

Analisa Alarm pada Device Proteksi Generator dan Transformmer PLTU Jawa 7 Terhadap Grounding Fault yang Terjadi di SUTET Outline LBE Line I 500kV

Ahmad Ilham Kamal¹, Nur Rahma Dona¹

¹PT. GHPJB, O&M PLTU JAWA 7, Desa Terate, Kramatwatu, Serang, Banten.

Informasi Artikel

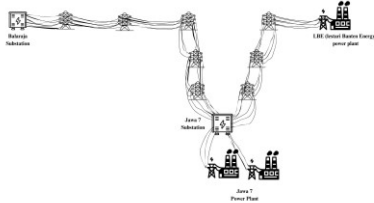
Naskah Diterima : 1 Okt. 2023

Direvisi : 11 November 2023

Disetujui : 5 Desember 2023

***Korespodensi Penulis :**
ahmadilham.kamal@gmail.com

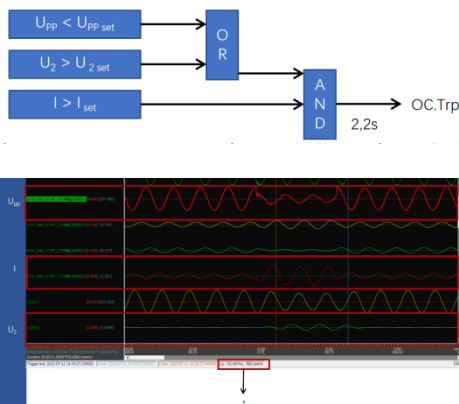
Graphical abstract



Abstract

In every PLN 500kV grid system power plant in Jamali (Java-Madura-Bali) it is connected in parallel between the generators with a substation as a connector. The function of the substation itself is to equalize the voltage between generators. The case in this journal is the 500kV grid and also functions as a breaker area when a disturbance (short circuit) occurs at a certain point, which will make the 500kV system remain reliable so that it can always distribute electricity to consumers. Analysis of alarms in the generator protection system when a disturbance occurs on the outside of the power plant functions to ensure that the protection equipment in the unit is functioning normally or not, and functions to ensure that the fault location point is not in the internal electrical system of the power plant, and also functions to ensure that the outline protection relay is working, normally according to calculations and design.

Keywords: Relay, Protection, Grid, parallel, Reliable



Abstrak

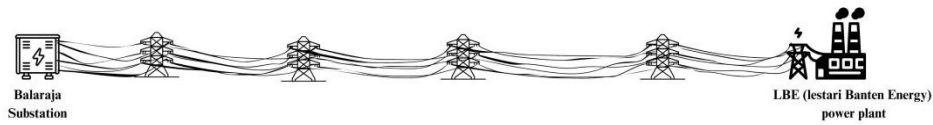
Pada setiap pembangkit listrik sistem grid 500kV PLN yang ada di jamali (jawa-madura-bali) tersambung secara paralel antar pembangkit dengan perantara gardu induk sebagai konektor, adapun fungsi gardu induk sendiri adalah menyamakan tegangan antar pembangkit kasus dalam jurnal ini adalah grid 500kV dan juga berfungsi sebagai area pemutus pada saat terjadi gangguan (hubung singkat) pada titik tertentu, yang nantinya membuat sistem 500kV tetap handal untuk selalu bisa mendistribusikan listrik kepada para konsumen. Analisa alarm pada sistem proteksi pembangkit saat terjadi gangguan di sisi luar pembangkit berfungsi untuk memastikan alat proteksi dalam unit berfungsi dengan normal atau tidak, dan berfungsi untuk memastikan titik lokasi gangguan bukanlah berada di sistem kelistrikan internal pembangkit, dan juga berfungsi untuk memastikan relai proteksi outline berkerja dengan normal sesuai dengan kalkulasi dan design.

