LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Penelitian Tugas Akhir

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 (UNTAG) SURABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
Kampus : Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya 60118 Telp. +62 31 5931800 (hunting) Fax, +62 31 5927817
- Program Studi Teknik Elektro
- Program Studi Teknik Informatika
- Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi
- Program Studi Teknik Robotika & Kecerdasan Buatan
Homepage : fteic.untag-sby.ac.id Email : fteic@untag-sby.ac.id

Nomor : **154/K/FTEIC/Akd/XI/2025** Surabaya, 03 November 2025
Lampiran : -
Perihal : **Penelitian Tugas Akhir**

Kepada Yth : **PT. PLN (Persero) UPT Probolinggo**
Jl. Hos Cokroaminoto No. 947 Kanigaran Probolinggo

Dengan hormat,
Sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada program Strata 1, maka mahasiswa/mahasiswi diwajibkan untuk melakukan **Penelitian Tugas Akhir** sebagai penerapan teori dan praktek yang diperoleh selama masa studinya.
Sehubungan dengan hal tersebut, maka dengan ini kami mohon Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan ijin kepada mahasiswa/mahasiswi sebagai berikut :

No	Nama	NBI	EMAIL	No.HP
1.	Pungky Setiawan	1452300064	menjessip@gmail.com	082132693096

Program Studi Teknik Elektro
Guna melaksanakan **Penelitian Tugas Akhir** di :

"PT. PLN (Persero) UPT Probolinggo"

yang akan dimulai pada : **November 2025 s/d Februari 2026**
Demikian permohonan kami, atas perkenannya disampaikan terima kasih.

Dekan,

Ir. Arry [illegible] Andriawan, S.T., M.T.
NPP. 20450.03.0558

Lampiran 2. Surat Persetujuan Penelitian Tugas Akhir

UIT JBM
UPT PROBOLINGGO

Nomor : 1598/STH.01.04/F34040000/2025 5 November 2025
Lampiran : 1 Lembar
Sifat : Segera - Biasa
Hal : Persetujuan Permohonan Izin Penelitian Tugas Akhir

Kepada

Yth. UNIVERSITAS 17 AGUSTUS
1945 SURABAYA
Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya

Menunjuk surat Saudara nomor 154/K/FTEIC/Akd/XI/2025 perihal Permohonan Penelitian untuk Tuga Akhir pada PT PLN (Persero) UPT Probolinggo, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin Mahasiswa Saudara sebagai berikut:

NO	NAMA	NIM	UNIT PENELITIAN
1.	Pungky Setiawan	14523000564	Wilayah UPT Probolinggo

untuk melakukan Penelitian Tugas Akhir di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Probolinggo pada tanggal 01 November 2025 s.d 28 Februari 2026 (jam kerja), dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa/Siswa wajib membawa APD sendiri berupa wearpack (bila ada), sepatu safety, helm safety warna kuning;
2. Mahasiswa/Siswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan/ketentuan yang berlaku di PT PLN (Persero) sehingga faktor-faktor kerahasiaan harus benar-benar diutamakan.
3. Mahasiswa/Siswa melakukan Safety Breafing yang akan di pimpin oleh TL K3 DAN KAM pada masing-masing unit penempatan atau yang mewakili;
4. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan, dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT PLN (Persero) UPT Probolinggo.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT PLN (Persero) UPT Probolinggo ASMAN KEU & MUM.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

MANAGER UNIT PELAKSANA
TRANSMISI PROBOLINGGO,

BUDI SANTOSO

Tembusan:

1. MUL ULTG (BANGIL) ULTG BANGIL PLN
2. TL HAR PROT MTR OTO TRANS GI ULTG BANGIL PLN

JL. HOS COKROAMINOTO NO.947, KANIGARAN, KEC. KANIGARAN, KOTA PROBOLINGGO, JAWA TIMUR
T -
F - W -

PUNGKY SETIAWAN/05 November 2025 14:16:22/cetakan ke - 1

SALINAN

Lampiran 3. Surat Rekomendasi Seminar Progres Tugas Akhir

FAKULTAS TEKNIK – PRODI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

SURAT REKOMENDASI
SEMINAR PROGRES TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing dari Mahasiswa :

Nama	:	PUNGKY SETIAWAN
NIM	:	1452300064
Bidang Keahlian	:	Sistem Tenaga/ ~~Elektronika~~
Judul TA	:	ANALISIS KINERJA RELAY CIRCUIT BREAKER FAILURE MCTI40 PADA BAY BULUKANDANG DI GIS 150KV BANGIL

Menerangkan bahwa Mahasiswa yang bersangkutan mengambil TUGAS AKHIR dibawah bimbingan saya. Untuk itu, saya sebagai Dosen Pembimbing/ Co-Pembimbing menyetujui mahasiswa tersebut dan dapat diberikan kesempatan menempuh SEMINAR PROGRES TUGAS AKHIR Semester GENAP 2025 / 2026.

Surabaya, 3 April 2026
Mengetahui/ Menyetujui

Dosen Pembimbing,	Dosen Co-Pembimbing,
(Ir. Gatut Budiono, M.Sc.)	(Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T)
NPP. xxxxxxxx	NPP. 0724099601

Nomor HP yang bisa dihubungi :
082132693096

***Coret yang tidak perlu**

Lampiran 4. Kartu Asistensi Bimbingan Tugas Akhir

PROGRAM STUDI - TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

KARTU ASISTENSI

PRAKT./TUGAS : _____ NAMA : Rangky Setiawan

N.B.I. : 14523000 69

SEMESTER/THN : _____ PEMBIMBING : _____

NO.	TANGGAL	MATERI/KOMENTAR/SARAN	TTD. PEMBIMBING
	13 Nov 2025	Komparasi CBF	
	17 Nov 2025	Hitung SC pada Bay gangguan	
	2 April 2025	Buat SLD ETAP	
	2 April 2025	Masukkan Parameter pada ETAP	
	2 April 2025	Logika CBF dan Teori HS	
	25 Mei 2026	Revisi Artikel ke-1	
	04 Juni 2026	Revisi Artikel ke-2	
	09 Juni 2026	Revisi Perhitungan Efault	
	10 Juni 2026	Review akhir	

POTONG DISINI

BUKTI PENYELESAIAN TUGAS (untuk mahasiswa)
* Di foto copy, masukkan ke kotak nilai

NILAI:

PRAKT/TUGAS .....

SEMESTER/THN .....

NAMA : .....

NBI : .....

PRAKT/JUDUL TUGAS : .....

.....

.....

Tanggal,
DOSEN PEMBIMBING

( )

BUKTI PENYELESAIAN TUGAS (untuk jurusan)

NILAI:

PRAKT/TUGAS .....

SEMESTER/THN .....

NAMA : .....

NBI : .....

PRAKT/JUDUL TUGAS : .....

.....

.....

Tanggal,
DOSEN PEMBIMBING

( )

PERHATIAN : PENGISIAN DATA DIKETIK !!!

Lampiran 5. Surat Rekomendasi Seminar dan Sidang Tugas Akhir

FAKULTAS TEKNIK – PRODI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

SURAT REKOMENDASI
SIDANG TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing dari Mahasiswa :

Nama	:	PUNGKY SETIAWAN
NIM	:	1452300064
Bidang Keahlian	:	Sistem Tenaga/ ~~Elektronika~~
Judul TA	:	ANALISIS KINERJA *RELAY CIRCUIT BREAKER FAILURE* MCTI40 PADA BAY BULUKANDANG DI GIS 150KV BANGIL

Menerangkan bahwa Mahasiswa yang bersangkutan mengambil TUGAS AKHIR dibawah bimbingan saya. Untuk itu, saya sebagai Dosen Pembimbing/ Co-Pembimbing menyetujui mahasiswa tersebut dan dapat diberikan kesempatan menempuh SIDANG TUGAS AKHIR Semester GENAP 2025 / 2026.

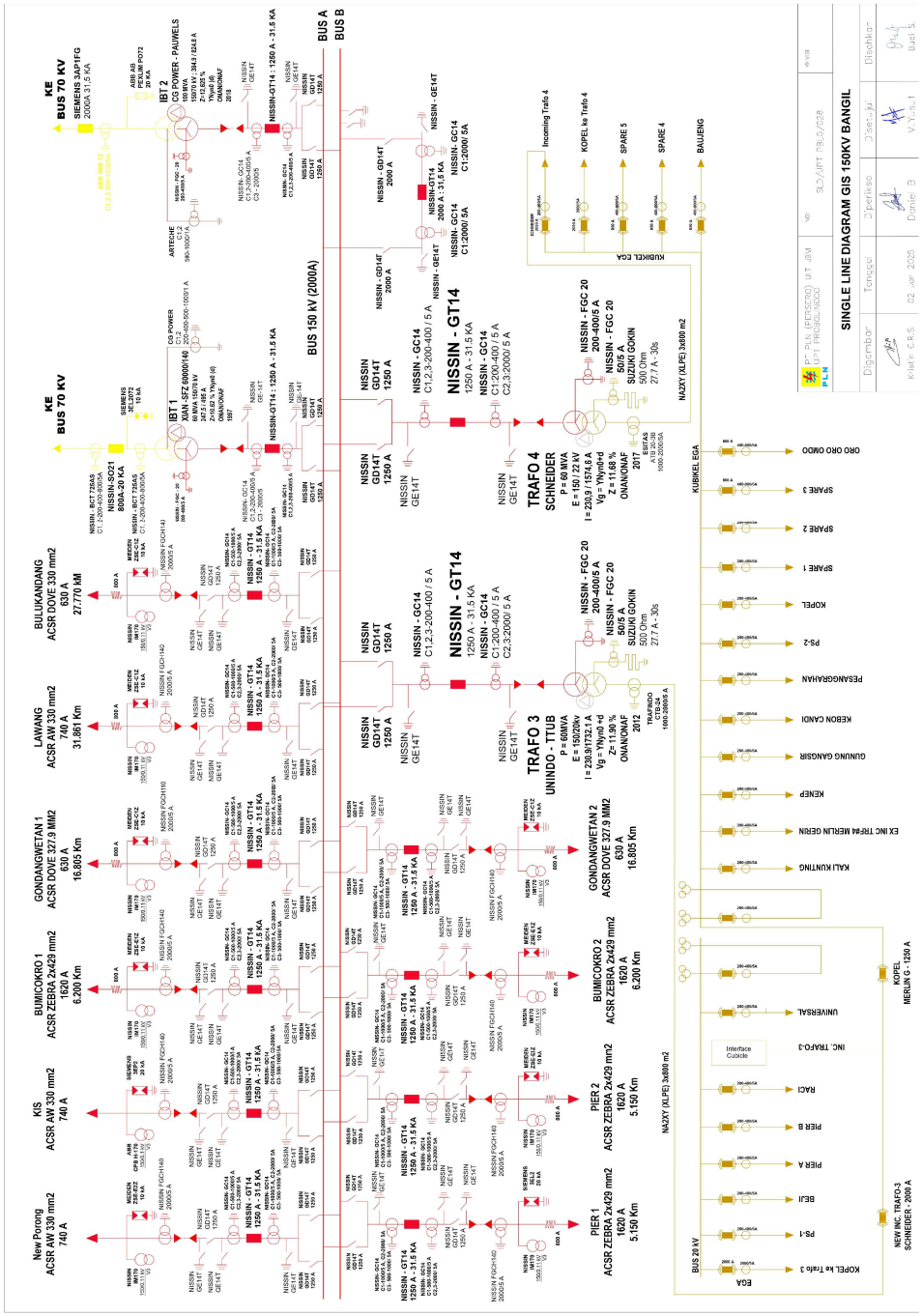
Surabaya, 4 Juni 2026
Mengetahui/ Menyetujui

Dosen Pembimbing,	Dosen Co-Pembimbing,
(Ir. Gatut Budiono, M.Sc.)	(Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T)
NPP. xxxxxxxx	NPP. 0724099601

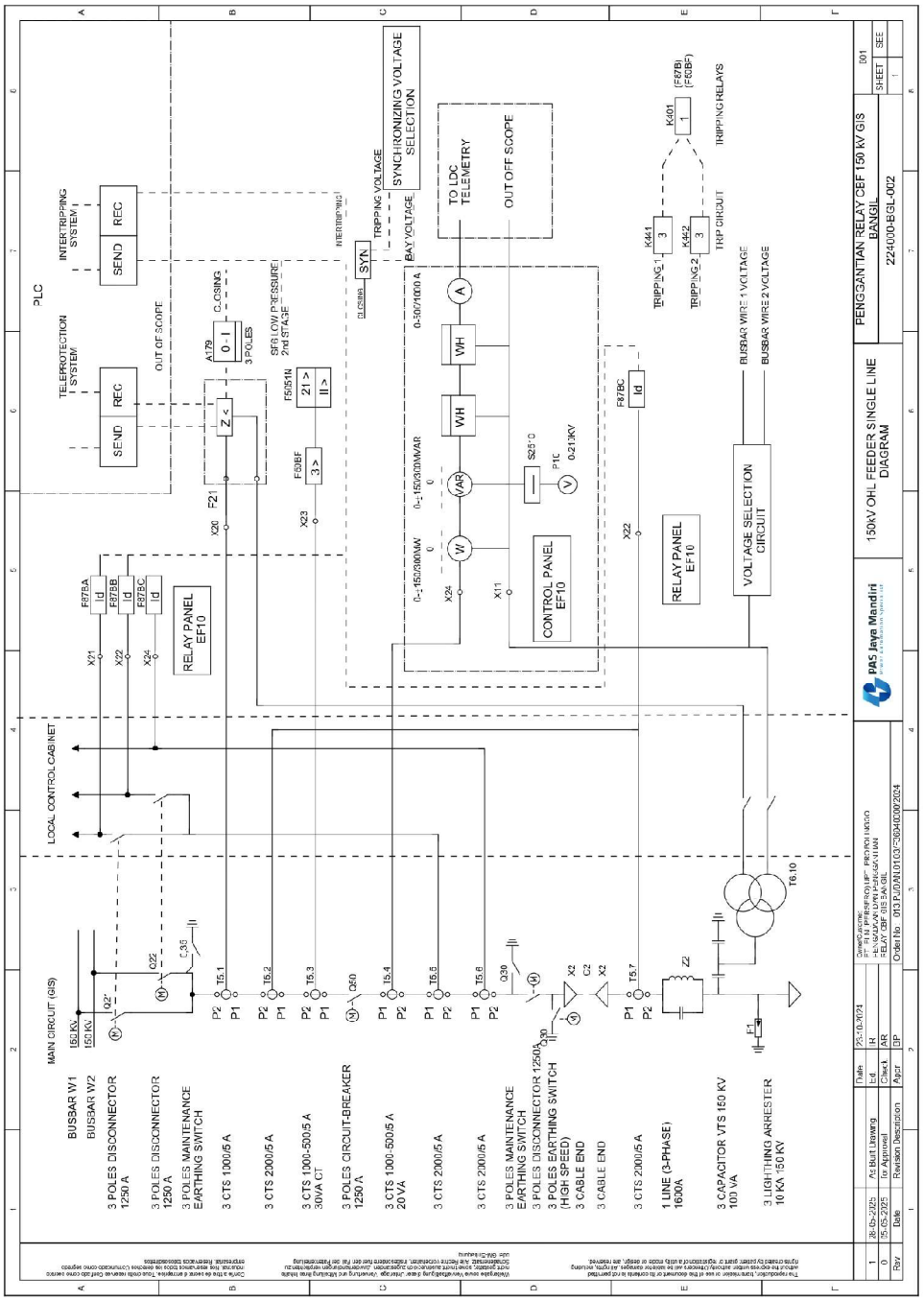
Nomor HP yang bisa dihubungi:
082132693096

