

RPP BERBASIS STEM

A. Identitas

1. Sekolah : SMKN 1 Maumere
2. Mata Pelajaran : Proteksi Jaringan Tenaga Listrik
3. Kelas/Semester : XII / VI
4. Materi Pokok : Menganalisis Koordinasi Proteksi Gardu Induk
5. Alokasi Waktu : 18 x 45 menit

B. Kompetensi Inti (KI)

KOMPETENSI INTI 3 (PENGETAHUAN)	KOMPETENSI INTI 4 (KETERAMPILAN)
Memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi tentang pengetahuan faktual, konseptual, operasional dasar, dan metakognitif sesuai dengan bidang dan lingkup kerja Teknik Jaringan Tenaga Listrik pada tingkat teknis, spesifik, detil, dan kompleks, berkenaan dengan ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam konteks pengembangan potensi diri sebagai bagian dari keluarga, sekolah, dunia kerja, warga masyarakat nasional, regional, dan internasional.	Melaksanakan tugas spesifik dengan menggunakan alat, informasi, dan prosedur kerja yang lazim dilakukan serta memecahkan masalah sesuai dengan bidang kerja Teknik Jaringan Tenaga Listrik. Menampilkan kinerja di bawah bimbingan dengan mutu dan kuantitas yang terukur sesuai dengan standar kompetensi kerja. Menunjukkan keterampilan menalar, mengolah, dan menyaji secara efektif, kreatif, produktif, kritis, mandiri, kolaboratif, komunikatif, dan solutif dalam ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah, serta mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung. Menunjukkan keterampilan mempersepsi, kesiapan, meniru, membiasakan, gerak mahir, menjadikan gerak alami dalam ranah konkret terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah, serta mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

C. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

KD 3	IPK KD3
3.13 Menganalisis koordinasi proteksi gardu induk	3.13.1 Menjelaskan perhitungan Seting relai 3.13.2 Menjelaskan perhitungan dan analisis arus gangguan hubung singkat
KD 4	IPK KD 4
4.13 Memeriksa Koordinasi Proteksi Gardu Induk	4.13.1 Menganalisis proteksi gardu induk dengan ETAP

D. Tujuan Pembelajaran

1. Siswa mampu melakukan perhitungan Seting relai
2. Siswa mampu melakukan perhitungan dan analisis arus gangguan hubung singkat
3. Siswa mampu melakukan analisis proteksi gardu induk dengan ETAP

E. Materi Pembelajaran

1. Seting relai OCR dan GFR
2. Perhitungan arus gangguan hubung singkat
3. Pengenalan software ETAP

F. Pendekatan/ Model/Metode Pembelajaran

Pendekatan STEM/Project Based Learning (PBL)/Diskusi dan Tanya Jawab, Praktek Kerja

G. Media/Alat dan Bahan Pembelajaran

1. Komputer/Laptop
2. Google Meet
3. Software ETAP

H. Sumber Belajar

1. Buku Siswa Kelas XII Proteksi Jaringan Tenaga Listrik (*terlampir*)
2. Job Sheet (*terlampir*)
3. Koneksi Internet

I. Langkah-langkah Pembelajaran

Pertemuan Pertama (6 JP)

No	Tahap	Kegiatan	Karakter	Estimasi Waktu
1	Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none">• Guru menyampaikan salam dan mengecek kesiapan dan kehadiran peserta didik• Peserta didik berdoa untuk memulai pelajaran• Peserta didik diminta mengungkapkan apa yang mereka pikirkan tentang proteksi gardu induk• Guru menyampaikan tujuan pembelajaran		20''
2	Inti	<p>a. Reflection Fase 1</p> <ul style="list-style-type: none">• Guru membagi siswa menjadi beberapa kelompok• Guru memberikan pertanyaan menantang yaitu peserta didik menyebutkan relai-relai arus lebih yang digunakan pada gardu induk• Guru mengajukan pertanyaan apa perbedaan relai arus lebih (OCR) dengan relai hubung tanah (GFR)• Guru menyampaikan tentang kegiatan praktek yang akan dilakukan peserta didik yaitu seting relai OCR menggunakan ETAP• Guru membagi Job Sheet kepada peserta didik <p>b. Reflection Fase 2</p> <ul style="list-style-type: none">• Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mencari sumber-sumber yang relevan materi Koordinasi Proteksi Gardu Induk• Guru membimbing peserta didik untuk menentukan langkah-langkah praktek seting relai OCR	Berbasis STEM	230''