Kata kunci: Relai, Proteksi, Grid, Paralel, Handal

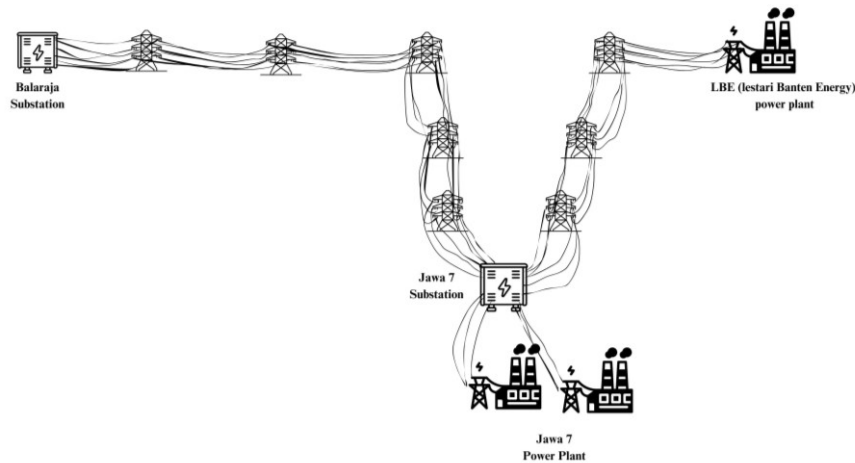
© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

PLTU Jawa 7 terletak di ujung utara Banten tepatnya berada di Jalan Raya Bojonegara, Desa Terate, Kec. Kramatwatu, Kab. Serang, Banten. PLTU Jawa 7 mempunyai 2 unit masing-masing unit memiliki kapasitas sebesar 1000MW yang didistribusikan melalui grid 500kV PLN menuju para konsumen. Adapun interkoneksi PLTU Jawa 7 dengan PLN memotong jalur 500kV LBE-Balaraja yang sebelumnya sudah ada.



Gambar 1. Skema SUTET 500kV LBE-Balaraja sebelum ada PLTU jawa 7



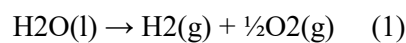
Gambar 2. Skema SUTET 500kV LBE-Balaraja setelah ada PLTU jawa 7

Pada tanggal 11 juli 2022 pukul 14:29 terjadi arus hubung singkat pada SUTET 500kV untuk LBE Line I. Adapun gangguannya berupa hubung singkat fase T ke tanah. Setelah dilakukan pengecekan oleh pihak transmisi PLN ditemukan adanya pembakaran rumput tepat dibawah SUTET 500kV LBE Line I.

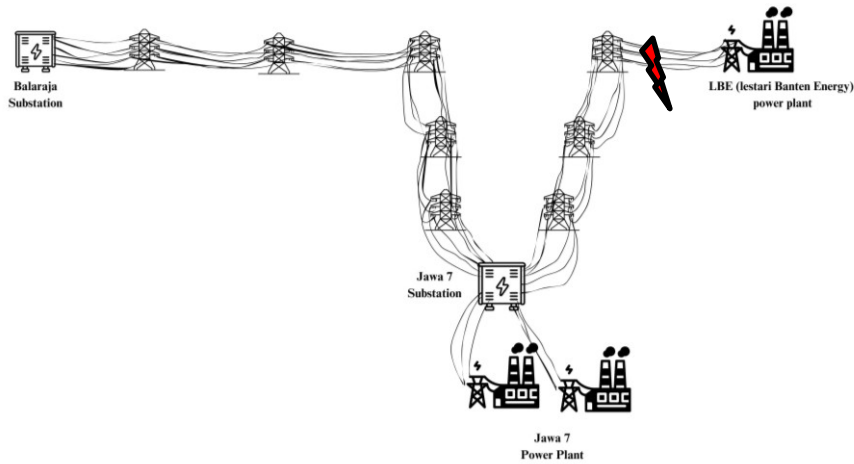


Gambar 3. Foto pembakaran rumput dekat SUTET

Pembakaran pada rumput dekat dengan tegangan tinggi sangat berpotensi terjadinya hubung singkat hal ini dikarenakan gas hasil pembakaran rumput mengandung ion-ion bebas terlebih lagi didalam pembakan tumbuhan pastilah terjadi proses penguapan air dan juga eksitasi unsur H₂ dan O₂, berikut reaksi kimia penguapan air:

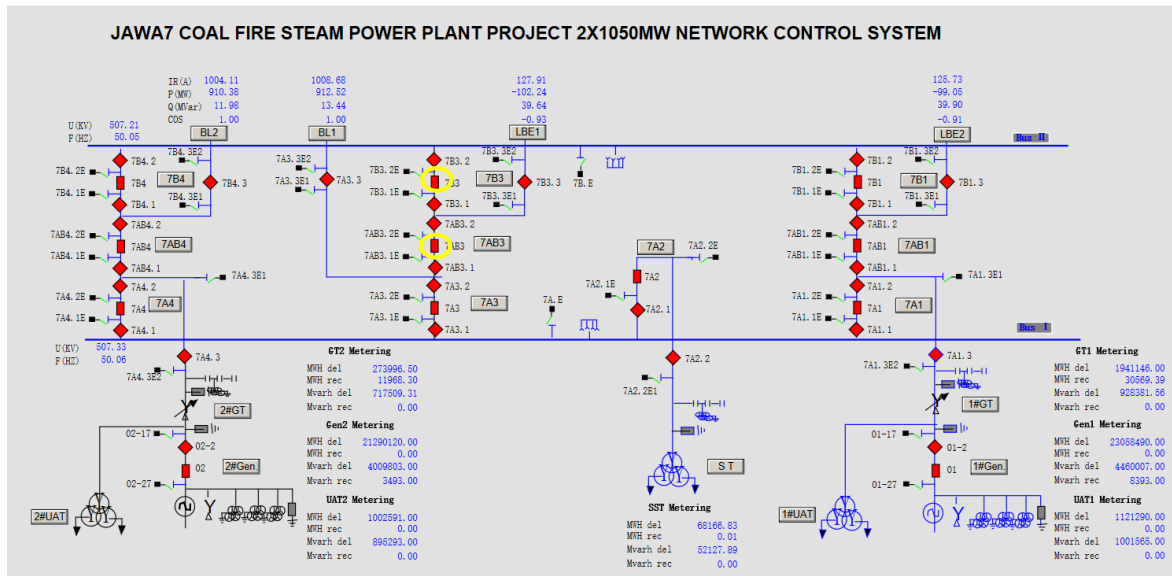


Pada proses pembakaran tersebut pastinya tidak langsung berikatan menjadi unsur stabil H₂ dan O₂ masih ada ion-ion bebas H⁺ dan O²⁻, dimana ion-ion bebas ini sebagai penghantar listrik dari SUTET ke tanah dan terjadilah arus hubung singkat. Adapun gambaran posisi titik arus hubung singkat sebagai berikut:



Gambar 4. Gambaran titik lokasi kejadian pada icon petir merah

Tepat pada saat terjadi hubung singkat circuit breaker gardu induk jawa 7 untuk outgoing line ke arah LBE line I Trip yaitu CB 7B3 dan CB 7AB3 karena aktifnya distance protection dan line current differential protection adapun single line diagram di gardu induk jawa 7 sebagai berikut:



Gambar 5. SLD GI jawa 7 yang bertipe 3/2 breaker dan CB yg dilingkari kuning adalah CB yg trip ketika gangguan

Saat gangguan terjadi Kondisi device proteksi dalam unit pembangkit mengalami trigger alarm karena parameter yang sudah mencapai setting value proteksi tetapi belum memenuhi parameter setting time delay.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi dalam penulisan ini menggunakan studi literatur dan observasi pada peralatan yang sebenarnya, mendownload parameter yang terekam oleh alat disturbance fault recorder dan

melakukan power grid wave disturbance alaysis menggunakan software designer dari manufacture proteksi “NARI”, serta menggabungkan dengan studi literatur dari manual book equipment proteksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

pada bab ini akan dipaparkan analisa alarm pada setiap perlatan proteksi yang ada di unit pembangkit, adapun nilai parameter yg digunakan disini adalah nilai di seconday circuit, tidak memakai nilai pada primary circuit. Dimana niali secondary adalah nilai yang masuk ke dalam device proteksi dan telah dikecilkan dari sisi primary menggunakan rasio CT (current transformer) atau rasio PT (potential Transformer).