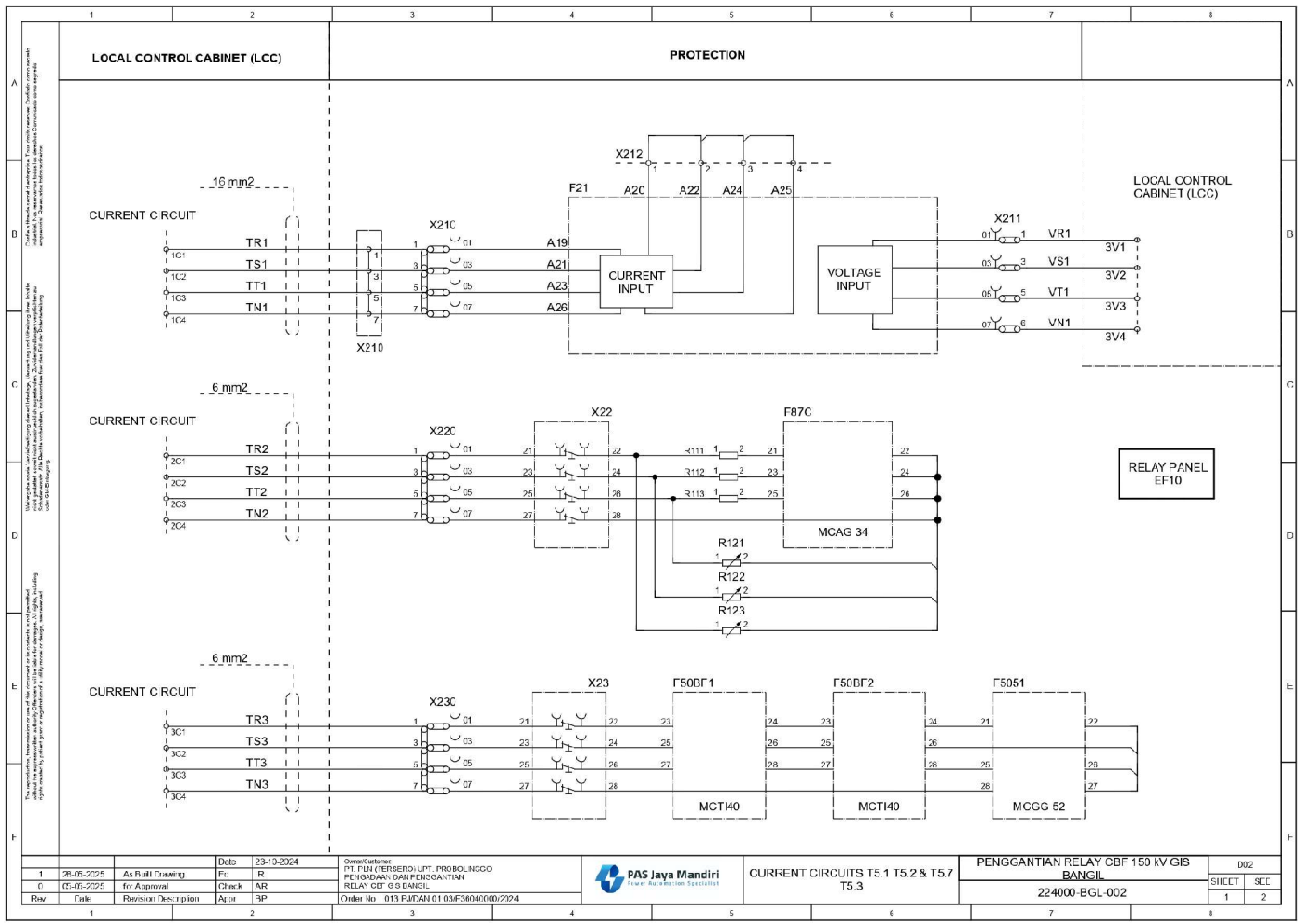
*Coret yang tidak perlu

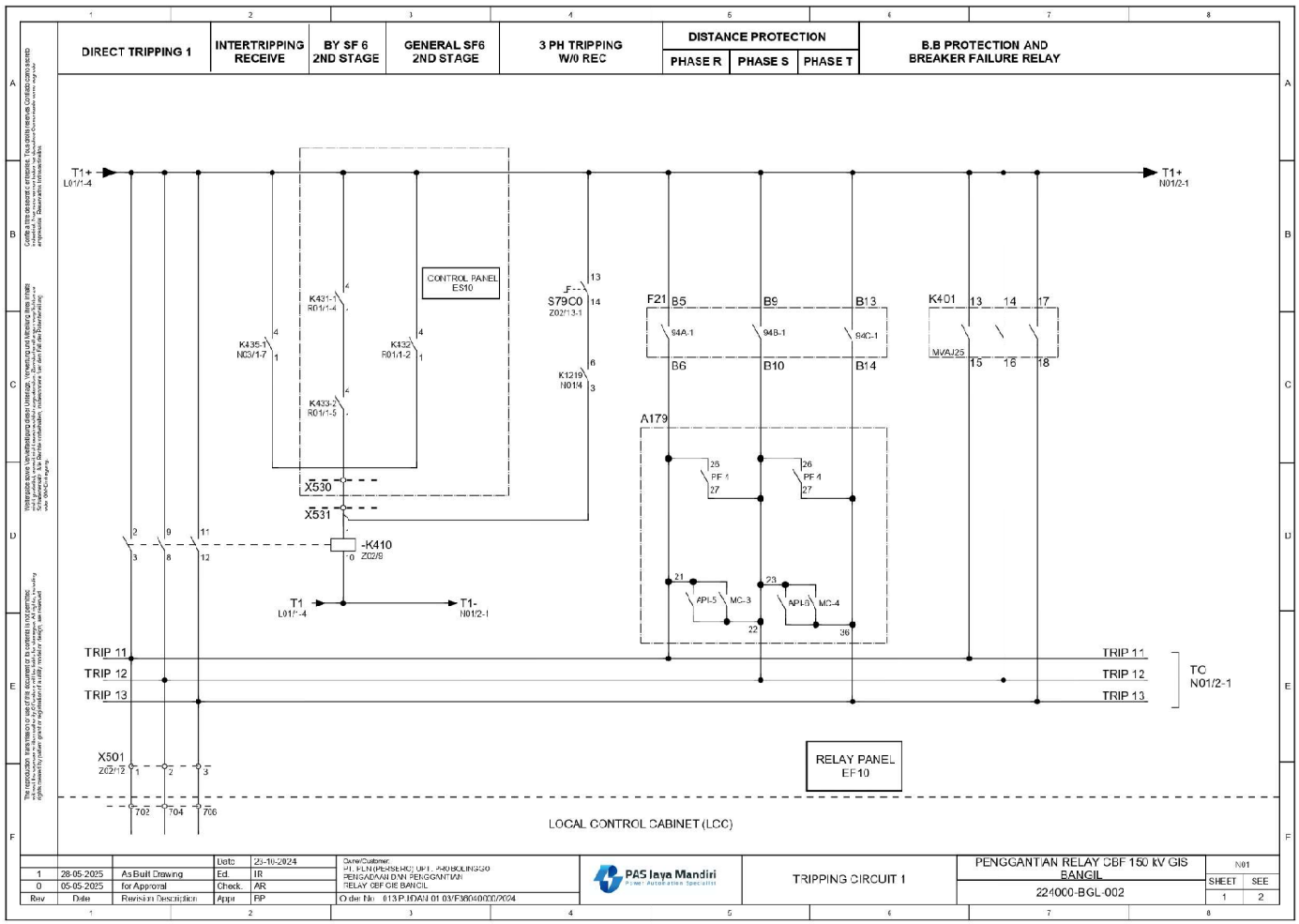
Lampiran 6. Single Line Diagram GIS Bangil

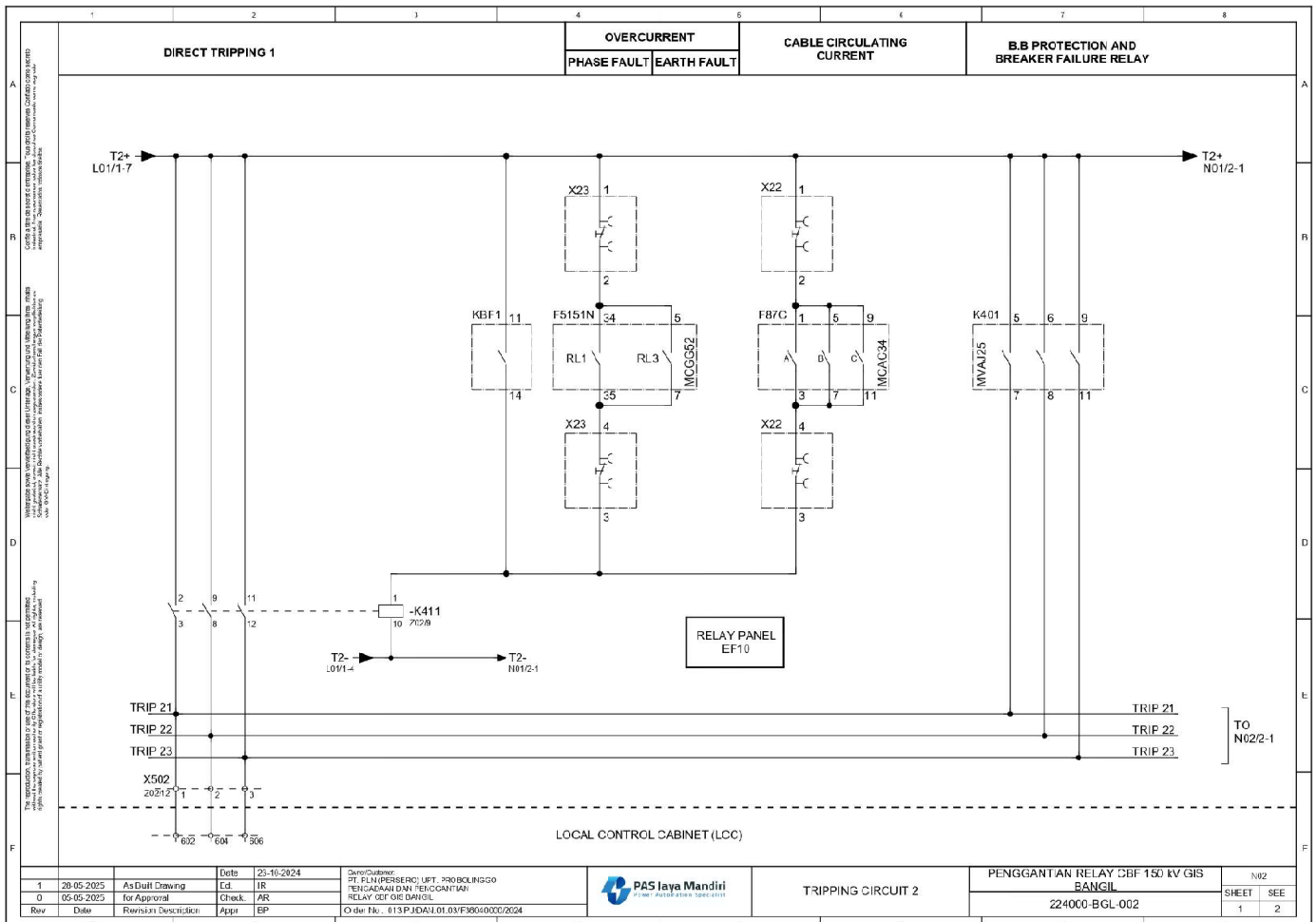


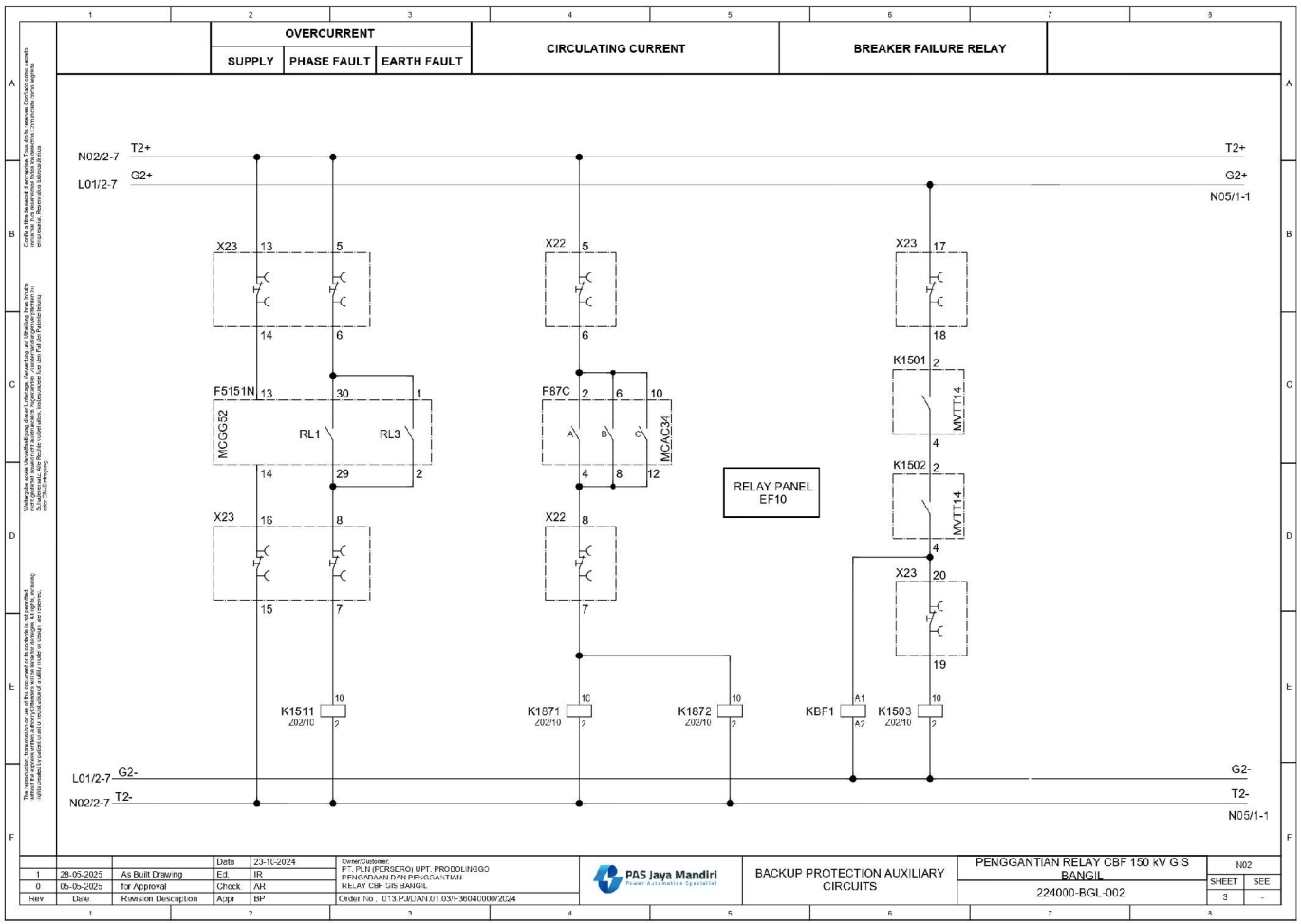
Lampiran 7. Schematic Diagram Bay Bulukandang