		<p>yaitu mulai dari menempatkan komponen-komponen dan memasukan variabel pada ETAP</p> <p>c. Discovery</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mendiskusikan praktek yang akan dikerjakan • Guru memberikan bimbingan kepada siswa untuk menuliskan ide/rencana setiap peserta didik dalam melaksanakan praktek • Guru memberikan bimbingan kepada peserta didik untuk menentukan rancangan praktek arus hubung singkat <p>d. Application Peserta didik membuat rancangan tugas praktek</p> <p>e. Communication</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siswa mempresentasikan hasil karya kepada teman-temannya dan guru • Siswa meminta dan menerima saran dan masukan dari teman-temannya dan guru • Siswa memperbaiki hasil praktek berdasarkan masukan dari teman-teman dan guru 		
3	Penutup	<p>a. Siswa menyimpulkan hasil pembelajaran tentang tugas praktek</p> <p>b. Guru memberikan apresiasi kepada kelompok yang aktif mengerjakan tugas praktek</p> <p>c. Guru menyampaikan kegiatan yang akan dibahas pada pertemuan berikutnya.</p>		20"

Pertemuan Kedua (12 JP)

No	Tahap	Kegiatan	Karakter	Estimasi Waktu
1	Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none">• Guru menyampaikan salam dan mengecek kesiapan dan kehadiran peserta didik• Peserta didik berdoa untuk memulai kerja praktek• Guru menyampaikan urutan langkah-langkah praktek sesuai Job Sheet yang sudah dibagikan		20''
2	Inti	<ul style="list-style-type: none">• Siswa melaksanakan praktek kerja sesuai Job Sheet	Berbasis Praktek	480''
3	Penutup	<ul style="list-style-type: none">• Merapikan peralatan praktek setelah selesai• Guru menyampaikan kepada siswa untuk membuat laporan pelaksanaan praktek		40''

J. Penilaian

1. Teknik Penilaian:

- a. Penilaian Sikap : Observasi/~~pengamatan~~/~~Jurnal~~*)
 - b. Penilaian Pengetahuan : Tes Tertulis/~~Lisan~~/Penugasan*)
 - c. Penilaian Keterampilan : Praktek/~~Produk~~/Portofolio/~~Proyek~~*)
- *) *coret yang tidak perlu*

2. Bentuk Penilaian:

- a. Observasi : lembar pengamatan aktivitas peserta didik
- b. Tes tertulis : pilihan ganda dan isian singkat
- c. Unjuk kerja : lembar penilaian hasil presentasi dan praktek
- d. Portofolio : penilaian laporan

3. Instrumen Penilaian (*terlampir*)

Maumere, 26 Februari 2021

Kepala SMKN 1 Maumere,

Guru Mata Pelajaran,

Adelbertus B. Deo Hasulie, S.T.
NIP. 196601101993031019

Wihelmus Yance Boy, S.T.
NIP. 197601102009031004

INSTRUMEN PENILAIAN

No.	Kompetensi Dasar	Rumusan Kompetensi	Nilai		
			P	K	S
1	Memeriksa Koordinasi Proteksi Gardu Induk	1. Menjelaskan perhitungan Seting relai			
		2. Menjelaskan perhitungan dan analisis arus gangguan hubung singkat			
		3. Menganalisis proteksi gardu induk dengan ETAP			
		Jumlah :			
		Rata-rata :			
Keterangan : P = Pengetahuan, K = Keterampilan, S = Sikap					
Sangat Kompeten		: 85 - 100 (Melakukan hampir seluruh aspek indikator)			
Kompeten		: 70 - 84 (Melakukan 70 – 84% aspek indikator)			
Cukup Kompeten		: 65 - 69 (Melakukan 65 – 69% aspek indikator)			
Belum Kompeten		: 00 - 64 (Melakukan 0 – 64% aspek indikator)			
Kesimpulan :					