3.1 Analisa Alarm pada Proteksi Main Transformer

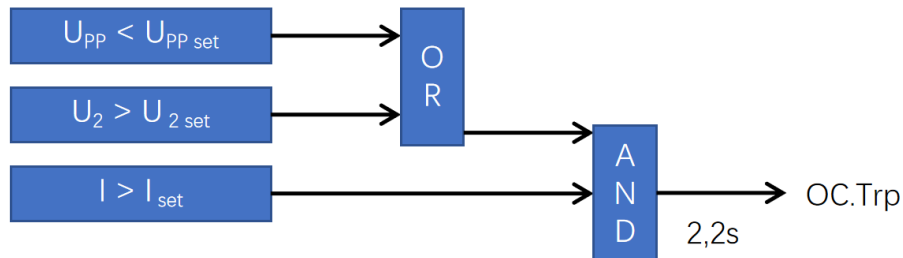
3.1.1 Main Transformer High Voltage Side Over-current Protection Alarm

Setting value untuk proteksi Main Transformer High Voltage Side Over-current Protection Alarm adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Setting Value Main Transformer High Voltage Side Over-current Protection

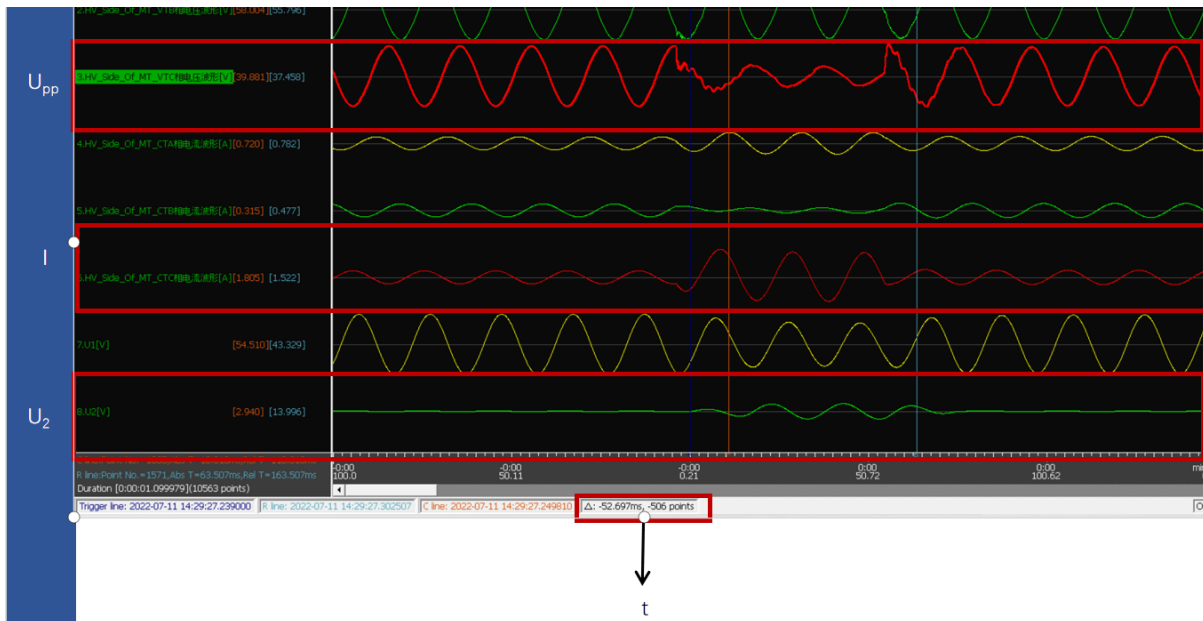
Parameter	Setting value
$U_{pp\ set}$ Phase to phase voltage setting(V)	70
$U_{2\ set}$ negative sequence voltage setting(V)	4
I_{set} Over-current setting(A)	0,74
t_{set} time delay setting(s)	2,2

Selain setting value syarat dalam pengaktifan suatu proteksi ada juga logiknya, dalam logic ada yang namanya gerbang “or” dan “and”, gerbang “or” berfungsi apabila salah satu kriteria terpenuhi maka logic tersebut berlanjut sedangkan gerbang “and” mengharuskan semua kriteria terpenuhi untuk keberlanjutan alur logic, adapun logic proteksi untuk main transformer high voltage side over-current protection adalah sebagai berikut:



Gambar 6. logic main transformer high voltage side over-current protection

Untuk memenuhi logic dan mengaktifkan over-current protection logic pertama adalah tegangan antar fasa harus lebih kecil dari setting atau tegangan negative sequence lebih besar dari setting maka logic berlanjut bertemu dengan gerbang “and” maka harus terpenuhi kriteria yang lain yaitu arusnya harus lebih besar dari arus setting juga semua terpenuhi maka berlanjut untuk memenuhi time delay selama 2,2s, jika time delay juga terpenuhi maka aktiflah proteksi OC. Berikut adalah analisa gangguan pada main transformer high voltage side over-current protection:



Gambar 7. analisa wave main transformer high voltage side over-current protection menggunakan software designer “NARI”

Upp C phase : $37,45V < 40V_{\text{setting}}$; $40 \times \sqrt{3} = 69,282V$ (setting terpenuhi)

U 2 : $13,99V > 4V_{\text{setting}}$ (setting terpenuhi)

I : $1,805A > 0,74A_{\text{setting}}$ (setting terpenuhi)

t : $52,697ms = 0,05269s < 2,2s_{\text{setting}}$ (**setting tidak terpenuhi**)

Karena titik gangguan berhasil diisolasi dengan cepat dan baik oleh proteksi yg ada di gardu induk jawa 7 dengan memutuskan CB 7B3 dan 7AB3 maka time delay tidak terpenuhi, proteksi Main Transformer High Voltage Side Over-current berkerja sebagai mana mestinya, hanya mentrigger alarm tidak sampai aktif.

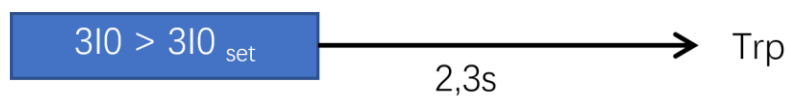
3.1.2 Main Transformer High Voltage Side Grounding Protection Alarm

Setting value untuk proteksi Main Transformer High Voltage Side Over-current Protection Alarm adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Setting Value Main Transformer High Voltage Side Grounding Protection

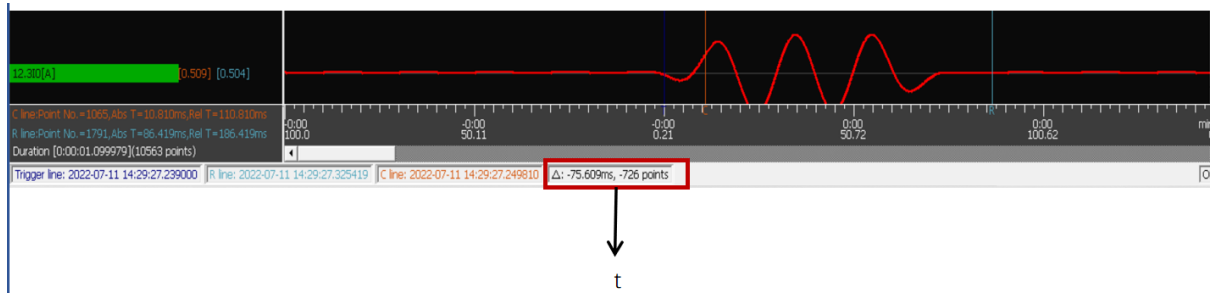
Parameter	Setting value
$3I_{0\text{set}}$ Zero sequence current setting(A)	0,5
t_{set} time delay setting(s)	2,3

adapun logic proteksi untuk main transformer high voltage side grounding protection adalah sebagai berikut:



Gambar 8. logic main transformer high voltage side grounding protection

Untuk memenuhi logic dan mengaktifkan Grounding protection logic kriteria yang harus dipenuhi adalah zero sequence current harus lebih besar dari setting dan time delay 2,3s. Berikut adalah analisa gangguan pada main transformer high voltage side grounding protection:



Gambar 9. analisa wave main transformer high voltage side Grounding protection menggunakan software designer “NARI”

$3I_0 : 0,504A > 0,50A_{\text{setting}}$ (setting terpenuhi)

$t : 75,609 \text{ ms} = 0,075\text{s} < 2,3s_{\text{setting}}$ (setting tidak terpenuhi)

Karena titik gangguan berhasil diisolasi dengan cepat dan baik oleh proteksi yg ada di gardu induk jawa 7 dengan memutuskan CB 7B3 dan 7AB3 maka time delay tidak terpenuhi, proteksi Main Transformer High Voltage Side Grounding berkerja sebagai mana mestinya, hanya mentrigger alarm tidak sampai aktif.