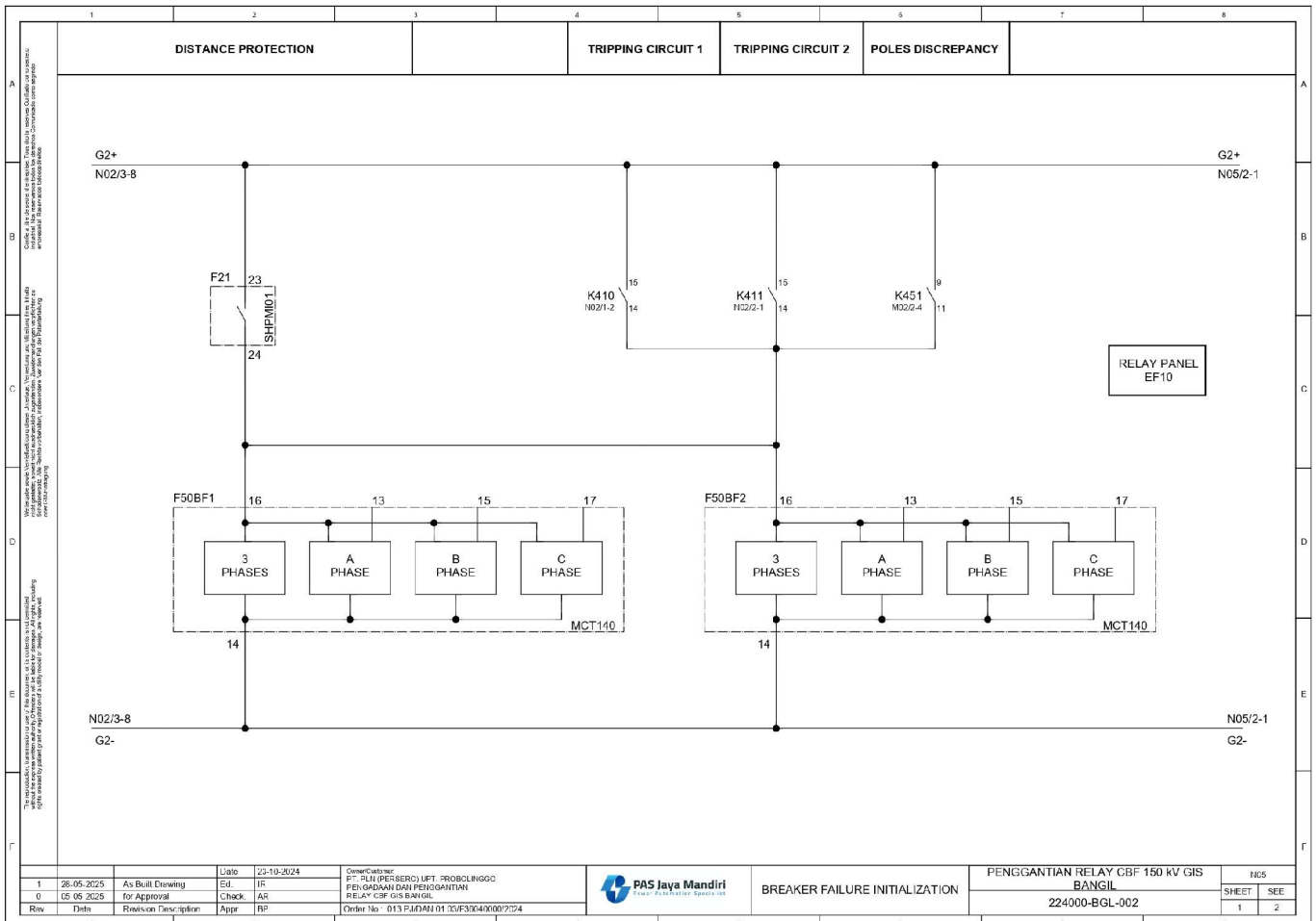


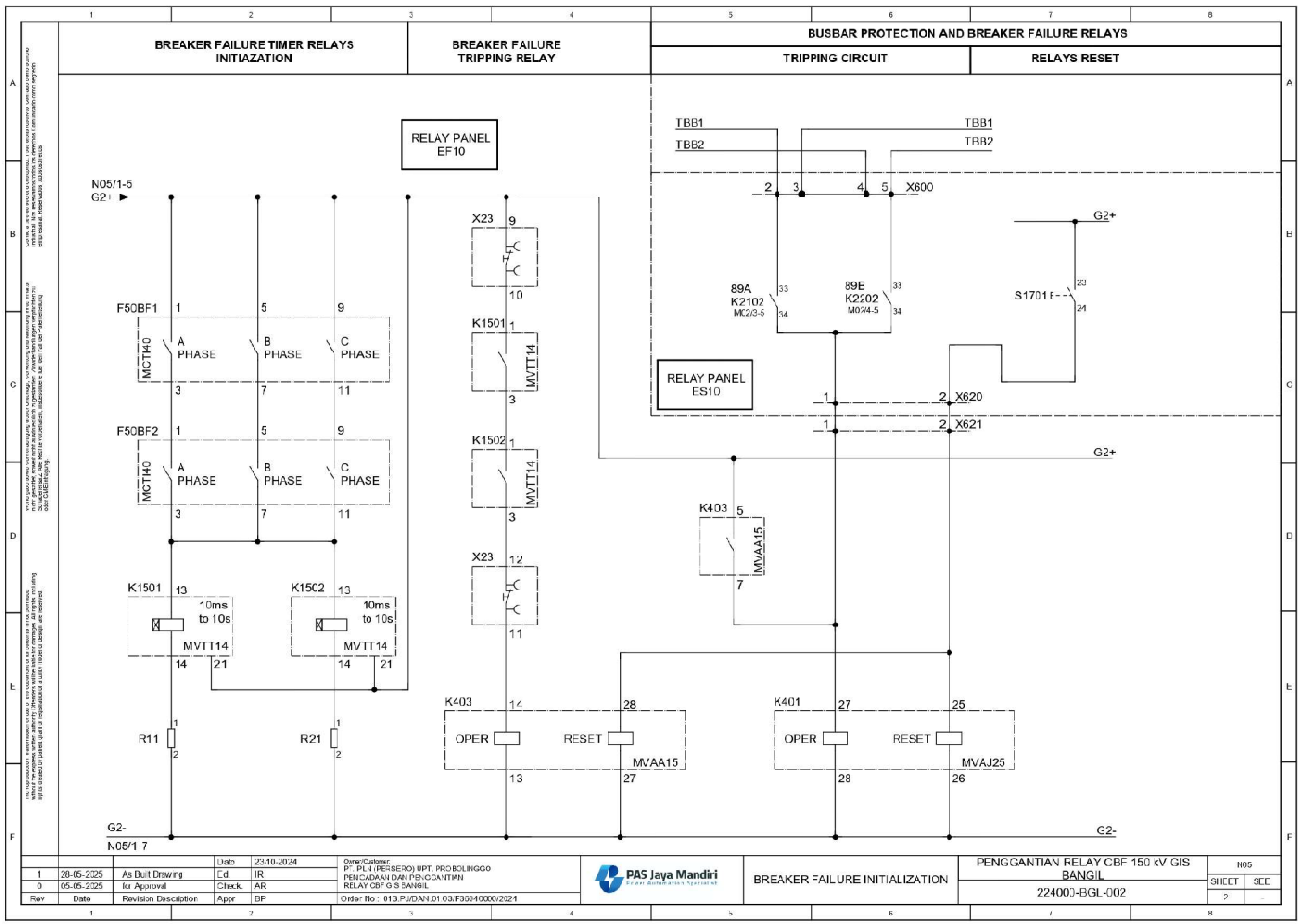

LOCAL CONTROL CABINET (LCC)
PROTECTION
16 mm2
CURRENT CIRCUIT
TR1
TS1
TT1
TN1
1C1
1C2
1C3
1C4
X210
X21C
A19
A21
A23
A26
F21
A20
A22
A24
A25
X212
CURRENT INPUT
VOLTAGE INPUT
X211
VR1
VS1
VT1
VN1
3V1
3V2
3V3
3V4
LOCAL CONTROL CABINET (LCC)
6 mm2
CURRENT CIRCUIT
TR2
TS2
TT2
TN2
2C1
2C2
2C3
2C4
X22C
X22
F87C
R111
R112
R113
R121
R122
R123
MCAG 34
RELAY PANEL EF10
6 mm2
CURRENT CIRCUIT
TR3
TS3
TT3
TN3
3C1
3C2
3C3
3C4
X23C
X23
F50BF1
F50BF2
F5051
MCTI40
MCTI40
MCGG 52
Date 23-10-2024
Drawn RI
Check AR
Appr RP
Owner/Customer
PT. PLN (PERSERO) UPT. PROBOLINGGO
PENGADAAN DAN PENGGANTIAN
RELAY CBF GIS BANGIL
Order No 013.PJ/DAN.01.03/F36040000/2024
PAS Jaya Manciri
Power Automation Specialist
CURRENT CIRCUITS T5.1 T5.2 & T5.7
T5.3
PENGGANTIAN RELAY CBF 150 kV GIS BANGIL
224000-BGL-002
D02
SHEET 1
SEC 2
1 28-05-2025 As Built Drawing
0 05-05-2025 for Approval
Rev Date Revision Description


DIRECT TRIPPING 1
INTERTRIPPING RECEIVE
BY SF 6 2ND STAGE
GENERAL SF6 2ND STAGE
3 PH TRIPPING W/0 REC
DISTANCE PROTECTION
PHASE R
PHASE S
PHASE T
B.B PROTECTION AND BREAKER FAILURE RELAY
T1+ L01/1-4
T1+ N01/2-1
CONTROL PANEL ES10
K431-1 R01/1-4
K435-1 N03/1-7
K432 R01/1-2
K433-2 R01/1-5
S79C0 Z02/13-1
K1219 N01/4
F21
B5
B9
B13
B6
B10
B14
94A-1
94B-1
94C-1
K401
MVAJ25
A179
APL-5
MC-3
APL-6
MC-4
X530
X531
-K410 Z02/9
T1 L01/1-4
T1- N01/2-1
TRIP 11
TRIP 12
TRIP 13
TC N01/2-1
X501 Z02/12
RELAY PANEL EF10
LOCAL CONTROL CABINET (LCC)
Owner/Customer:
PT. PLN (PERSERO) UP3 PADEMANGAN
PENGADAAN DAN PENGANTIAN
RELAY CBF GIS BANGIL
Order No : 013.P/PDAN/01.03/F3804000/2024
PAS Jaya Mandiri
Power Automation Specialist
TRIPPING CIRCUIT 1
PENGGANTIAN RELAY CBF 150 kV GIS BANGIL
224000-BGL-002
N01
SHEET 1
SEE 2
1 28-05-2025 As Built Drawing Ed. IR
0 05-05-2025 for Approval Check. AR
Rev Date Revision Description Appr. RP
Date 29-10-2024


DIRECT TRIPPING 1
OVERCURRENT
PHASE FAULT
EARTH FAULT
CABLE CIRCULATING CURRENT
B.B PROTECTION AND BREAKER FAILURE RELAY
T2+
L01/1-7
T2+
N01/2-1
X23
X22
KBF1
F5151N
RL1
RL3
MCGG52
F87C
MCAG34
K401
MVAJ25
-K411
T2-
L01/1-4
T2-
N01/2-1
RELAY PANEL
EF10
TRIP 21
TRIP 22
TRIP 23
TO
N02/2-1
X502
LOCAL CONTROL CABINET (LCC)
PAS Jaya Mandiri
TRIPPING CIRCUIT 2
PENGGANTIAN RELAY CBF 150 kV GIS BANGIL
224000-BGL-002
N02
SHEET
SEE
1
2
Date
23-10-2024
Ed.
IR
Check.
AR
Appr.
BP
1
28-05-2025
As Built Drawing
0
05-05-2025
for Approval
Rev
Date
Revision Description


OVERCURRENT
SUPPLY
PHASE FAULT
EARTH FAULT
CIRCULATING CURRENT
BREAKER FAILURE RELAY
N02/2-7 T2+
L01/2-7 G2+
T2+
G2+
N05/1-1
X23 13 5 14 6
F5151N 13 30 1 14 29 2
MCGG52
RL1
RL3
X23 16 8 15 7
K1511 10 Z03/10 2
X22 5 6
F87C 2 6 10 4 8 12
MCAG21
X22 8 7
K1871 10 Z02/10 2
K1872 10 Z02/10 2
RELAY PANEL EF10
X23 17 18
K1501 2 4 MVTT14
K1502 2 4 MVTT14
X23 20 19
KBF1 A1 A2
K1503 10 Z02/10 2
L01/2-7 G2-
N02/2-7 T2-
G2-
T2-
N05/1-1
Rev Date Revision Description
1 28-05-2025 As Built Drawing
0 05-05-2025 for Approval
Dsgn 23-10-2024
Ed. IR
Check AH
Appr BP
Owner/Customer:
PT. PLN (PERSERO) UPT. PRODOLINGGO
PENGADAAN DAN PENGGANTIAN
RELAY CBF GIS BANGIL
Order No. : 013.PJ/DAN.01.03/F36040000/2024
PAS Jaya Mandiri
Power Automation Specialist
BACKUP PROTECTION AUXILIARY CIRCUITS
PENGGANTIAN RELAY CBF 150 kV GIS BANGIL
224000-BGL-002
N02
SHEET 3
SEE -

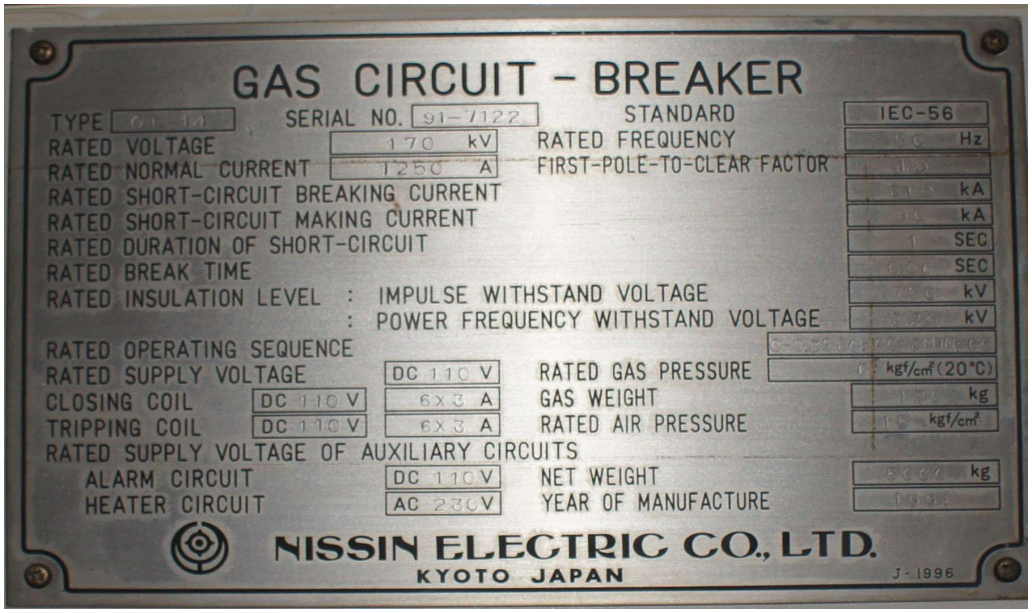

DISTANCE PROTECTION
TRIPPING CIRCUIT 1
TRIPPING CIRCUIT 2
POLES DISCREPANCY
G2+
N02/3-8
G2+
N05/2-1
F21
23
SHPM01
24
K410
N02/1-2
15
14
K411
N02/2-1
15
14
K451
N02/2-4
9
11
RELAY PANEL
EF10
F50BF1
16
13
15
17
3
PHASES
A
PHASE
B
PHASE
C
PHASE
MCT140
14
F50BF2
16
13
15
17
3
PHASES
A
PHASE
B
PHASE
C
PHASE
MCT140
14
N02/3-8
G2-
N05/2-1
G2-
Date
23-10-2024
1
26-05-2025
As Built Drawing
Ed.
IR
0
05 05 2025
for Approval
Check.
AR
Rev
Date
Revison Description
Appr
BP
Owner/Customer
PT. PLN (PERSERO) UPT. PROBOLINGGO
PENGADAAN DAN PENGGANTIAN
RELAY CBF GIS BANGIL
Order No : 013.PJ/DAN.01.00/F30040000/2024
PAS Jaya Mandiri
BREAKER FAILURE INITIALIZATION
PENGGANTIAN RELAY CBF 150 kV GIS BANGIL
224000-BGL-002
N05
SHEET
1
SEE
2


BREAKER FAILURE TIMER RELAYS INITIAZATION
BREAKER FAILURE TRIPPING RELAY
BUSBAR PROTECTION AND BREAKER FAILURE RELAYS
TRIPPING CIRCUIT
RELAYS RESET
RELAY PANEL EF10
RELAY PANEL ES10
N05/1-5
G2+
F50BF1
F50BF2
MCTI40
A PHASE
B PHASE
C PHASE
K1501
K1502
MVTT14
10ms to 10s
X23
K403
MVAA15
K401
MVAJ25
OPER
RESET
R11
R21
TBB1
TBB2
X600
X620
X621
89A K2102
89B K2202
S1701F
G2-
N05/1-7
PAS Jaya Mandiri
BREAKER FAILURE INITIALIZATION
PENGGANTIAN RELAY CBF 150 kV GIS BANGIL
224000-BGL-002
N05
SHEET
SEE
2
-

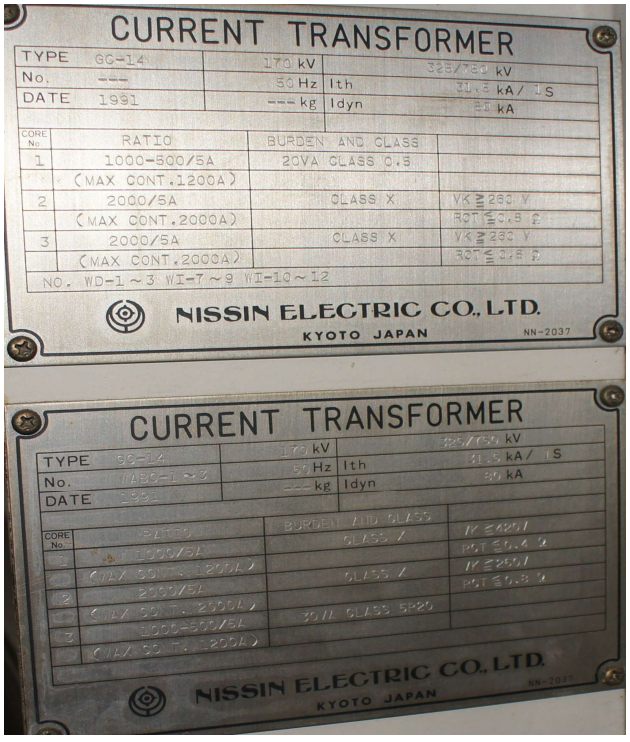
Arus Hubung Singkat GI/GITET Sistem Jawa Bali Semester II Tahun 2025