JOB SHEET

Judul : Menganalisis Arus Hubung Singkat pada Over Current Relay dengan ETAP

Petunjuk belajar (petunjuk siswa)

Keselamatan kerja:

1. Pakailah pakaian kerja / ware pack bengkel
2. Pakailah sepatu safety

Waktu pengerjaan :

12 x 45 menit

Kompetensi yang akan dicapai :

1. Siswa mampu melakukan analisis proteksi gardu induk dengan ETAP

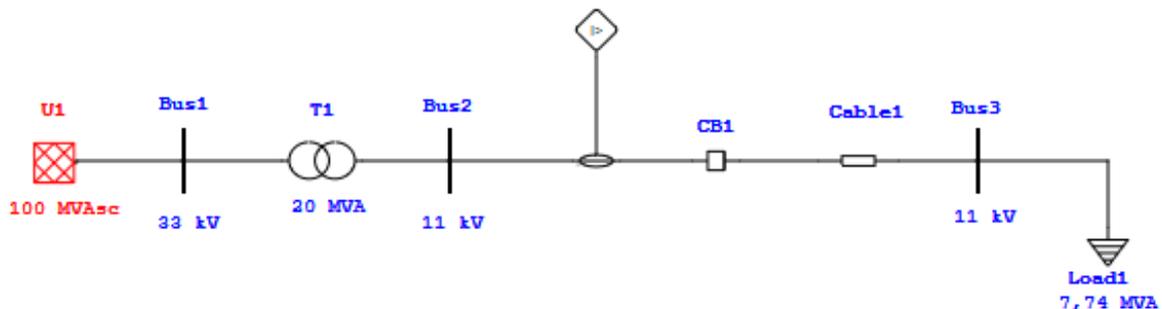
Alat dan bahan :

1. Alat :
 - Komputer/Laptop yang sudah terinstal software ETAP
2. Bahan :
 - Langkah-langkah kerja

Informasi Pendukung

Gambar kerja

Jaringan yang digunakan untuk mengetahui pengaturan OCR seperti gambar di bawah ini :



Langkah kerja :

1. Siswa masuk ke Lab. Komputer dengan mentaati peraturan yang berlaku.
2. Sebelum memulai membuat jaringan, pastikan terlebih dahulu kalau standar yang digunakan sama yakni IEC.
3. Siswa mulai menyusun komponen sesuai gambar kerja dan menyesuaikan setiap komponen secara horisontal.
4. Siswa melakukan konfigurasi dan input variabel pada *Power Grid* dan menghubungkan pada Bus 1.
5. Siswa melakukan konfigurasi dan input variabel pada Transformator Daya dan menghubungkan sisi primer pada Bus 1 dan sisi sekunder pada Bus 2.
6. Siswa melakukan konfigurasi dan input variabel pada *Current Transformer (CT)* dan pastikan CT terhubung pada *from* dan *to* dengan benar.

7. Siswa melakukan konfigurasi dan input variabel pada *High Voltage Circuit Breaker (CB)* dan pastikan CB terhubung pada *from* dan *to* dengan benar.
8. Siswa melakukan konfigurasi dan input variabel pada *Cable* dan pastikan *Cable* terhubung pada *from* dan *to* dengan benar.
9. Siswa melakukan konfigurasi dan input variabel pada *Static Load* dan pastikan *Static Load* terhubung pada *from* dan *to* dengan benar.
10. Siswa melakukan konfigurasi dan input variabel pada *Overcurrent Relay (OCR)*.
11. Untuk mengetahui arus *full load* dapat dilakukan *load flow analysis*.
12. Siswa membandingkan arus gangguan dengan perhitungan manual dan hasil dari percobaan dengan ETAP
13. Siswa memasukan gangguan ke jaringan dengan klik *Fault Insertion*, klik bus menempelnya *Static Load*, lalu akan tampak kerja dari CB
14. Selesai.