3.2 Analisa Alarm pada Proteksi Generator

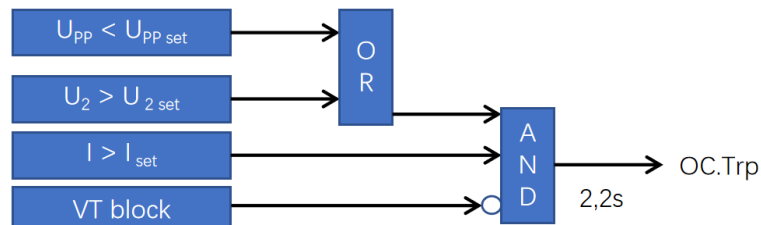
3.2.1 Generator Over-current Protection Alarm

Setting value untuk proteksi generator Over-current Protection Alarm adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Setting Value Generator Over-current Protection

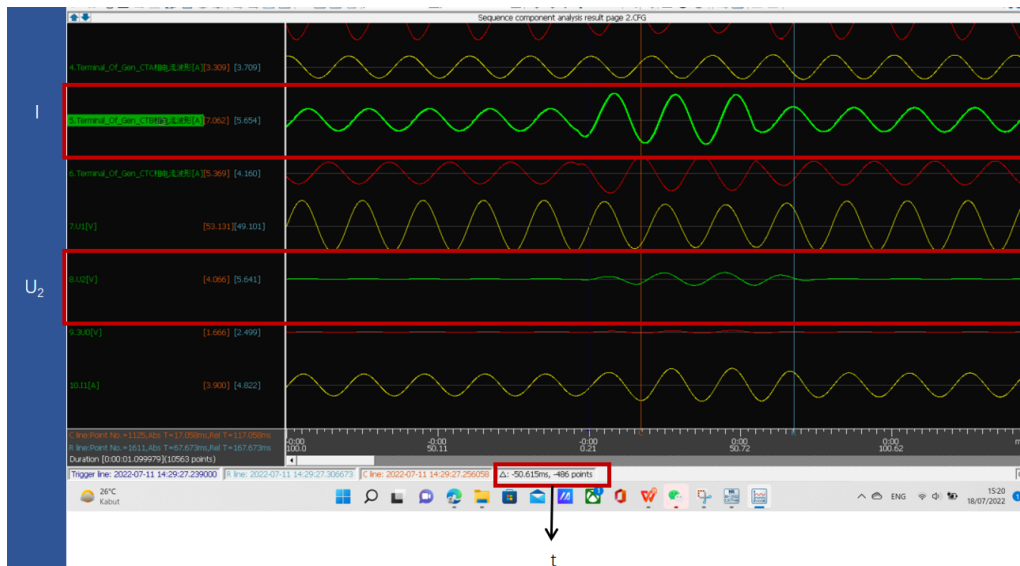
Parameter	Setting value
$U_{pp \text{ set}}$ Phase to phase voltage setting(V)	60
$U_2 \text{ set}$ negative sequence voltage setting(V)	4
I_{set} Over-current setting(A)	5,6
t_{set} time delay setting(s)	1,9

adapun logic proteksi untuk Generator over-current protection adalah sebagai berikut:



Gambar 10. logic Generator Over-current protection

Untuk memenuhi logic dan mengaktifkan over-current protection logic pertama adalah tegangan antar fasa harus lebih kecil dari setting atau tegangan negative sequence lebih besar dari setting maka logic berlanjut bertemu dengan gerbang “and” maka harus terpenuhi kriteria yang lain yaitu arusnya harus lebih besar dari arus setting, di proteksi generator over-current ada tambahan kriteria PT/VT broken block jika PT/VT mengalami kerusakan akan memblokir proteksi ini, jika semua telah terpenuhi maka berlanjut untuk memenuhi time delay selama 2,2s, jika time delay juga terpenuhi maka aktiflah proteksi OC. Berikut adalah analisa gangguan pada Generator Over-current protection:



Gambar 11. analisa wave Generator Over-current protection menggunakan software designer “NARI”

Upp C phase : $43,8V > 34,641V_{\text{setting}}$; $34,641 \times \sqrt{3} = 60V$ (**setting tidak terpenuhi**)

U 2 : $5,6 > 4V_{\text{setting}}$ (**setting terpenuhi**)

I : $7,06A > 5,6A_{\text{setting}}$ (**setting terpenuhi**)

t : $52,697ms = 0,052s < 1,9s_{\text{setting}}$ (**setting tidak terpenuhi**)

Karena titik gangguan berhasil diisolasi dengan cepat dan baik oleh proteksi yg ada di gardu induk jawa 7 dengan memutuskan CB 7B3 dan 7AB3 maka time delay tidak terpenuhi, proteksi Generator over-current berkerja sebagai mana mestinya, hanya mentrigger alarm tidak sampai aktif.

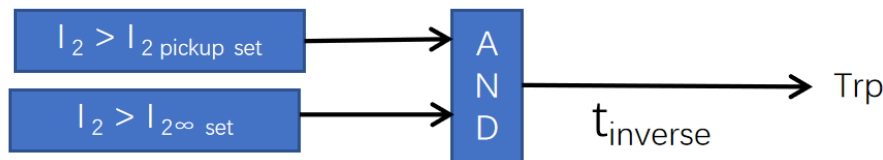
3.2.2 Generator Negative-current Overload Protection Alarm

Setting value untuk proteksi generator Negative-current Overload Protection Alarm adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Setting Value Generator Negative-current Overload Protection

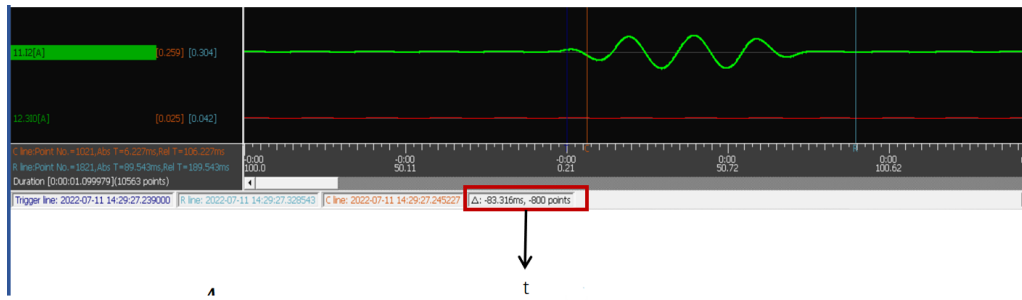
Parameter	Setting value
$I_{b \text{ set}}$ Rated Current setting(A)	4,09
$I_{2 \text{ pickup set}}$ negative sequence current setting(A)	0,26
$I_{2\infty \text{ set}}$ Negative-current continue allowable setting(A)	0,25
t_{set} time delay setting(s)	Time inverse($t = A / ((I_2/I_b)^2 - (I_{2\infty}/I_b)^2)$)
A Thermal Coefficient	5

adapun logic proteksi untuk main transformer high voltage side over-current protection adalah sebagai berikut:



Gambar 12. logic Generator Negative-current Overload protection

Untuk logic proteksi ini harus memenuhi 2 kriteria yaitu negative-currentnya melebihi pickup setting dan juga melebihi setting allowable operasi terus setelah keduanya terpenuhi lalu akan trip sesuai time delay karena di proteksi ini time delaynya berupa time inverse dan berdasarkan rumusnya maka bergantung pada besarnya arus negatif pada generator makin besar arus negatifnya makin cepat pula time delaynya. Berikut adalah analisa gangguan pada Generator Negative-current overload protection:



Gambar 13. analisa wave Generator Negative-current overload protection menggunakan software designer “NARI”