No.	Bus	GI/GITET	UP2B	Arus Hubung Singkat PeMbangkit DMN ROB Juli 2025								Arus Hubung Singkat KIT Aktif ROB Juli 2025	
				TEG	Impedansi Urutan Positif		Impedansi Urutan Negatif		Impedansi Urutan Nol		Arus Huhung Singkat		
				kV	R1(pu)	X1(pu)	R2(pu)	X2(pu)	R0(pu)	X0(pu)	1ph(kA)	3ph(kA)	1ph(kA)	3ph(kA)
942	5-II	[redacted]	UP2B Jawa Timur	150	0.001598875	0.019185456	0.001931301	0.018972489	0.005719332	0.02897117	18.6917567	21.94418385	17.0896798	18.91479925
943	5-I	[redacted]ENDO5	UP2B Jawa Timur	150	0.001644381	0.021983582	0.001521912	0.021921125	0.005267217	0.020501127	19.498438	19.17302606	19.0179151	18.44696941
944	5-II	[redacted]ENDO5	UP2B Jawa Timur	150	0.001644381	0.021983582	0.001521912	0.021921125	0.005267217	0.020501127	19.498438	19.17302606	19.0179151	18.44696941
945	5-I	[redacted]	UP2B Jawa Timur	150	0.001111304	0.012129474	0.000852432	0.012108655	0.003626413	0.013584478	33.0318852	34.62227605	30.491532	30.33282878
946	5-II	[redacted]	UP2B Jawa Timur	150	0.001111304	0.012129474	0.000852432	0.012108655	0.003626413	0.013584478	33.0318852	34.62227605	30.491532	30.33282878
947	4-I	[redacted]4	UP2B Jawa Timur	70	0.001657051	0.083608776	0.001639066	0.083572693	0.000213592	0.065460337	11.6899909	10.84071194	11.6209996	10.75266251
948	4 II	[redacted]4	UP2B Jawa Timur	70	0.002069321	0.123117908	0.002051336	0.123081825	0.000215465	0.105103954	7.74426473	7.364969105	7.71409009	7.324152723
949	5-I	[redacted]5	UP2B Jawa Timur	150	0.001170451	0.023760086	0.001152475	0.023724003	0.00021735	0.006184287	23.6056146	17.7783715	23.021471	17.28296752
950	5-II	[redacted]5	UP2B Jawa Timur	150	0.001170451	0.023760086	0.001152475	0.023724003	0.00021735	0.006184287	23.6056146	17.7783715	23.021471	17.28296752
951	4-I	BANGIL4	UP2B Jawa Timur	70	0.002568859	0.094781104	0.002559568	0.094711758	0.005514642	0.103501157	9.27475921	9.560910162	9.18840564	9.422727945
952	4-II	BANGIL4	UP2B Jawa Timur	70	0.002568859	0.094781104	0.002559568	0.094711758	0.005514642	0.103501157	9.27475921	9.560910162	9.18840564	9.422727945
953	5-I	BANGIL5	UP2B Jawa Timur	150	0.001960327	0.020399626	0.001751036	0.02033028	0.005611708	0.030221447	17.7030631	20.61207904	17.0511285	19.30702461
954	5-II	BANGIL5	UP2B Jawa Timur	150	0.001960327	0.020399626	0.001751036	0.02033028	0.005611708	0.030221447	17.7030631	20.61207904	17.0511285	19.30702461
955	5-I	[redacted]ANG5	UP2B Jawa Timur	150	0.003296557	0.022203946	0.003049267	0.022184656	0.011584862	0.044698872	13.9354872	18.80322656	13.4786044	17.50665612
956	5-II	[redacted]ANG5	UP2B Jawa Timur	150	0.003296557	0.022203946	0.003049267	0.022184656	0.011584862	0.044698872	13.9354872	18.80322656	13.4786044	17.50665612
957	4-I	[redacted]	UP2B Jawa Timur	70	0.056175679	0.204026478	0.05605321	0.20396402	12.34389335	0.421787525	0.21792068	4.276128518	0.21791653	4.258952945
958	5-I	[redacted]ANG 5	UP2B Jawa Timur	150	0.004087628	0.025706591	0.003845985	0.025857495	0.004932704	0.031754795	15.0280106	16.21996026	14.4708129	15.30085657
959	5-II	[redacted]ANG 5	UP2B Jawa Timur	150	0.004087628	0.025706591	0.003845985	0.025857495	0.004932704	0.031754795	15.0280106	16.21996026	14.4708129	15.30085657
960	4-I	[redacted]	UP2B Jawa Timur	70	0.008262044	0.234968647	0.008139575	0.234906189	12.26546734	0.255065604	0.22115174	3.857509622	0.22114769	3.843329562
961	4-I	[redacted]4	UP2B Jawa Timur	70	0.027506898	0.10682606	0.026628259	0.103769714	3.224097527	0.364697641	0.81616002	8.185555047	0.81578752	7.585888592
962	4-II	[redacted]4	UP2B Jawa Timur	70	0.027506898	0.10682606	0.026628259	0.103769714	3.224097527	0.364697641	0.81616002	8.185555047	0.81578752	7.585888592
963	4-I	[redacted]	UP2B Jawa Timur	70	0.043223974	0.24868138	0.042157683	0.248928668	0.647737598	0.339324795	2.43741525	3.589327308	2.39960619	3.500057509
964	4-II	[redacted]	UP2B Jawa Timur	70	0.043223974	0.24868138	0.042157683	0.248928668	0.647737598	0.339324795	2.43741525	3.589327308	2.39960619	3.500057509
965	5-I	[redacted]ORO5	UP2B Jawa Timur	150	0.012345753	0.050327901	0.01264819	0.050114934	0.028232887	0.1223985	5.5363616	8.15345423	5.38861	7.703184708
966	5-II	[redacted]ORO5	UP2B Jawa Timur	150	0.012345753	0.050327901	0.01264819	0.050114934	0.028232887	0.1223985	5.5363616	8.15345423	5.38861	7.703184708
967	5-I	[redacted]OSO5	UP2B Jawa Timur	150	0.007730737	0.042681126	0.007584199	0.042593595	0.020813122	0.099077928	6.75190531	9.742734947	6.7020308	9.589466313
968	5-II	[redacted]OSO5	UP2B Jawa Timur	150	0.007730737	0.042681126	0.007584199	0.042593595	0.020813122	0.099077928	6.75190531	9.742734947	6.7020308	9.589466313
969	4-I	[redacted]4	UP2B Jawa Timur	70	0.006493726	0.146777496	0.006225155	0.145765675	24.50349215	0.178031889	0.11097194	6.17080215	0.11097061	6.093605735
970	5-I	[redacted]5	UP2B Jawa Timur	150	0.005520544	0.027080116	0.005252073	0.027068295	0.013937413	0.060308656	10.3207725	15.26859766	10.511564	14.313282
971	5-I	[redacted]DANG5	UP2B Jawa Timur	150	0.00872483	0.045721256	0.008475383	0.045666126	0.021369665	0.104704802	6.34733043	9.079464134	6.22180095	8.705375554
972	5-II	[redacted]DANG5	UP2B Jawa Timur	150	0.00872483	0.045721256	0.008475383	0.045666126	0.021369665	0.104704802	6.34733043	9.079464134	6.22180095	8.705375554
973	5-I	[redacted]ROS	UP2B Jawa Timur	150	0.002493527	0.024267048	0.002294236	0.024197702	0.008211574	0.041823713	13.8939469	17.32064686	13.4899428	16.38990271
974	5-II	[redacted]ROS	UP2B Jawa Timur	150	0.002493527	0.024267048	0.002294236	0.024197702	0.008211574	0.041823713	13.8939469	17.32064686	13.4899428	16.38990271
975	5-IIA	[redacted]	UP2B Jawa Timur	150	0.003807227	0.032833352	0.003684759	0.032770894	0.014454535	0.054876237	10.3510795	12.78835201	10.2145773	12.46132937
976	5-IIB	[redacted]	UP2B Jawa Timur	150	0.003807227	0.032833352	0.003684759	0.032770894	0.014454535	0.054876237	10.3510795	12.78835201	10.2145773	12.46132937
977	5-I	[redacted]	UP2B Jawa Timur	150	0.002926334	0.027556037	0.002833865	0.027493579	0.010949315	0.037336584	13.1943889	15.25101956	13.2633583	14.7881231
978	5-II	[redacted]	UP2B Jawa Timur	150	0.022671452	0.047276497	0.022973888	0.047063529	0.071098169	0.114259254	5.2990145G	8.045388136	5.17490827	7.631471357
979	5-I	[redacted]ANG5	UP2B Jawa Timur	150	0.00204041G	0.02008053	0.002126148	0.01990157	0.00737591	0.030766639	17.6646427	20.99966091	17.0463657	19.69255153
980	4-I	[redacted]A4	UP2B Jawa Timur	70	0.01450676	0.08872679	0.014384291	0.088664332	20.43762825	0.139741451	0.13293193	10.0520525	0.13293092	9.956502234
981	5-I	[redacted]RANDE5	UP2B Jawa Timur	150	0.002036135	0.014240712	0.001778008	0.014224289	0.005603515	0.022351556	24.4539235	29.28993638	22.9850054	26.06436037
982	5-II	[redacted]RANDE5	UP2B Jawa Timur	150	0.002036135	0.014240712	0.001778008	0.014224289	0.005603515	0.022351556	24.4539235	29.28993638	22.9850054	26.06436037
983	4-I	[redacted]	UP2B Jawa Timur	70	0.038438217	0.196015662	0.038586377	0.195653585	0.097826621	0.416764211	3.28245294	4.532888066	3.17803437	4.251179067
984	4-I	[redacted]O4	UP2B Jawa Timur	70	0.002914052	0.09972711	0.002791584	0.099664652	12.24982212	0.108901038	0.22190604	9.086265462	0.22190297	9.007955926
985	5-I	[redacted]O5	UP2B Jawa Timur	150	0.002256259	0.025114681	0.0021338	0.025052223	0.004934435	0.029944221	15.7166334	16.76163953	15.4025879	16.20407447
986	5-II	[redacted]O5	UP2B Jawa Timur	150	0.002256259	0.025114681	0.0021338	0.025052223	0.004934435	0.029944221	15.7166334	16.76163953	15.4025879	16.20407447
987	4-I	[redacted]AN4	UP2B Jawa Timur	70	0.054117421	0.173415746	0.052210808	0.173401504	6.163403524	0.703507931	0.43702976	4.977768933	0.43700898	4.980753964
988	5-I	[redacted]35	UP2B Jawa Timur	150	0.001770514	0.012004239	0.001531363	0.011982505	0.005629211	0.015689225	30.9932254	34.68457027	28.9260727	30.68340386
989	5-II	[redacted]35	UP2B Jawa Timur	150	0.001770514	0.012004239	0.001531363	0.011982505	0.005629211	0.015689225	30.9932254	34.68457027	28.9260727	30.68340386

Lampiran 9. Data PMT Bay Bulukandang GIS Bangil



Lampiran 10. Data CT Bay Bulukandang GIS Bangil



Lampiran 11. Hasil Pengujian Relay CBF1

PT. PLN (PERSERO) UIT JBTB UPT PROBOLINGGO ULTG BANGIL	GARDU INDUK : BANGIL TANGGAL : 2 JUNI 2024

PENGUJIAN RELAY BREAKER FAILURE (BF1)
T/L BAY : PENGHANTAR 150 kV BULUKANDANG

I. Data peralatan :

Merk	: ALSTOM	Range I>	: 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,4 x In
Type	: MCTI 40		:
No Serie	: 608021B	Range I>>	: 1 - 1,1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 - 2 x Is

II. SETTING :

SETTING	CT	: 1000 / 5 A
	In	: 5 A
	I >	: 0,2 x In = 1 A

III . PENGUJIAN ARUS KERJA :

Phasa	R	S	T
Setting (Amp)	1,0 A	1,0 A	1,0 A
Arus Pick Up (Amp)	1,04	1,02	1,01
Arus Drop Off (Amp)	0,99	0,96	0,96
Ratio Ir/Ip (%)	95,19	94,12	95,05
Waktu Kerja 150 % I Set (mdet)	9,9	9,3	5,5

IV. Pengujian Timer

Merk	:	ALSTOM
Type	:	MVTT14
No Serie	:	608245B
Setting	:	150 ms
Hasil uji	:	166,3 ms

V. ALAT UJI YANG DIGUNAKAN :
MERK / TYPE : OMICRON CMC 356

PENGAWAS PEKERJAAN	PELAKSANA	
(IBNU ABDUL ROHMAN)	(ANJAS ASMORO)	(NAFITA HS)

Lampiran 12. Hasil Pengujian Relay CBF2

PT. PLN (PERSERO) UIT JBTB
UPT PROBOLINGGO
ULTG BANGIL

GARDU INDUK : BANGIL
TANGGAL : 2 JUNI 2024

PENGUJIAN RELAY BREAKER FAILURE (BF2)
T/L BAY : PENGHANTAR 150 kV BULUKANDANG

I. Data peralatan :

Merk	: ALSTOM	Range I>	: 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,4 x In
Type	: MCTI 40		:
No Serie	: 608015B	Range I>>	: 1 - 1,1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 - 2 x Is

II. SETTING :

SETTING	CT	: 1000 / 5 A
	In	: 5 A
	I >	: 0,2 x In = 1 A

III . PENGUJIAN ARUS KERJA :

Phasa	R	S	T
Setting (Amp)	1,0 A	1,0 A	1,0 A
Arus Pick Up (Amp)	1,07	1,01	1,01
Arus Drop Off (Amp)	1,01	0,96	0,95
Ratio Ir/Ip (%)	94,39	95,05	94,06
Waktu Kerja 150 % I Set (mdet)	10,4	10,3	11

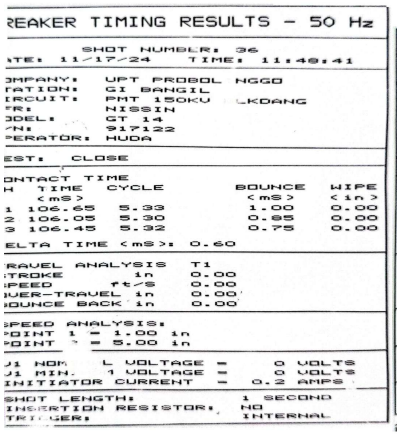
IV. Pengujian Timer

Merk	:	ALSTOM
Type	:	MVTT14
No Serie	:	608248B
Setting	:	250 ms
Hasil uji	:	265,1 ms

V. ALAT UJI YANG DIGUNAKAN :
MERK / TYPE : OMICRON CMC 356

PENGAWAS PEKERJAAN	PELAKSANA	
(IBNU ABDUL ROHMAN)	(ANJAS ASMORO)	(NAFITA HS)

Lampiran 13. Hasil Pengujian PMT



REAKER TIMING RESULTS - 50 Hz

SHOT NUMBER: 36
TE: 11/17/24 TIME: 11:48:41

OMPANY: UPT PROBOL NGGO
TATION: GI BANGIL
IRCUIT: PMT 150KU LKDANG
FR: NISSIN
ODEL: GT 14
/N: 917122
PERATOR: HUDA

EST: CLOSE

ONTACT TIME
H TIME CYCLE BOUNCE WIPE
<mS> <mS> <in>
1 106.65 5.33 1.00 0.00
2 106.05 5.30 0.85 0.00
3 106.45 5.32 0.75 0.00

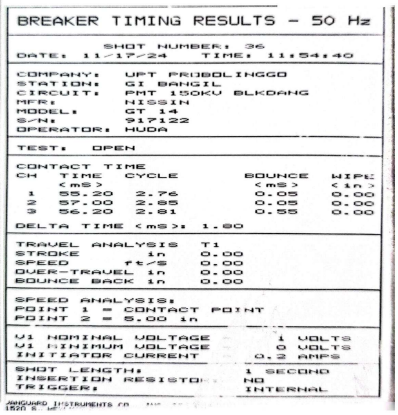
ELTA TIME <mS>: 0.60

RAVEL ANALYSIS T1
STROKE in 0.00
SPEED ft/S 0.00
UER-TRAVEL in 0.00
OUNCE BACK in 0.00

SPEED ANALYSIS:
OINT 1 = 1.00 in
OINT = 5.00 in

J1 NOM L VOLTAGE = 0 VOLTS
J1 MIN 1 VOLTAGE = 0 VOLTS
INITIATOR CURRENT = 0.2 AMPS

SHOT LENGTH: 1 SECOND
INSERTION RESISTOR: NO
TRIGGER: INTERNAL



BREAKER TIMING RESULTS - 50 Hz

SHOT NUMBER: 36
DATE: 11/17/24 TIME: 11:54:40

COMPANY: UPT PROBOLINGGO
STATION: GI BANGIL
CIRCUIT: PMT 150KU BLKDANG
MFR: NISSIN
MODEL: GT 14
S/N: 917122
OPERATOR: HUDA

TEST: OPEN

CONTACT TIME
CH TIME CYCLE BOUNCE WIPE
<mS> <mS> <in>
1 55.20 2.76 0.05 0.00
2 57.00 2.85 0.05 0.00
3 56.20 2.81 0.55 0.00

DELTA TIME <mS>: 1.80

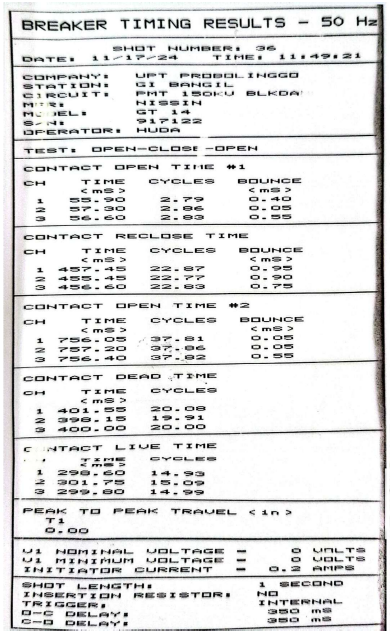
TRAVEL ANALYSIS T1
STROKE in 0.00
SPEED ft/S 0.00
OVER-TRAVEL in 0.00
BOUNCE BACK in 0.00

SPEED ANALYSIS:
POINT 1 = CONTACT POINT
POINT 2 = 5.00 in

V1 NOMINAL VOLTAGE = 1 VOLTS
V1 MINIMUM VOLTAGE = 0 VOLTS
INITIATOR CURRENT = 0.2 AMPS

SHOT LENGTH: 1 SECOND
INSERTION RESISTOR: NO
TRIGGER: INTERNAL

ANRITSU INSTRUMENTS CO



BREAKER TIMING RESULTS - 50 Hz

SHOT NUMBER: 36
DATE: 11/17/24 TIME: 11:49:21

COMPANY: UPT PROBOLINGGO
STATION: GI BANGIL
CIRCUIT: PMT 150KU BLKDA
MFR: NISSIN
MODEL: GT 14
S/N: 917122
OPERATOR: HUDA

TEST: OPEN-CLOSE-OPEN

CONTACT OPEN TIME #1
CH TIME CYCLES BOUNCE
<mS> <mS>
1 55.90 2.79 0.40
2 57.30 2.86 0.05
3 56.60 2.83 0.55

CONTACT RECLOSE TIME
CH TIME CYCLES BOUNCE
<mS> <mS>
1 457.45 22.87 0.95
2 455.45 22.77 0.90
3 456.60 22.83 0.75

CONTACT OPEN TIME #2
CH TIME CYCLES BOUNCE
<mS> <mS>
1 756.05 37.81 0.05
2 757.20 37.86 0.05
3 756.40 37.82 0.55

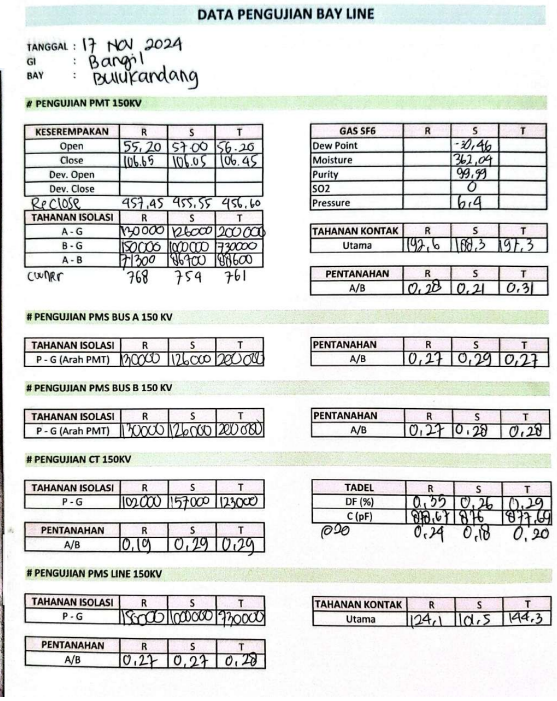
CONTACT DEAD TIME
CH TIME CYCLES
<mS>
1 401.55 20.08
2 398.15 19.91
3 400.00 20.00