Lembar Penilaian

Nama Siswa =

Guru/instruktur = Wihelmus Yance Boy, S.T.

Bobot	Item Penilaian	Skor Maks	Skor hasil	Total
10%	A. Proses			
	1. Penggunaan alat	1 - 4		
	2. Langkah kerja	1 - 4		
	3. Keselamatan kerja dan alat	1 - 2		
80%	B. Praktek			
	1. Setting power grid	1 - 10		
	2. Setting tranformator	1 - 10		
	3. Setting current transformer (CT)	1 - 10		
	4. Setting High Voltage Circuit Breaker (CB)	1 - 10		
	5. Setting Cable	1 - 10		
	6. Setting Static Load	1 - 10		
	7. Setting Over Current Relay (OCR)	1 - 10		
	8. Setting Arus Hubung Singkat	1 - 10		
10%	C. Waktu			
	1. Lebih cepat dari alokasi	10		
	2. Sesuai alokasi	8		
	3. Lebih lambar dari alokasi	6		

Langkah-langkah praktek :

Menganalisis Koordinasi Proteksi Gardu Induk dengan ETAP

1. Memulai Software ETAP

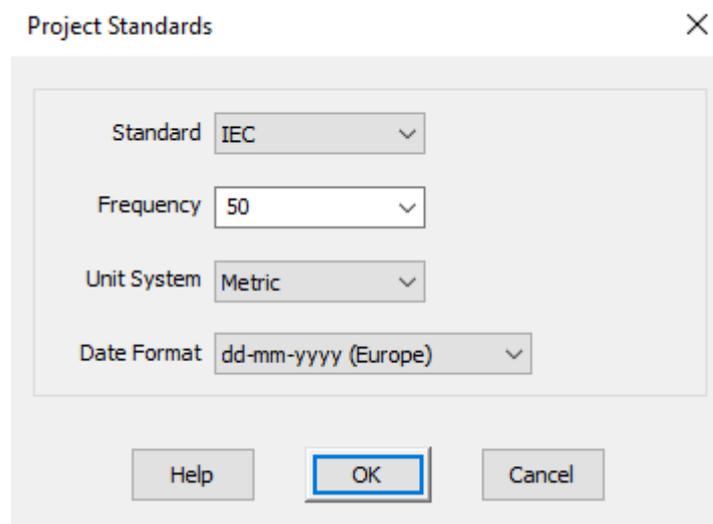
Memulai ETAP dengan cara memilih program ETAP. Kemudian klik File > New Project, lalu klik OK.

2. Software ETAP Setting OCR

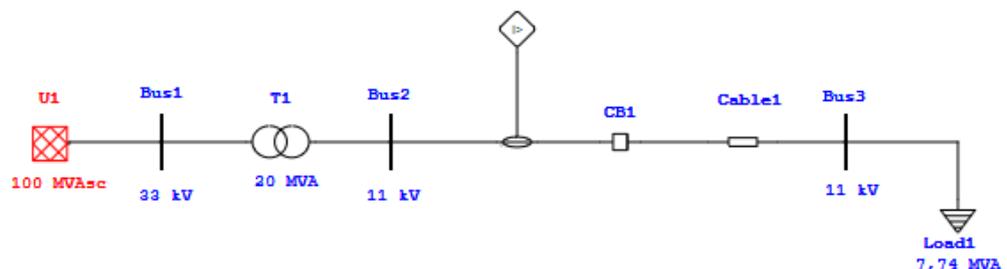
Software ETAP dapat digunakan untuk setting OCR. Adapun cara mengatur suatu OCR sebagai berikut :

a. Setting OCR pada software ETAP

Sebelum memulai membuat jaringan, pastikan terlebih dahulu kalau standar yang digunakan sama yakni IEC, dengan cara klik Project, pada Standard : IEC, Frequency : 50 Hz, Unit System : Metric, Date Format : (Europe). Berikut tampilan pengaturan standar komponen ETAP.