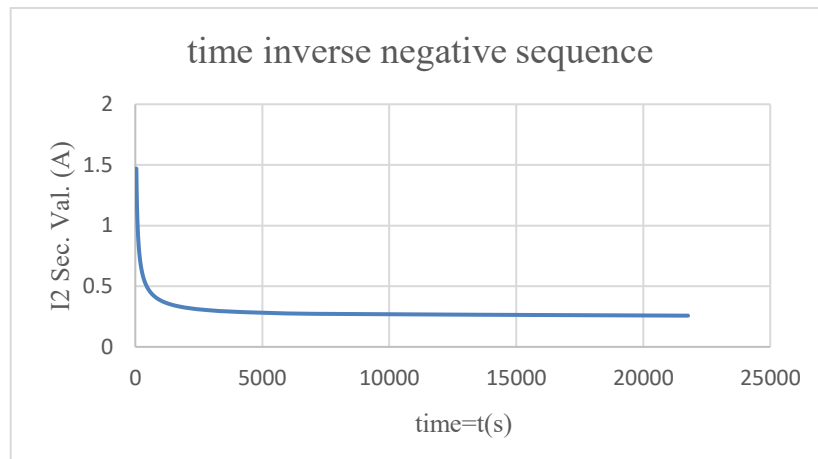
$I_{2pickup}: 0,305A-2,65A > 0,26A_{setting}$ (setting terpenuhi)

$I_{2highest}: 2,65A$

$t = A / ((I_2/I_b)^2 - (I_{2\alpha}/I_b)^2) = 5 / ((2,65/4,09)^2 - (0,25/4,09)^2) = 12,01731...s$

time delay for the highest I_2 that occur is 12,01731s

t inverse : $0,083s < 12,01731s_{t\ inverse}$ (setting tidak terpenuhi)



Gambar 14. Kurva Time Inverse untuk Proteksi Generator Negative-current Overload

Karena titik gangguan berhasil diisolasi dengan cepat dan baik oleh proteksi yg ada di gardu induk jawa 7 dengan memutuskan CB 7B3 dan 7AB3 maka time delay tidak terpenuhi, proteksi Generator negative-current overload berkerja sebagai mana mestinya, hanya mentrigger alarm tidak sampai aktif.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Hasil analisa data parameter dari disturbance fault recorder dengan mengkomparasi setting value dan juga logic proteksi kita dapati, yaitu:

- Semua alarm proteksi pembangkit (generator & Transformer) yang tertrigger adalah normal karena semua parameter sudah terpenuhi settingnya hanya belum tercapai time delay.
- Bisa dipastikan peralatan proteksi pada pembangkit bekerja sebagaimana mestinya tidak ada misoperasi.
- Terkonfirmasi sistem proteksi pada gardu induk jawa 7 berkerja dengan cepat, efektif, dan handal dan dapat mengisolasi gangguan dengan cepat dan tepat sehingga listrik 500kV tetap bisa tersalurkan ke gardu induk balaraja melalui line II.
- Kalkulasi, desain, dan juga QC sistem proteksi pada saat periode EPC pembangkit jawa 7 terlaksana dengan baik dan sesuai.

REFERENSI

- [1] Mohamed A. Ibrahim, *Disturbance Analysis for Power System*, 2012, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] “Generator Negative-sequence Overload Protection (46G) and Generator Phase Over-current Protection (Gen. 50/51P),” in PCS-985GI Generator Relay Instruction Manual, . Nanjing: NR Electric Co., Ltd. 2018, pp. 3.151-3.157& pp. 3.183-3.192.
- [3] “Main Transformer Phase Over-current Protection (50/51P) and Main Transformer Ground Over-current Protection (50/51G),” in PCS-985TI Transformer Relay Instruction Manual, . Nanjing: NR Electric Co., Ltd. 2018, pp. 3.71-3.83& pp. 3.88-3.97.
- [4] Sriyanto, W. *Konsep Dasar Perubahan Entalpi*, *Kimia Kelas XI*. 2020. Modul Kimia Kelas XI. Direktorat SMA, Direktorat Jendral PAUD, DIKNAS dan DIKMEN.