CONTACT LIVE TIME
TIME CYCLES
<mS>
1 298.60 14.93
2 301.75 15.09
3 299.80 14.99

PEAK TO PEAK TRAVEL <in>
T1
0.00

V1 NOMINAL VOLTAGE = 0 VOLTS
V1 MINIMUM VOLTAGE = 0 VOLTS
INITIATOR CURRENT = 0.2 AMPS

SHOT LENGTH: 1 SECOND
INSERTION RESISTOR: NO
TRIGGER: INTERNAL
O-C DELAY: 350 mS
C-O DELAY: 350 mS



DATA PENGUJIAN BAY LINE

TANGGAL : 17 NOV 2024
GI : Bangil
BAY : Bulukandang

 # PENGUJIAN PMT 150KV

KESEREMPAKAN	R	S	T
Open	55,20	57,00	56,20
Close	106,65	106,05	106,45
Dev. Open			
Dev. Close			
ReClose	457,45	455,55	456,60

GAS SF6	R	S	T
Dew Point		-21,46	
Moisture		362,09	
Purity		99,99	
SO2		0	
Pressure		6,9	

TAHANAN ISOLASI	R	S	T
A-G	130000	126000	200000
B-G	150000	100000	730000
A-B	91300	96900	88600
CUMRR	768	754	761

TAHANAN KONTAK	R	S	T
Utama	192,6	188,3	197,3

PENTANAHAN	R	S	T
A/B	0,28	0,21	0,31

 # PENGUJIAN PMS BUS A 150 KV

TAHANAN ISOLASI	R	S	T
P-G (Arah PMT)	130000	126000	200000

PENTANAHAN	R	S	T
A/B	0,27	0,29	0,27

 # PENGUJIAN PMS BUS B 150 KV

TAHANAN ISOLASI	R	S	T
P-G (Arah PMT)	130000	126000	200000

PENTANAHAN	R	S	T
A/B	0,27	0,28	0,28

 # PENGUJIAN CT 150KV

TAHANAN ISOLASI	R	S	T
P-G	102000	157000	123000

TADEL	R	S	T
DF (%)	0,35	0,26	0,29
C (pF)	8816,67	8816	8817,69
@20	0,24	0,18	0,20

PENTANAHAN	R	S	T
A/B	0,19	0,29	0,29

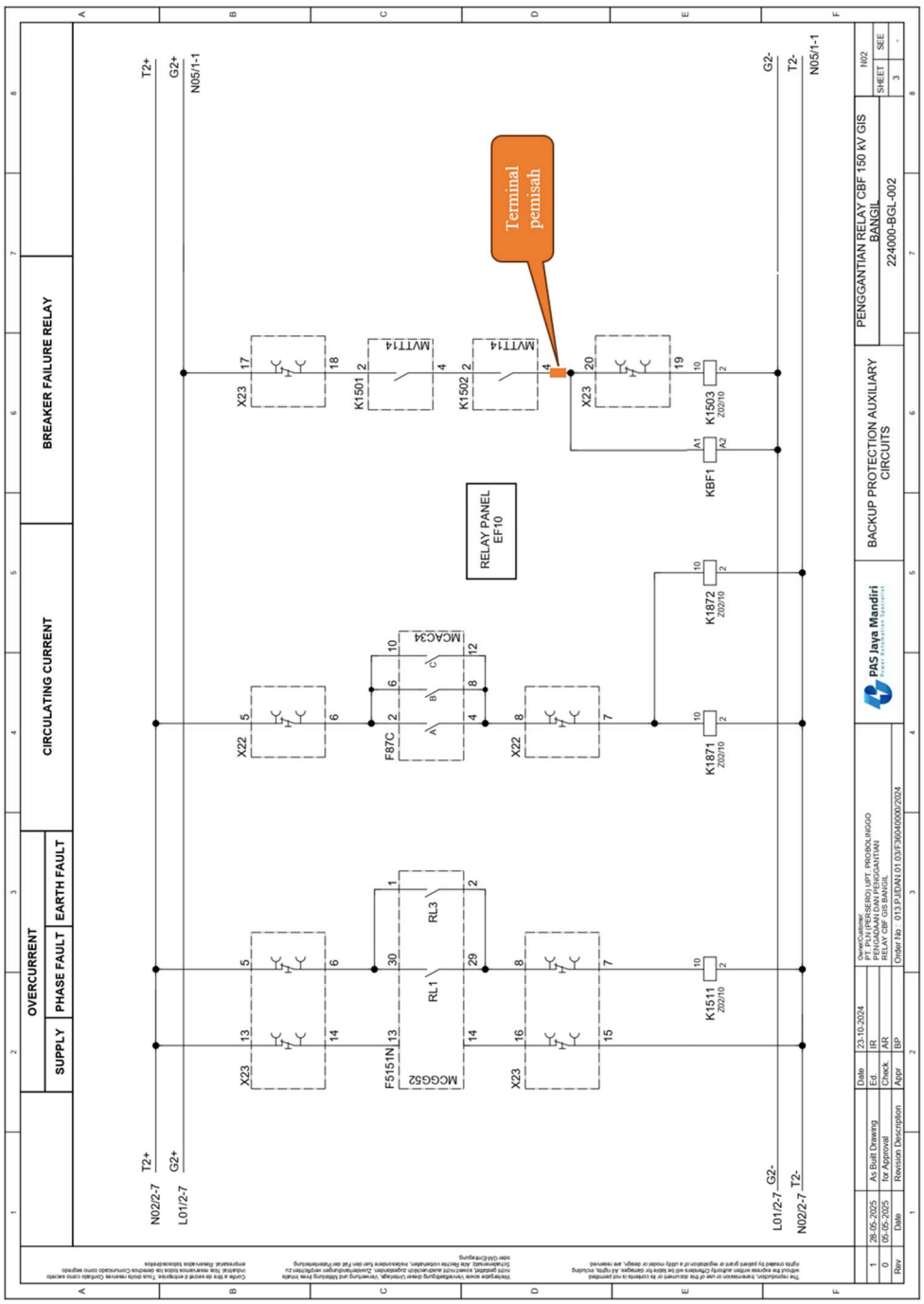
 # PENGUJIAN PMS LINE 150KV

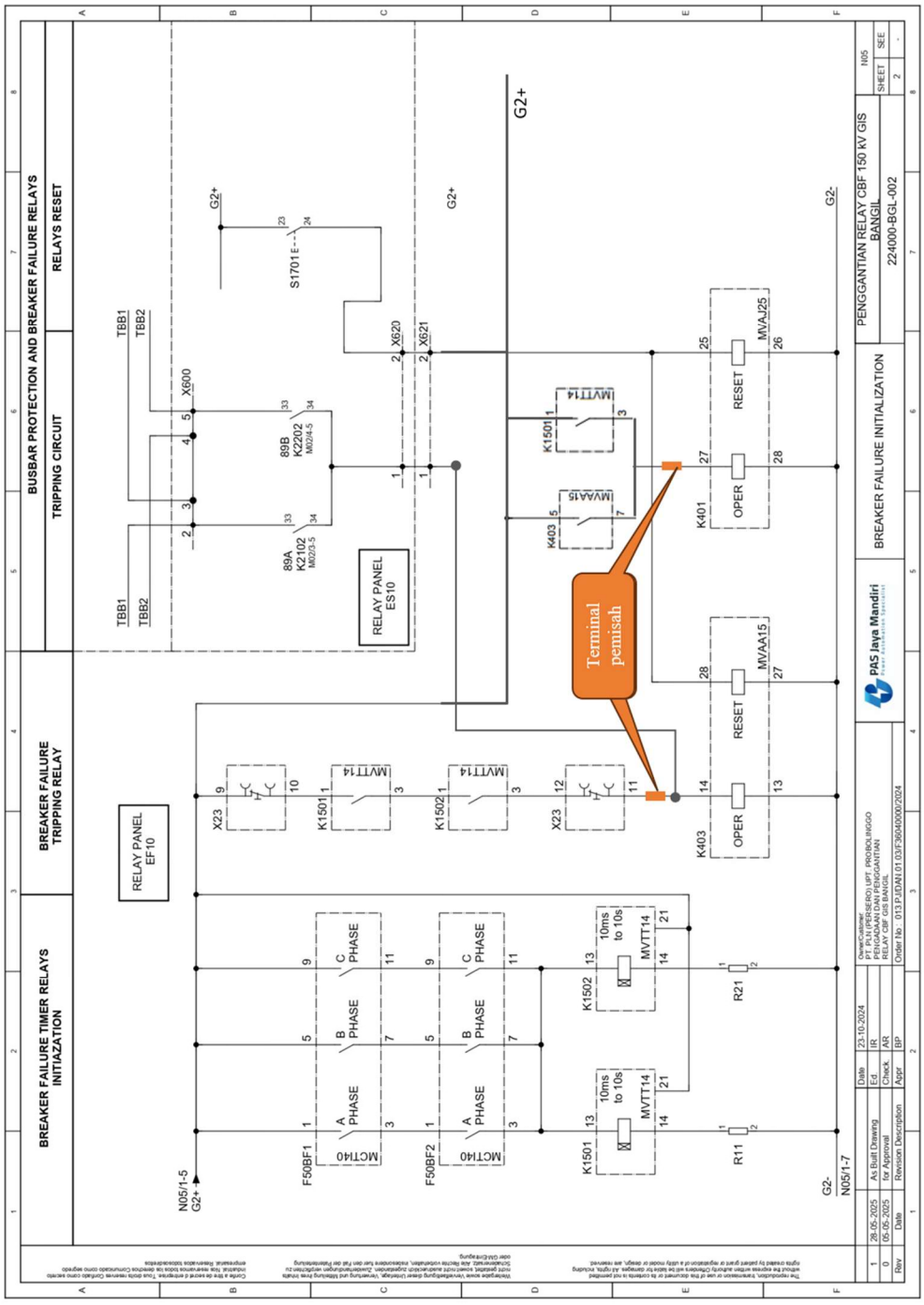
TAHANAN ISOLASI	R	S	T
P-G	150000	1000000	930000

TAHANAN KONTAK	R	S	T
Utama	124,1	101,5	194,3

PENTANAHAN	R	S	T
A/B	0,27	0,27	0,28

Lampiran 14.Saran Perbaikan Diagram Diagram pengawatn

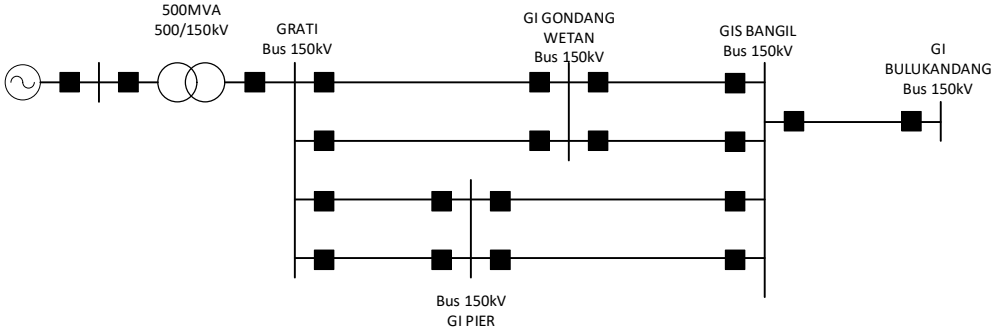



BUSBAR PROTECTION AND BREAKER FAILURE RELAYS
TRIPPING CIRCUIT
RELAYS RESET
BREAKER FAILURE TIMER RELAYS INITIAZATION
BREAKER FAILURE TRIPPING RELAY
RELAY PANEL EF10
RELAY PANEL ES10
TBB1
TBB2
X600
X620
X621
S1701E
89A K2102 M020-5
89B K2202 M024-5
K1501
K1502
K403
K401
MVTT14
MVAA15
MVAJ25
MCT140
F50BF1
F50BF2
A PHASE
B PHASE
C PHASE
10ms to 10s
R11
R21
X23
OPER
RESET
G2+
G2-
N05/1-5
N05/1-7
Terminal pemisah
PAS Jaya Mandiri
BREAKER FAILURE INITIALIZATION
PENGGANTIAN RELAY CBF 150 kV GIS BANGIL
224000-BGL-002
N05
SHEET
SEE
Date
23-10-2024
As Built Drawing
for Approval
Revision Description
28-05-2025
05-05-2025
Rev
Ed
Check
Appr
IR
AR
BP

Lampiran 15. Perhitungan Arus Hubung SIngkat

A. Konfigurasi Jaringan

a) Konfigurasi Jaringan Umum



Lampiran Gambar 1 Diagram satu garis dari pembangkit sampa GI Bulukandang

Data impedansi jaringan pada tabel berikut memberikan gambaran kuantitatif terhadap karakteristik saluran transmisi 150 kV yang terhubung pada GIS Bangil, khususnya dalam kaitannya dengan performa sistem proteksi termasuk CBF pada bay Bulukandang.

Lampiran Tabel 1 Data Impedansi Urutan Positif

No	Gardu Induk	PHT	L	IMPEDANSI URUTAN POSITIF				
			km	R1 (ohm)	X1 (ohm)	Z1 (ohm)	Θ	X/R
1	GIS Bangil	PHT 150KV Bulukandang	27,77	3,25	11,12	11,58	73,68	3,416
2	GIS Bangil	PHT 150KV Bumicokro #1	6,20	0,29	1,84	1,86	80,93	6,266
3	GIS Bangil	PHT 150KV Bumicokro #2	6,20	0,29	1,84	1,86	80,93	6,266
4	GIS Bangil	PHT 150KV Gondangwetan #1	16,81	1,57	6,51	6,69	76,43	4,143
5	GIS Bangil	PHT 150KV Gondangwetan #2	16,81	1,57	6,51	6,69	76,43	4,143
6	GIS Bangil	PHT 150KV KIS	10,60	0,96	4,33	4,43	77,49	4,507
7	GIS Bangil	PHT 150KV Lawang	31,86	2,83	12,30	12,62	77,04	4,347

No	Gardu Induk	PHT	L	IMPEDANSI URUTAN POSITIF				
			km	R1 (ohm)	X1 (ohm)	Z1 (ohm)	Θ	X/R
8	GIS Bangil	PHT 150KV NewPorong	11,37	0,97	4,24	4,35	77,12	4,374
9	GIS Bangil	PHT 150KV Pier #1	5,15	0,22	4,24	4,24	81,26	19,09
10	GIS Bangil	PHT 150KV Pier #2	5,15	0,22	4,24	4,24	81,26	19,09
11	GI Grati	PHT 150KV Gondangwetan #1	21,07	0,82	5,91	5,97	82,15	7,256
12	GI Grati	PHT 150KV Gondangwetan #2	21,07	0,82	5,91	5,97	82,15	7,256
13	GI Grati	PHT 150KV Pier #1	32,92	2,41	13,66	13,87	80,00	5,668
14	GI Grati	PHT 150KV Pier #2	32,92	2,41	13,66	13,87	80,00	5,668

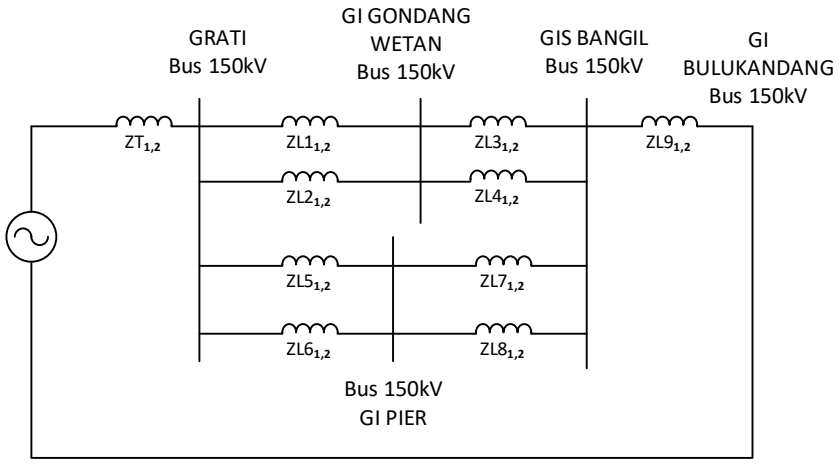
Lampiran Tabel 2 Data Impedansi Urutan Positif

No	Gardu Induk	PHT	L	IMPEDANSI URUTAN NOL				
			km	R0 (ohm)	X0 (ohm)	Z0 (ohm)	Θ	X/R
1	GIS Bangil	PHT 150KV Bulukandang	27,77	7,42	33,35	34,16	77,46	4,495
2	GIS Bangil	PHT 150KV Bumicokro #1	6,20	1,17	5,22	5,35	77,37	4,462
3	GIS Bangil	PHT 150KV Bumicokro #2	6,20	1,17	5,22	5,35	77,37	4,462
4	GIS Bangil	PHT 150KV Gondangwetan #1	16,81	4,49	20,18	20,67	77,46	4,494
5	GIS Bangil	PHT 150KV Gondangwetan #2	16,81	4,49	20,18	20,67	77,46	4,494
6	GIS Bangil	PHT 150KV KIS	10,60	2,55	12,98	13,23	78,89	5,090
7	GIS Bangil	PHT 150KV Lawang	31,86	7,61	36,90	37,67	78,35	4,849

