal ini, upaya yang ditawarkan oleh penulis adalah dengan melakukan pemasangan rele differensial bus. Dengan pertimbangan agar tidak merusak skema kordinasi proteksi yang sudah ada, dan karena *grading time* dari sistem proteksi yang ada sudahlah dalam nilai minimum yakni 0.2s. Oleh karenanya diajukan pemasangan differensial dengan setting sebagai berikut:

Tabel 2 hasil evaluasi setting dengan rele differensial

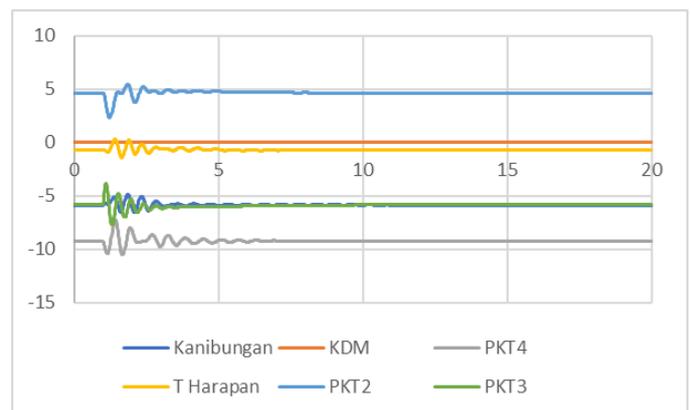
No	ID Bus	Setting Waktu Rele (sekon)	CCT (sekon)	Setting Baru Rele (sekon)
1	SG-00-K5	0.56	0.49-0.50	0.02
2	KDM 11 kV	0.56	0.43-0.44	0.02

No	ID Bus	Setting Waktu Rele (sekon)	CCT (sekon)	Setting Baru Rele (sekon)
3	00-SG-101	0.56	0.48-0.49	0.02
4	03-SG-101	0.56	0.38-0.39	0.02
5	52-SG-101	0.56	0.42-0.43	0.02

Dari setting baru rele differensial ini, diharapkan respon sistem akan menjadi stabil ketika mengalami gangguan pada bus terkait. Yang mana perbandingan respon existing dan setting baru ini akan disajikan sebagai berikut, dalam hal ini adalah contoh kasus pada PKT3 atau bus 52 SG 101:



Gambar 3 Respon sudut rotor case bus 52-SG-101 sebelum dilakukan evaluasi



Gambar 4 Respon sudut rotor case bus 52-SG-101 setelah dilakukan evaluasi

Dari kedua grafik diatas, dapat dilihat bahwa sebelum dilakukan evaluasi, respon sudut rotor generator pada area PKT 3 mengalami osilasi dengan simpangan terjauh sebesar 151,1°, secara magnitude memang belum melampaui standar, namun karena waktu ini sudah melebihi CCT yang diizinkan maka respon saat ini

adalah ketika generator telah lepas sinkron dari sistem. Pada kondisi ini tendensi generator untuk lepas sinkron sangatlah besar, dan kondisi ini lama kelamaan juga dapat berisiko terhadap bagian mekanik dari generator itu sendiri. Setelah dilakukan evaluasi dengan penambahan rele diferensial, terlihat bahwa simpangan yang terjadi pada masing-masing generator relatif jauh lebih kecil dan mampu kembali ke keadaan *steady state* nya.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari tugas akhir ini, setelah CCT pada masing-masing case ditemukan dan dilakukan komparasi dengan setting rele yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada PT. Pupuk Kalimantan Timur di bus dengan level tegangan 11 kV dan 33 kV, ditemukan 5 bus yang masih terdapat *setting* rele yang belum memenuhi nilai CCT sehingga memerlukan evaluasi.
2. CCT yang didapatkan pada kasus gangguan 33kV lebih baik nilainya ketimbang pada kasus gangguan di bus generator 11 kV.
3. Semakin besar perubahan beban yang terjadi, maka akan semakin sulit bagi generator untuk mengikuti
4. CCT sangat dipengaruhi oleh besarnya gangguan dan setting kontroler generator
5. Pemasangan rele diferensial memang membutuhkan investasi lebih, namun dapat memperpanjang usia peralatan karena saat terjadi gangguan dapat mengisolir dengan cepat

Saran

Berdasarkan hasil yang di dapat dari tugas akhir ini, penulis dapat memberikan beberapa saran antara lain:

1. Sebaiknya dilakukan penambahan rele diferensial bus pada area yang membutuhkan evaluasi
2. Sebaiknya dalam melakukan *setting* proteksi sistem juga mempertimbangkan *transient stability*