No	Gardu Induk	PHT	L	IMPEDANSI URUTAN NOL				
			km	R0 (ohm)	X0 (ohm)	Z0 (ohm)	Θ	X/R
8	GIS Bangil	PHT 150KV NewPorong	11,37	2,67	12,68	12,96	78,10	4,749
9	GIS Bangil	PHT 150KV Pier #1	5,15	0,97	4,34	4,44	77,37	4,474
10	GIS Bangil	PHT 150KV Pier #2	5,15	0,97	4,34	4,44	77,37	4,474
11	GI Grati	PHT 150KV Gondangwetan #1	21,07	3,98	17,74	18,18	77,37	4,457
12	GI Grati	PHT 150KV Gondangwetan #2	21,07	3,98	17,74	18,18	77,37	4,457
13	GI Grati	PHT 150KV Pier #1	32,92	7,35	40,98	41,64	79,84	5,576
14	GI Grati	PHT 150KV Pier #2	32,92	7,35	40,98	41,64	79,84	5,576

b) Rangkaian Pengganti Urutan Positif dan Negatif

Gambar rangkaian ekivalen berikut merepresentasikan model sistem tenaga listrik dalam bentuk impedansi untuk keperluan analisis gangguan, di mana setiap elemen jaringan dinyatakan sebagai impedansi sumber dan impedansi saluran. Sumber pembangkit dimodelkan sebagai impedansi internal $ZT_{1,2}$ yang terhubung ke bus 150 kV GI Grati. Dari titik ini, jaringan berkembang menjadi beberapa cabang saluran transmisi yang direpresentasikan sebagai impedansi $ZL1_{1,2}$ hingga $ZL9_{1,2}$, yang menghubungkan GI Grati dengan GI Gondang Wetan, GIS Bangil, GI Pier, hingga akhirnya menuju GI Bulukandang



Lampiran Gambar 2 Rangkaian Ekivalen Urutan Positif dan Negatif 1

10. Paralel Grati – Gondang Wetan

$$ZL1_{1,2} = ZL2_{1,2} = 0{,}82 + j5{,}91$$

$$ZP1_{1,2} = \frac{\left((0{,}82 + j5{,}91) * (0{,}82 + j5{,}91)\right)}{((0{,}82 + j5{,}91) + (0{,}82 + j5{,}91))}$$

$$ZP1_{1,2} = \frac{\left((0{,}82 + j5{,}91) * (0{,}82 + j5{,}91)\right)}{2 * (0{,}82 + j5{,}91))}$$

$$ZP1_{1,2} = \frac{0{,}82 + j5{,}91}{2}$$

$$ZP1_{1,2} = (0{,}14 + j2{,}955)\ \Omega$$

11. Paralel Gondang Wetan – Bangil

$$ZL3_{1,2} = ZL4_{1,2} = 1{,}57 + \text{j}6{,}51$$

$$ZP2_{1,2} = \frac{\left((1{,}57 + j6{,}51) * (1{,}57 + j6{,}51)\right)}{((1{,}57 + j6{,}51) + (1{,}57 + j6{,}51))}$$

$$ZP2_{1,2} = \frac{\left((1{,}57 + j6{,}51) * (1{,}57 + j6{,}51)\right)}{2 * (1{,}57 + j6{,}51))}$$

$$ZP2_{1,2} = \frac{1{,}57 + j6{,}51}{2}$$

$$ZP2_{1,2} = (0{,}785 + j3{,}255)\ \Omega$$

12. Paralel Grati – Pier

$$ZL5_{1,2} = ZL6_{1,2} = 2{,}41 + \text{j}13{,}66$$

$$ZP3_{1,2} = \frac{\left((2{,}41 + j13{,}66) * (2{,}41 + j13{,}66)\right)}{((2{,}41 + j13{,}66) + (2{,}41 + j13{,}66))}$$

$$ZP3_{1,2} = \frac{\left((1{,}57 + j6{,}51) * (1{,}57 + j6{,}51)\right)}{2 * (1{,}57 + j6{,}51))}$$

$$ZP3_{1,2} = \frac{1{,}57 + j6{,}51}{2}$$

$$ZP3_{1,2} = (1{,}205 + j6{,}83)\ \Omega$$

13. Paralel Pier – Bangil

$$ZL7_{1,2} = ZL7_{1,2} = 0{,}22 + \text{j}4{,}24$$

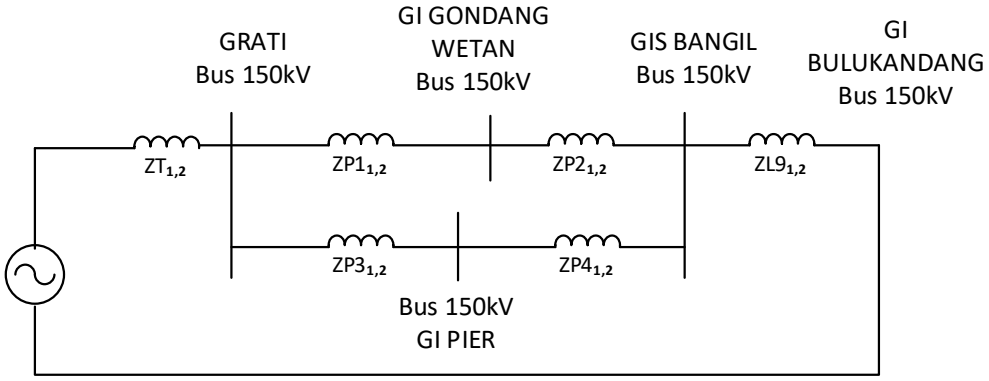
$$ZP4_{1,2} = \frac{\left((0{,}22 + j4{,}24) * (0{,}22 + j4{,}24)\right)}{((0{,}22 + j4{,}24) + (0{,}22 + j4{,}24))}$$

$$ZP4_{1,2} = \frac{\left((0{,}22 + j4{,}24) * (0{,}22 + j4{,}24)\right)}{2 * (0{,}22 + j4{,}24))}$$

$$ZP4_{1,2} = \frac{0{,}22 + j4{,}24}{2}$$

$$ZP4_{1,2} = (0{,}11 + j2{,}12)\ \Omega$$

Dari gambar rangkaian ekivalen tersebut, dapat disederhanakan sebagai berikut,



Lampiran Gambar 3 Rangkaian Ekivalen Urutan Positif dan Negatif 2

14. Impedansi Jalur Atas (Grati → Gondang Wetan → Bangil)

$$ZS1_{1,2} = ZP1_{1,2} + ZP2_{1,2}$$

$$ZS1_{1,2} = (0{,}41 + j2{,}955) + (0{,}785 + j3{,}255)$$

$$ZS1_{1,2} = (0{,}41 + 0{,}785) + j(2{,}955 + 3{,}255)$$

$$ZS1_{1,2} = (1{,}195 + j6{,}21)\ \Omega$$

15. Impedansi Jalur Bawah (Grati → Pier → Bangil)

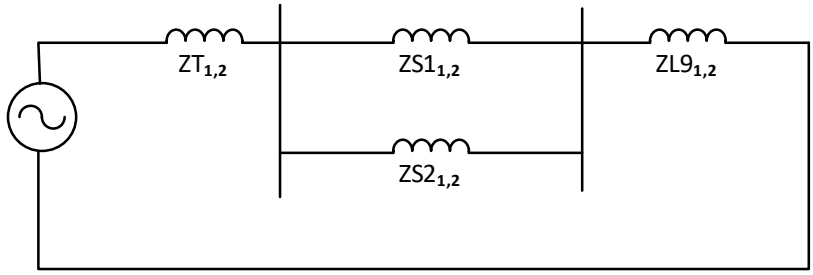
$$ZS2_{1,2} = ZP3_{1,2} + ZP4_{1,2}$$

$$ZS2_{1,2} = (1{,}205 + \text{j}6{,}83) + (0{,}11 + \text{j}2{,}12)$$

$$ZS2_{1,2} = (1{,}205 + 0{,}11) + \text{j}(6{,}83 + 2{,}12)$$

$$ZS2_{1,2} = (1{,}315 + j8{,}95)\ \Omega$$

Gambar rangkaian ekivalen 2 tersebut merupakan bentuk penyederhanaan lanjutan dari jaringan transmisi 150 kV dengan menggabungkan beberapa saluran paralel menjadi satu impedansi ekivalen. Pada model ini, sistem direpresentasikan oleh sumber dengan impedansi internal $ZT_{1,2}$ di GI Grati, kemudian disalurkan melalui dua jalur utama, yaitu jalur atas melalui impedansi $ZP1_{1,2}$ dan $ZP2_{1,2}$, serta jalur bawah melalui $ZP3_{1,2}$ dan $ZP4_{1,2}$ yang merepresentasikan interkoneksi menuju GI Pier. Kedua jalur tersebut kemudian bertemu di GIS Bangil sebelum diteruskan menuju GI Bulukandang melalui impedansi $ZL9_{1,2}$.



Lampiran Gambar 4 Rangkaian ekivalen Urutan Positif dan Negatif 3

16. Impedansi Ekivalen Sistem ke GIS Bangil

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{ZS1_{1,2} \times ZS2_{1,2}}{ZS1_{1,2} + ZS2_{1,2}}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{(1{,}195 + j6{,}21)(1{,}315 + j8{,}95)}{(1{,}195 + j6{,}21) + (1{,}315 + j8{,}95)}$$

Menghitung perkalian dengan persamaan:

(a+jb)(c+jd)=(ac−bd)+j(ad+bc)

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{(1{,}195x1{,}315) - (6{,}21x8{,}95) + j((1{,}195x8{,}95) + (6{,}21x1{,}315)}{4{,}34 + j15{,}16}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{(1{,}572 - 55{,}58) + j(10{,}695 + 8{,}167)}{4{,}34 + j15{,}16}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{-54{,}01 + J18{,}86}{4{,}34 + j15{,}16}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{-54{,}01 + J18{,}86}{4{,}34 + j15{,}16} x \frac{4{,}34 + j15{,}16}{4{,}34 + j15{,}16}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{(-54{,}01 + J18{,}86)x(4{,}34 + j15{,}16)}{(4{,}34 + j15{,}16)^2}$$

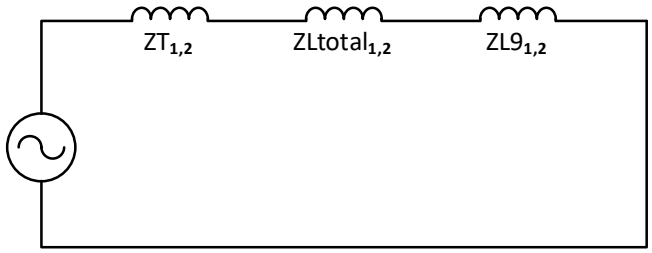
$$ZLtotal_{1,2} = \frac{\left((-54{,}01\ x\ 4{,}34) + (18{,}862\ x\ 15{,}16) + j((18{,}862\ x\ 4{,}34) + (54{,}01\ x\ 15{,}16)\right)}{4{,}34^2 + 15{,}16^2}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{(-135{,}561 + 285{,}594) + j(47{,}335 + 818{,}561)}{6{,}3 + 229{,}826}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{150{,}033 + j865{,}896}{236{,}126}$$

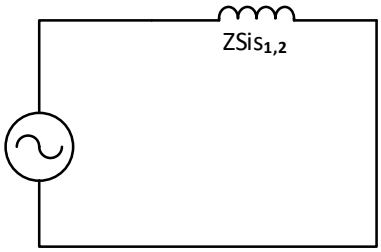
$$ZLtotal_{1,2} = (0{,}635 + j3{,}667)\ \Omega$$

Gambar rangkaian ekivalen 3 menunjukkan bentuk penyederhanaan lebih lanjut dari sistem sebelumnya, di mana seluruh jaringan interkoneksi telah direduksi menjadi dua jalur utama paralel yang direpresentasikan oleh impedansi $ZS1_{1,2}$ dan $ZS2_{1,2}$. Kedua impedansi tersebut merupakan hasil penggabungan dari beberapa saluran transmisi antara GI Grati, GI Gondang Wetan, dan GI Pier menuju GIS Bangil. Sumber sistem tetap dimodelkan sebagai impedansi $ZT_{1,2}$, sedangkan saluran menuju GI Bulukandang direpresentasikan secara terpisah sebagai impedansi $ZL_{1,2}$.



Lampiran Gambar 5 Rangkaian Ekivalen Urutan Positif dan Negatif 4

Gambar rangkaian ekivalen 4 merupakan bentuk penyederhanaan akhir dari seluruh sistem jaringan transmisi 150 kV yang sebelumnya terdiri dari banyak jalur interkoneksi. Pada model ini, seluruh jaringan dari GI Grati hingga GIS Bangil telah direduksi menjadi satu impedansi ekivalen total yang dinyatakan sebagai $ZLtotal_{1,2}$. Sumber tetap direpresentasikan oleh impedansi internal $ZT_{1,2}$, sedangkan saluran menuju GI Bulukandang tetap dipertahankan sebagai impedansi $ZL9_{1,2}$ karena menjadi fokus titik analisis gangguan.



Lampiran Gambar 6 Rangkain Ekivalen Urutan Positif dan Negatif 5

17. Zsis = ZT + ZLtotal + ZL9

$$\text{ZSis}_{1,2} = 10 + (0{,}635 + \text{j}3{,}667) + (3{,}25 + \text{j}11{,}12)$$

$$\mathrm{ZSis}_{1,2} = (10 + 0{,}635 + 3{,}25) + \mathrm{j}(3{,}667 + 11{,}12)\ \Omega$$
$$\mathrm{ZSis}_{1,2} = (13{,}885 + \mathrm{j}14{,}787)\ \Omega$$

18. Magnitudo Impedansi

$$\left|\mathrm{ZSis}_{1,2}\right| = \sqrt{(13{,}885)^2 + (14{,}787)^2}$$
$$\left|\mathrm{ZSis}_{1,2}\right| = \sqrt{192{,}78 + 218{,}64}$$
$$\left|\mathrm{ZSis}_{1,2}\right| = \sqrt{411{,}42}$$
$$\left|\mathrm{ZSis}_{1,2}\right| \approx 20{,}29\ \Omega$$

19. Sudut dan X/R

$$\frac{X}{R} = \frac{14{,}787}{13{,}885} = 1{,}065$$
$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$$
$$\theta = tan^{-1} 1{,}065$$
$$\theta \approx 46{,}8^0$$

HASIL AKHIR:

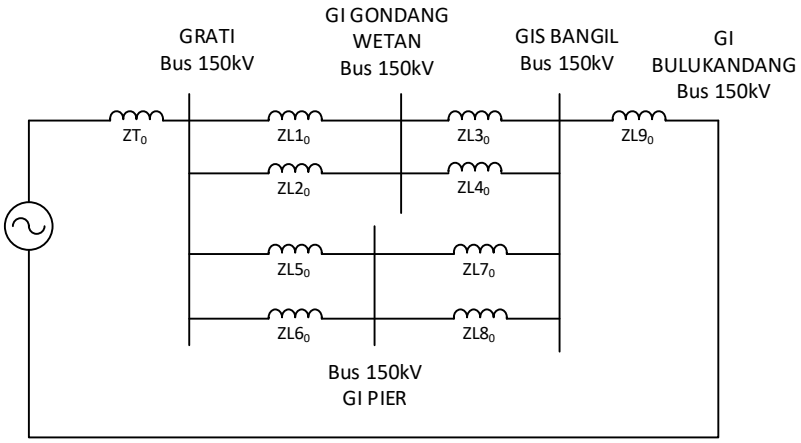
$$\left|\mathrm{ZSis}_{1,2}\right| \approx 20{,}29\ \Omega \angle\ \theta \approx 46{,}8^0$$

Gambar rangkaian ekivalen 5 merupakan bentuk paling sederhana dari keseluruhan sistem yang telah direduksi hingga hanya menyisakan sumber dan satu impedansi ekivalen total yang dinyatakan sebagai $ZSis_{1,2}$. Impedansi ini merupakan hasil penyatuan seluruh komponen impedansi sebelumnya, mulai dari impedansi sumber $ZT_{1,2}$, impedansi jaringan transmisi, hingga saluran menuju titik gangguan. Dengan demikian, seluruh sistem tenaga listrik direpresentasikan sebagai satu rangkaian seri tunggal.

Model ini akan digunakan untuk analisis dasar arus hubung singkat, khususnya dalam menentukan besarnya arus gangguan maksimum atau minimum pada suatu titik dalam sistem. Dengan hanya satu impedansi total, perhitungan menjadi lebih sederhana karena arus gangguan ditentukan langsung oleh tegangan sumber dibagi dengan impedansi ekivalen sistem.

c) Rangkaian Pengganti Urutan Nol

Gambar rangkaian ekivalen urutan nol (sequence 0) menggambarkan model jaringan transmisi 150 kV dengan mempertimbangkan jalur arus gangguan ke tanah. Berbeda dengan urutan positif, pada urutan nol arus gangguan kembali melalui tanah atau kawat netral. Sumber sistem di GI Grati direpresentasikan oleh impedansi urutan nol ZT_0, kemudian arus mengalir melalui jaringan interkoneksi menuju GIS Bangil dan akhirnya ke GI Bulukandang.



Lampiran Gambar 7 Rangkaian Ekivalen Urutan Nol 1

10. Paralel Grati – Gondang Wetan

$$ZL1_0 = ZL1_0 = 3{,}98 + j17{,}74$$

$$ZP1_0 = \frac{\big((3{,}98 + j17{,}74) * (3{,}98 + j17{,}74)\big)}{((3{,}98 + j17{,}74) + (3{,}98 + j17{,}74))}$$

$$ZP1_0 = \frac{\big((3{,}98 + j17{,}74) * (3{,}98 + j17{,}74)\big)}{2 * (3{,}98 + j17{,}74))}$$

$$ZP1_0 = \frac{3{,}98 + j17{,}74}{2}$$

$$ZP1_0 = (1{,}99 + j8{,}87)\ \Omega$$

11. Paralel Gondang Wetan – Bangil

$$ZL3_0 = ZL4_0 = 4{,}49 + \text{j}20{,}18$$

$$ZP2_0 = \frac{\big((4{,}49 + j20{,}18) * (4{,}49 + j20{,}18)\big)}{((4{,}49 + j20{,}18) + (4{,}49 + j20{,}18))}$$

$$ZP2_0 = \frac{\big((4{,}49 + j20{,}18) * (4{,}49 + j20{,}18)\big)}{2 * (4{,}49 + j20{,}18))}$$

$$ZP2_0 = \frac{4{,}49 + j20{,}18}{2}$$

$$ZP2_0 = (2{,}245 + j10{,}09)\ \Omega$$

12. Paralel Grati – Pier

$$ZL5_0 = ZL6_0 = 7{,}35 + \text{j}40{,}98$$

$$ZP3_0 = \frac{\big((\,7{,}35 + j40{,}98) * (\,7{,}35 + j40{,}98)\big)}{((\,7{,}35 + j40{,}98) + (\,7{,}35 + j40{,}98))}$$

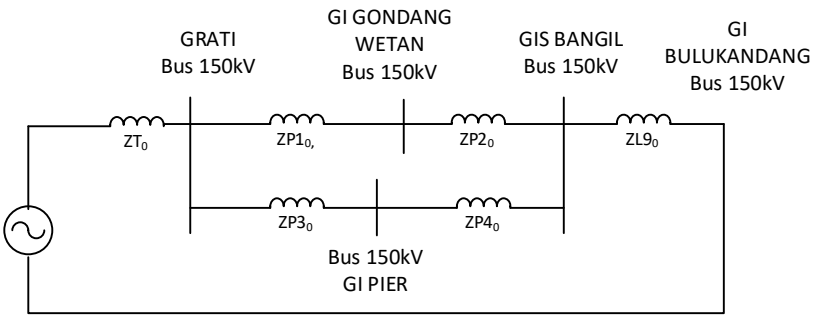
$$ZP3_0 = \frac{\big((\,7{,}35 + j40{,}98) * (\,7{,}35 + j40{,}98)\big)}{2 * (\,7{,}35 + j40{,}98))}$$

$$ZP3_0 = \frac{7{,}35 + j40{,}98}{2}$$
$$ZP3_0 = (3{,}675 + j20{,}49)\ \Omega$$

13. Paralel Pier – Bangil

$$ZL7_0 = ZL7_0 = 0{,}97 + \text{j}4{,}34$$
$$ZP4_0 = \frac{\left((0{,}97 + j4{,}34) * (0{,}97 + j4{,}34)\right)}{((0{,}97 + j4{,}34) + (0{,}97 + j4{,}34))}$$
$$ZP4_0 = \frac{\left((0{,}97 + j4{,}34) * (0{,}97 + j4{,}34)\right)}{2 * (0{,}97 + j4{,}34))}$$
$$ZP4_0 = \frac{0{,}97 + j4{,}34}{2}$$
$$ZP4_0 = (0{,}485 + j2{,}17)\ \Omega$$

Struktur rangkaian menunjukkan adanya beberapa jalur paralel, yaitu jalur utama melalui GI Gondang Wetan serta jalur alternatif melalui GI Pier. Hal ini menandakan bahwa pada gangguan satu fasa ke tanah, arus tidak hanya mengalir dari satu arah, tetapi merupakan gabungan dari beberapa jalur yang terhubung secara paralel.



Lampiran Gambar 8 Rangkaian Ekivalen Urutan Nol 2

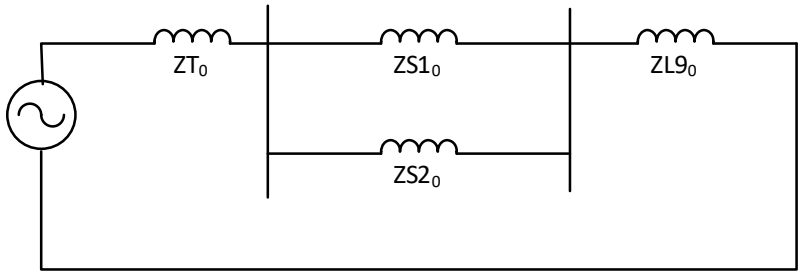
14. Impedansi Jalur Atas (Grati → Gondang Wetan → Bangil)

$$ZS1_0 = ZP1_0 + ZP2_0$$
$$ZS1_0 = (1{,}99 + \text{j}8{,}87) + (2{,}245 + \text{j}10{,}09)$$
$$ZS1_0 = (1{,}99 + 2{,}245) + \text{j}(8{,}87 + 10{,}09)$$
$$ZS1_0 = (4{,}235 + j18{,}96)\ \Omega$$

15. Impedansi Jalur Bawah (Grati → Pier → Bangil)

$$ZS2_0 = ZP3_0 + ZP4_0$$
$$ZS2_0 = (3{,}675 + \text{j}20{,}49) + (0{,}485 + \text{j}2{,}17)$$
$$ZS2_0 = (3{,}675 + 0{,}485) + \text{j}(20{,}49 + 2{,}17)$$
$$ZS2_0 = (4{,}16 + j22{,}66)\ \Omega$$

Gambar rangkaian ekivalen 2 urutan nol menunjukkan hasil penyederhanaan jaringan gangguan tanah dari model sebelumnya dengan menggabungkan beberapa saluran paralel menjadi impedansi ekivalen. Pada model ini, sistem direpresentasikan oleh sumber dengan impedansi urutan nol ZT_0, kemudian terbagi menjadi dua jalur utama, yaitu jalur atas melalui mewakili lintasan Grati – Gondang Wetan – Bangil, serta jalur bawah melalui mewakili lintasan Grati – Pier – Bangil. Kedua jalur tersebut bergabung di GIS Bangil dan dilanjutkan menuju GI Bulukandang.



Lampiran Gambar 9 Rangkaian Ekivalen Urutan Nol 3

16. Impedansi Ekivalen Sistem ke GIS Bangil

$$ZLtotal_0 = \frac{ZS1_0 \times ZS2_0}{ZS1_0 + ZS2_0}$$

$$ZLtotal_0 = \frac{(4{,}234 + j18{,}96)\ x\ (4{,}16 + j22{,}66)}{(4{,}234 + j18{,}96) + (4{,}16 + j22{,}66)}$$

Menghitung perkalian dengan persamaan:

(a+jb)(c+jd)=(ac−bd)+j(ad+bc)

$$ZLtotal_0 = \frac{(4{,}235\ x\ 4{,}16) - (18{,}96\ x\ 22{,}66) + j((4{,}235\ x\ 22{,}66) + (18{,}96\ x\ 4{,}16)}{8{,}395 + j41{,}62}$$

$$ZLtotal_0 = \frac{(17{,}618 - 429{,}634) + j(95{,}957 + 78{,}874)}{8{,}395 + j41{,}62}$$

$$ZLtotal_0 = \frac{-412{,}016 + J174{,}831}{8{,}395 + j41{,}62}$$

$$ZLtotal_0 = \frac{-412{,}016 + J174{,}831}{8{,}395 + j41{,}62}\ x\ \frac{8{,}395 + j41{,}62}{8{,}395 + j41{,}62}$$

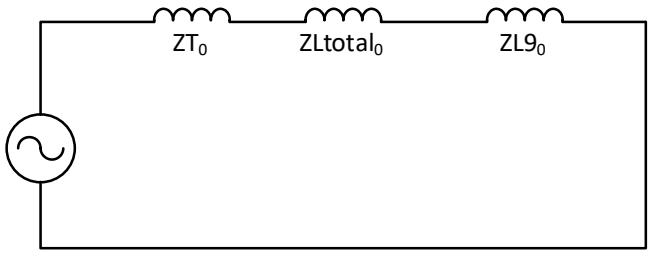
$$ZLtotal_0 = \frac{(-412{,}016 + J174{,}831)x(8{,}395 + j41{,}62)}{(8{,}395 + j41{,}62)^2}$$

$$ZLtotal_{1,2} = \frac{\big((-412{,}016x8{,}395) + (174{,}831x41{,}62) + j((174{,}831x8{,}395) + (412{,}016x41{,}62))\big)}{(8{,}395)^2 + (41{,}62)^2}$$

$$ZLtotal_0 = \frac{(-3457 + 7276{,}7) + j(1466{,}7 + 17150{,}5)}{70{,}46 + 1732{,}22}$$

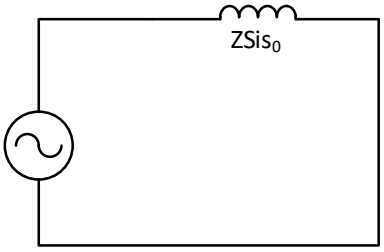
$$ZLtotal_0 = \frac{3819{,}7 + j18617{,}2}{1802{,}68}$$
$$ZLtotal_0 = (2{,}12 + j10{,}33)\ \Omega$$

Gambar rangkaian ekivalen urutan nol 3 merupakan tahap penyederhanaan lanjutan dari jaringan gangguan satu fasa ke tanah, di mana seluruh jalur interkoneksi telah direduksi menjadi dua impedansi paralel, yaitu ZS_{10} dan ZS_{20}. Kedua impedansi ini merepresentasikan gabungan jalur dari arah GI Gondang Wetan dan GI Pier menuju GIS Bangil dalam kondisi urutan nol. Sumber sistem tetap dimodelkan sebagai impedansi ZT_0, sedangkan saluran menuju GI Bulukandang direpresentasikan sebagai ZL_{90}.



Lampiran Gambar 10 Rangkaian Ekivalen Urutan Nol 4

Gambar rangkaian ekivalen urutan nol 4 merupakan bentuk penyederhanaan akhir dari jaringan urutan nol, di mana seluruh jalur interkoneksi telah digabungkan menjadi satu impedansi ekivalen total yang dinyatakan sebagai $Z_{Ltotal\,o}$. Pada model ini, sistem direpresentasikan secara sederhana sebagai rangkaian seri yang terdiri dari impedansi sumber Z_{T0}, impedansi jaringan total $ZL_{total\,0}$, dan impedansi saluran menuju titik gangguan ZL_{90} (arah GI Bulukandang).



Lampiran Gambar 11 Rangkaian Ekivalen Urutan Nol 5

17. Zsis = ZT + ZLtotal + ZL9

$$\text{ZSis}_0 = 10 + (2{,}12 + \text{j}10{,}33\ \Omega) + (7{,}42 + \text{j}33{,}35)$$
$$\text{ZSis}_0 = (10 + 2{,}12 + 7{,}42) + \text{j}(10{,}33 + 33{,}35)\ \Omega$$
$$\text{ZSis}_0 = (19{,}54 + \text{j}43{,}68)\ \Omega$$

18. Magnitudo Impedansi

$$|\text{ZSis}_0| = \sqrt{(19{,}54)^2 + (43{,}68)^2}$$

$$|\text{ZSis}_0| = \sqrt{381{,}81 + 1908{,}50}$$
$$|\text{ZSis}_0| = \sqrt{2290{,}31}$$
$$|\text{ZSis}_0| \approx 47{,}86\ \Omega$$

19. Sudut dan X/R

$$\frac{X}{R} = \frac{43{,}68}{19{,}54} = 2{,}24$$
$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$$
$$\theta = tan^{-1} 2{,}24$$
$$\theta \approx 65{,}9^0$$

HASIL AKHIR:

$$|\text{ZSis}_0| \approx 47{,}86\ \Omega \angle\ \theta \approx 65{,}9^0$$

Gambar rangkaian ekivalen urutan nol 5 menunjukkan tahap penyederhanaan paling akhir dari sistem urutan nol, di mana seluruh jaringan mulai dari impedansi sumber, saluran transmisi, hingga jalur interkoneksi telah direduksi menjadi satu impedansi ekivalen total yang dinyatakan sebagai $ZSis_0$. Dengan demikian, sistem hanya direpresentasikan sebagai sumber yang dihubungkan langsung dengan satu impedansi tunggal dalam rangkaian seri.

Model ini digunakan untuk mempermudah analisis gangguan satu fasa ke tanah, khususnya dalam menentukan besarnya arus gangguan urutan nol secara keseluruhan. Nilai arus gangguan sepenuhnya ditentukan oleh perbandingan antara tegangan sumber dan impedansi total $ZSis_0$. Semakin besar impedansi total, maka arus gangguan yang mengalir akan semakin kecil, dan sebaliknya.

B. Perhitungan Arus Hubung Singkat

a) Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah (phasa

Gangguan satu fasa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12 [37] sebagai berikut:

$$If = \frac{V_{p-n}}{(Z1 + Z2 + Z0 + 3Zf)}$$

$$If = \frac{86.6}{(20{,}29 + 20{,}29 + 47{,}86 + 0)}$$

$$If = \frac{86}{88{,}44}$$

$$If = 0{,}98\ kA$$

b) Arus Hubung Singkat 2 Fasa

Gangguan dua fasa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13 [37] sebagai berikut:

$$If = \frac{V_{p-p}}{(Z1 + Z2 + Zf)}$$

$$If = \frac{150}{(20{,}29 + 20{,}29 + 0)}$$

$$If = \frac{150}{(40{,}58)}$$

$$If = 3{,}70\ kA$$

c) Arus Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah

Gangguan dua fasa ke tanah dihitung dengan menggunakan persamaan 2.14 [37] sebagai berikut:

$$If = \frac{V_{p-n}}{Z1 + \frac{Z2(Z0 + 3Zf)}{Z2 + Z0 + 3Zf)}}$$

$$If = \frac{86{,}6}{20{,}29 + \frac{20{,}29\ x\ (47{,}86 + 0)}{20{,}29 + 47{,}86 + 0}}$$

$$If = \frac{86{,}6}{20{,}29 + \frac{971{,}11}{68{,}15}}$$

$$If = \frac{86{,}6}{20{,}29 + 14{,}25}$$

$$If = \frac{86{,}6}{34{,}54}$$

$$If = 2{,}51\ kA$$

d) Arus Hubung Singkat 3 Fasa

Gangguan tiga fasa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11 [37] sebagai berikut:

$$If = \frac{V_{p-n}}{Z1}$$

$$If = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}}.150}{20{,}29}$$

$$If = \frac{86{,}6}{20{,}29}$$

$$If = 4{,}27\ kA$$

Lampiran Tabel 3. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat

Gangguan	Rumus	Arus (kA)
Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah	$If = \frac{V_{p-n}}{(Z1 + Z2 + Z0 + 3Zf)}$	0,98
Arus Hubung Singkat 2 Fasa	$If = \frac{\sqrt{3}.V_{p-p}}{(Z1 + Z2 + Zf)}$	3,70
Arus Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah	$If = \frac{V_{p-n}}{Z1 + \frac{Z2(Z0 + 3Zf)}{Z2 + Z0 + 3Zf)}}$	2,51
Arus Hubung Singkat 3 Fasa	$If = \frac{V_{p-n}}{Z1}$	4,27

Lampiran 16. Simulasi ETAP 21.0.1

Perhitungan Impedansi Sumber

Impedansi sumber merupakan parameter penting dalam analisis sistem tenaga listrik, khususnya dalam perhitungan arus hubung singkat. Nilai impedansi ini merepresentasikan kontribusi sistem pembangkit dan jaringan terhadap arus gangguan yang terjadi pada suatu titik dalam sistem, dalam hal ini pada GIS 150 kV Bangil – Bay Bulukandang.

Perhitungan impedansi sumber dilakukan berdasarkan data arus hubung singkat sistem Jawa-Bali tahun 2025, di mana nilai arus hubung singkat tiga fasa maksimum digunakan sebagai acuan utama. Berdasarkan standar ANSI C57.12.10, transformator pembangkit dengan kapasitas 500 MVA pada sistem ini termasuk dalam kategori transformator daya besar (>500 kVA), sehingga nilai impedansi persentase (%Z) dapat mengacu pada tabel standar tersebut. Untuk level tegangan sisi tinggi sebesar 150 kV, posisi ini berada pada rentang 138 < kV ≤ 161, dan karena transformator menggunakan On Load Tap Changer (LTC), maka nilai impedansi tipikal yang digunakan adalah sekitar 10,0%.

Nilai impedansi ini merepresentasikan reaktansi internal transformator yang sangat berpengaruh terhadap pembatasan arus hubung singkat pada sisi sistem. Dalam analisis sistem tenaga, impedansi trafo ini biasanya dinyatakan dalam bentuk per-unit (pu) atau ohm, tergantung basis yang digunakan. Dengan kapasitas besar seperti 500 MVA, nilai impedansi 10% menunjukkan bahwa transformator memiliki kemampuan membatasi arus gangguan secara moderat yang tidak terlalu kecil (yang menyebabkan arus gangguan sangat besar), namun juga tidak terlalu besar (yang dapat mengurangi sensitivitas proteksi).

$ZT_{1,2} = 10\%$

2 Unit Trafo Pembangkit dengan daya masing – masing = 500 MVA

Tegangan Sekunder = 150 kV

$Diketahui$:

$Z_{T1,2,0} = 10\%$

$\text{MVA}_{total} = 2 \times 500 = 1000\,\text{MVA}$

$V = 150\,\text{kV}$

$$I_{sc} = \frac{\text{MVA}}{V}$$

$$I_{sc} = \frac{1000}{150} = 6.67\,\text{kA}$$

Karena ada 2 penghantar keluaran dari pembangkit ke ke GI Pier dan GI Gondangwetan, maka Isc:

$$I_{sc} = \frac{2 \times 500}{150} = 6.67\,\text{kA}$$

$$I_{sc_per_line} = \frac{I_{sc}}{2}$$

$$I_{sc_per_line} = \frac{6.67}{2} = 3.33\,\text{kA}$$

Menghitung nilai MVASC

$V = 150\,\text{kV}$

$I_{sc} = 6.67\,\text{kA}$

$\text{MVASC} = \sqrt{3} \times V \times I_{sc}$

$\text{MVASC} = \sqrt{3} \times 150 \times 6.67$

$\text{MVASC} = 1732\,\text{MVA}$

Karena ada 2 penghantar keluaran dari pembangkit ke GI Pier dan GI Gondangwetan, maka MVAsc:

$$MVA_{sc} = \frac{1732}{2} = 866\,\text{kA}$$

Project:		Page:	1
Location:	**ETAP**	Date:	04-05-2026
Contract:	21.0.1C	SN:	0809449000
Engineer:		Revision:	Base
Filename: CBF OFF	Study Case: SC	Config.:	Normal

Short-Circuit Summary Report

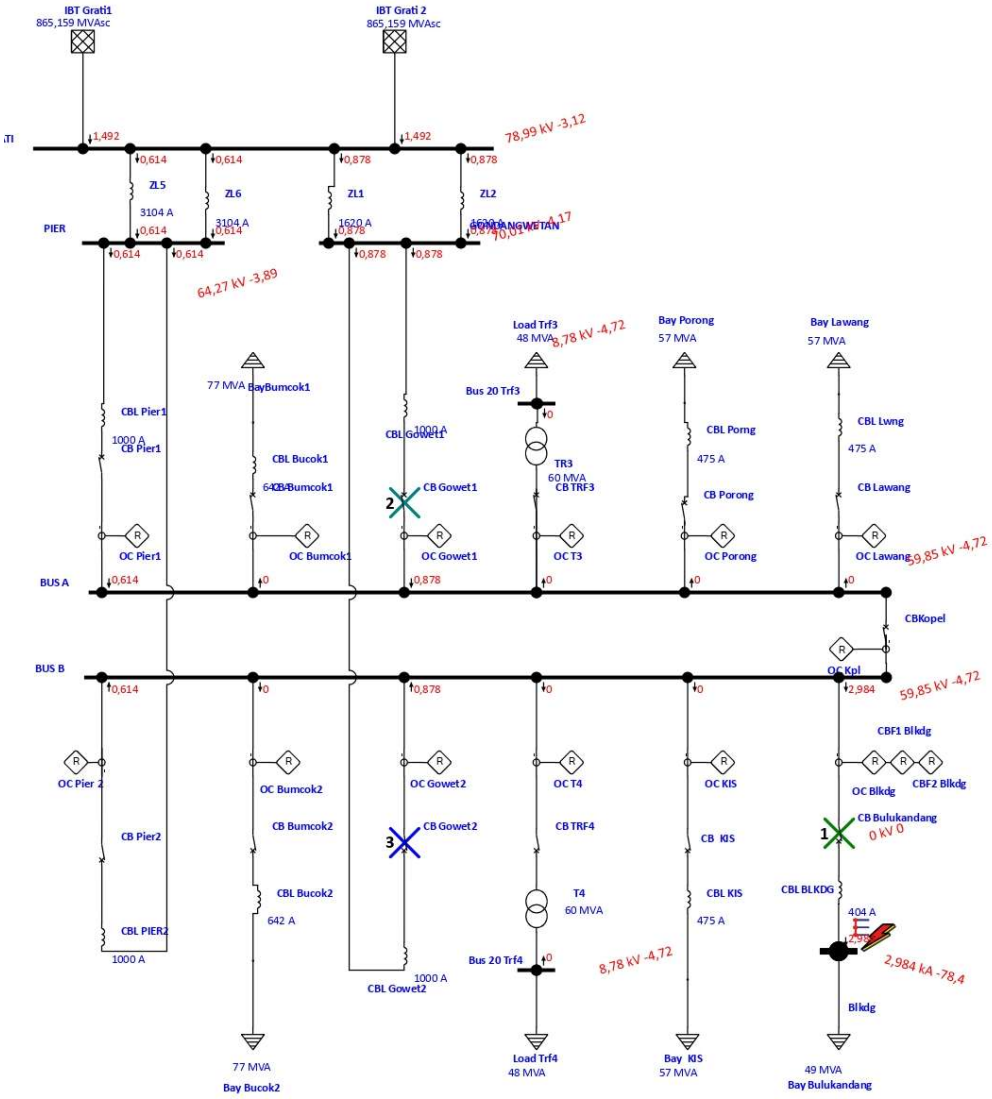
30 Cycle - 3-Phase, LG, LL, & LLG Fault Currents

Prefault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

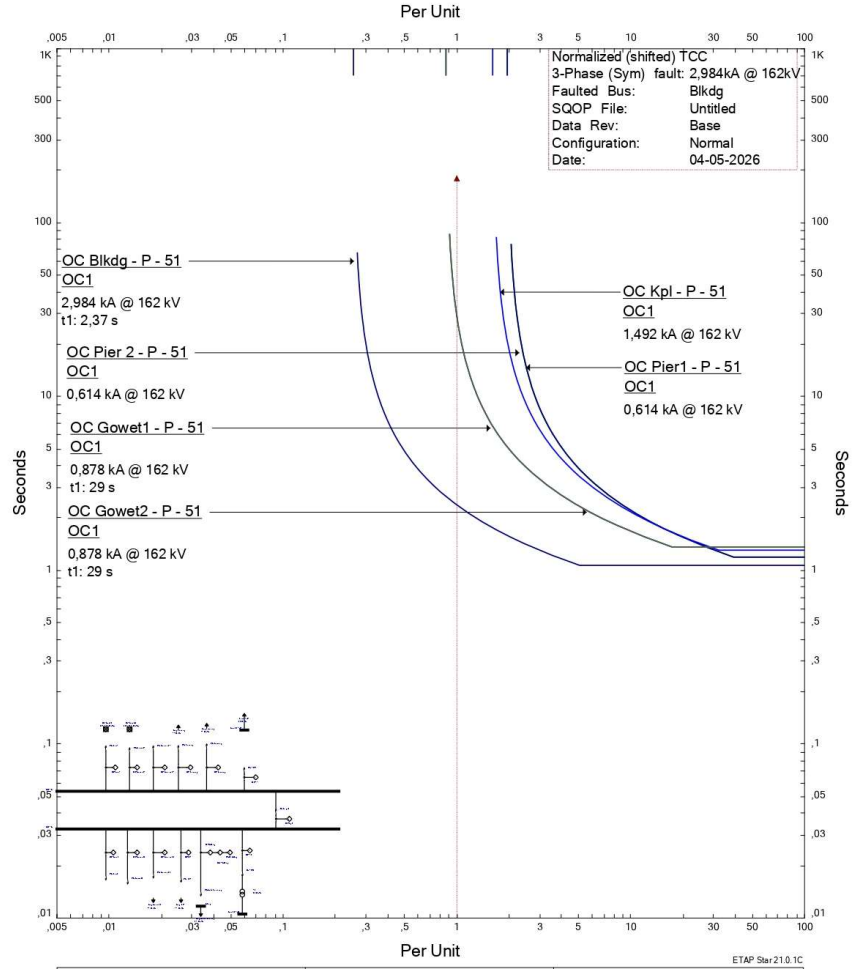
Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault			*Line-to-Line-to-Ground		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
Blkdg	150.000	0.580	-2.788	2.848	0.500	-2.366	2.418	2.415	0.502	2.466	-2.634	0.525	2.686

All fault currents are symmetrical (30 Cycle network) values in rms kA.
* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

Lampiran Gambar 12 Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat dengan Software ETAP



Lampiran Gambar 13 Simulasi Gangguan dengan CBF tidak Aktif



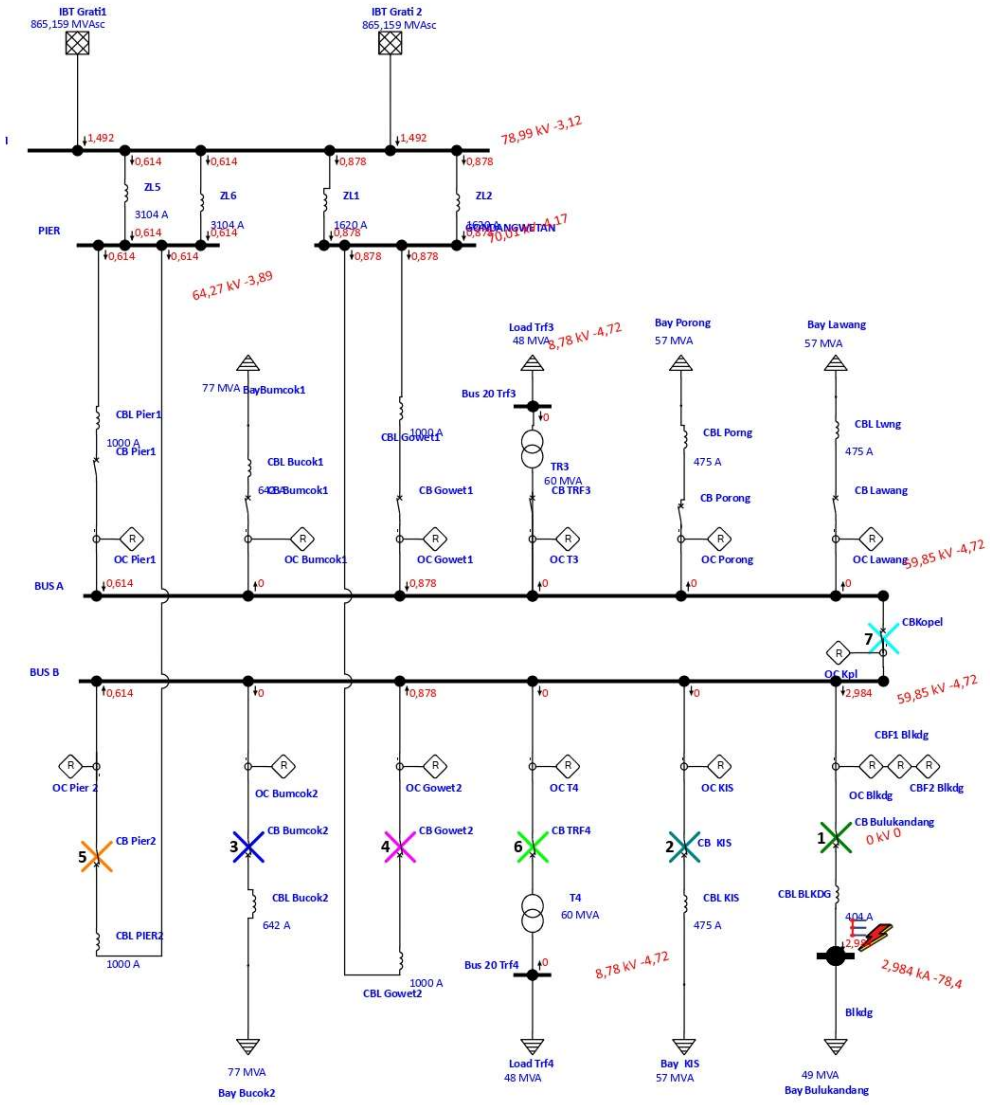
Project: ETAP 21.0.1C Page: 1
Location: Date: 04-05-2026
Contract: SN: 0809449000
Engineer: Revision: Base
Filename: CBF OFF Study Case: SM Config.: Normal

Sequence-of-Operation Event Summary Report

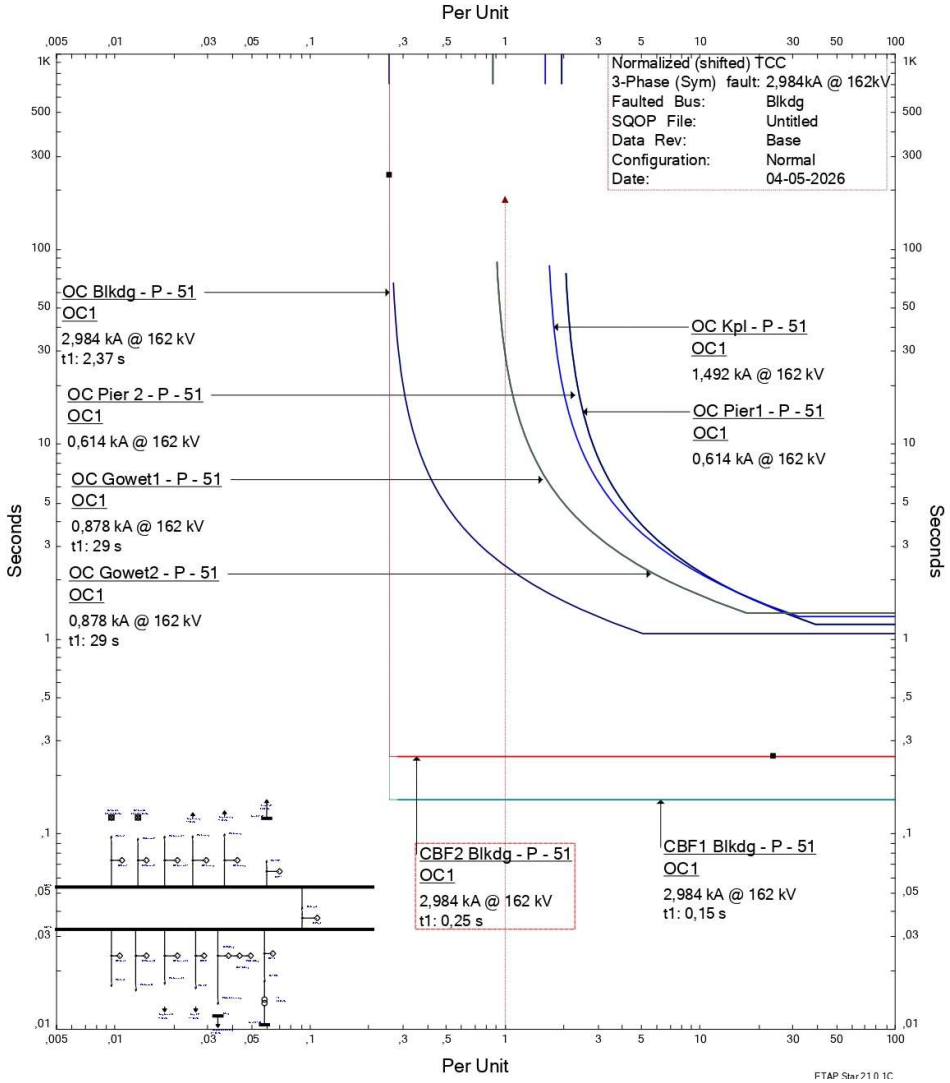
Symmetrical 3-Phase Fault at Blkdg.

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
2373	OC Blkdg	2.984	2373		Phase - OC1 - 51
2433	CB Bulukandang		60,0		Tripped by OC Blkdg Phase - OC1 - 51
28976	OC Gowet1	0.878	28976		Phase - OC1 - 51
28976	OC Gowet2	0.878	28976		Phase - OC1 - 51
29036	CB Gowet1		60,0		Tripped by OC Gowet1 Phase - OC1 - 51
29036	CB Gowet2		60,0		Tripped by OC Gowet2 Phase - OC1 - 51

Lampiran Gambar 14 Kurva Waktu Kerja Relai Bay Terdampak



Lampiran Gambar 15 Simulasi Gangguan dengan CBF tidak Aktif



Lampiran Gambar 16 Kurva Waktu Kerja Relai Bay Terdampak CBF

Project:	**ETAP**	Page:	1
Location:	21.0.1C	Date:	04-05-2026
Contract:		SN:	0809449000
Engineer:		Revision:	Base
Filename: CBF OFF	Study Case: SM	Config.:	Normal

Sequence-of-Operation Event Summary Report

Symmetrical 3-Phase Fault at Blkdg.

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
150	CBF1 Blkdg	2.984	150		Phase - OC1 - 51
210	CB Bulukandang		60,0		Tripped by CBF1 Blkdg Phase - OC1 - 51
250	CBF2 Blkdg	2.984	250		Phase - OC1 - 51
310	CB KIS		60,0		Tripped by CBF2 Blkdg Phase - OC1 - 51
310	CB Bumcok2		60,0		Tripped by CBF2 Blkdg Phase - OC1 - 51
310	CB Gowet2		60,0		Tripped by CBF2 Blkdg Phase - OC1 - 51
310	CB Pier2		60,0		Tripped by CBF2 Blkdg Phase - OC1 - 51
310	CB TRF4		60,0		Tripped by CBF2 Blkdg Phase - OC1 - 51
310	CBKopel		60,0		Tripped by CBF2 Blkdg Phase - OC1 - 51
2373	OC Blkdg	2.984	2373		Phase - OC1 - 51
2433	CB Bulukandang		60,0		Tripped by OC Blkdg Phase - OC1 - 51
28976	OC Gowet1	0.878	28976		Phase - OC1 - 51
28976	OC Gowet2	0.878	28976		Phase - OC1 - 51
29036	CB Gowet1		60,0		Tripped by OC Gowet1 Phase - OC1 - 51
29036	CB Gowet2		60,0		Tripped by OC Gowet2 Phase - OC1 - 51

Lampiran Gambar 17 Urutan Kerja Peralatan Bay Terdampak CBF

Lampiran 17. Lembar Persetujuan Cetak Buku Tugas Akhir

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 (UNTAG) SURABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
Kampus : Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya 60118 Telp. +62 31 5931800 (hunting) Fax, +62 31 5927817
- Program Studi Teknik Elektro
- Program Studi Teknik Informatika
- Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi
- Program Studi Teknik Robotika & Kecerdasan Buatan
Homepage : fteic.untag-sby.ac.id Email : fteic@untag-sby.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN CETAK BUKU TUGAS AKHIR

Nama	:	PUNGKY SETIAWAN
NPM	:	1452300064
Program Studi	:	☑ **Teknik Elektro** ☐ **Teknik Informatika** ☐ **Sistem dan Teknologi Informasi** ☐ **Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan**
Judul Tugas Akhir	:	ANALISIS KINERJA RELAY CIRCUIT BREAKER FAILURE MCTI40 PADA BAY BULUKANDANG DI GIS 150 KV BANGIL
Nama Dosen Pembimbing	:	1.) Ir. Gatut Budiono, M.Sc. ( ) NPP. 20450248842 2.) Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T ( ) NPP. 0724099601

** Lembar persetujuan ini digunakan untuk proses cetak, penggandaan dan penjilidan Buku Tugas Akhir yang telah disetujui oleh Dosen Pembimbing dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.