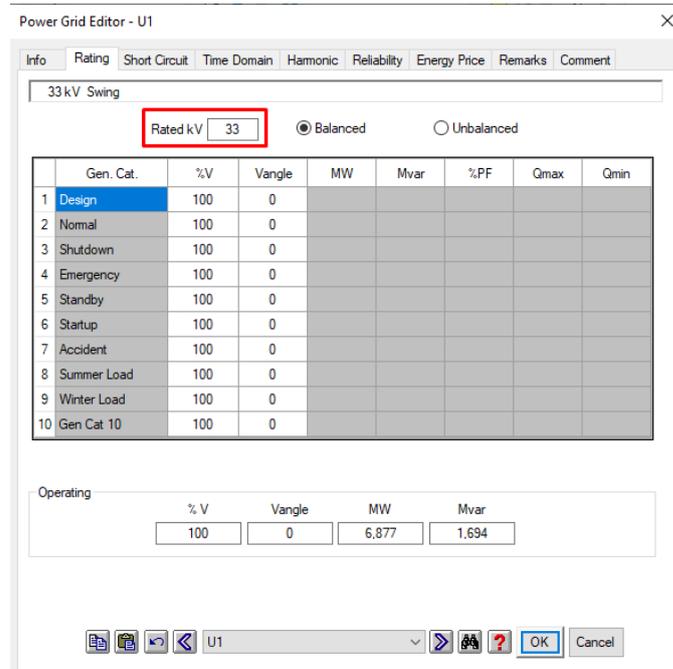
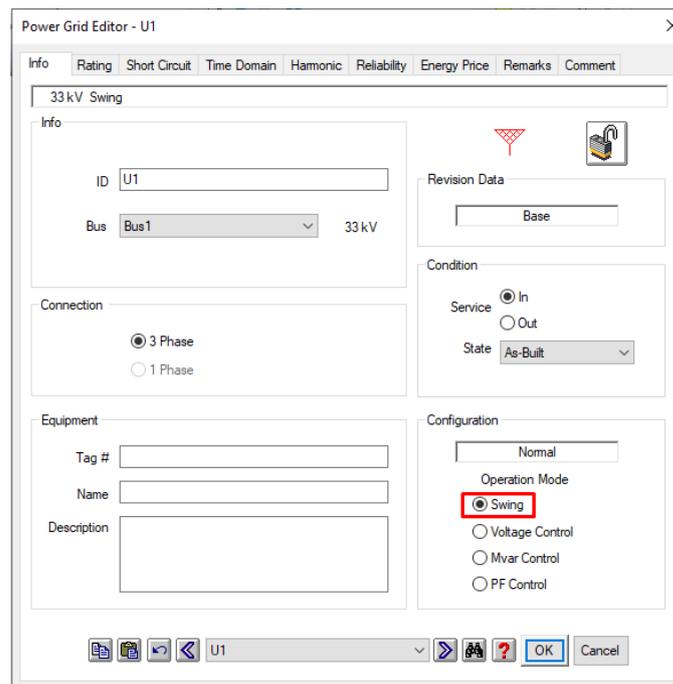
Selanjutnya jaringan yang digunakan untuk mengetahui pengaturan OCR seperti gambar di bawah ini.



Setelah rangkaian di atas dibuat dengan software ETAP, lalu seting masing-masing komponen, berikut komponen-komponen yang perlu diseting.

1) *Power Grid*

Dobel klik power grid kemudian pada halaman *Info* pastikan bahwa power grid dalam keadaan *Swing*. Lalu halaman *Rating*, rated kV diisikan dengan 33 kV, 3-phase MVA_{sc} diisikan 100, 3 phase X/R diisikan dengan 99999. Sedangkan bagian lainnya akan menyesuaikan dengan sendirinya. Selanjutnya tekan OK.



2) Transformator

Dobel klik transformator, kemudian pada halaman *Info* pastikan bahwa primer dan sekunder dari trafo menempel pada bus yang tepat. Sisi primer menempel pada bus 1 dan sisi sekunder menempel pada bus 2. Pastikan standar yang digunakan IEC.

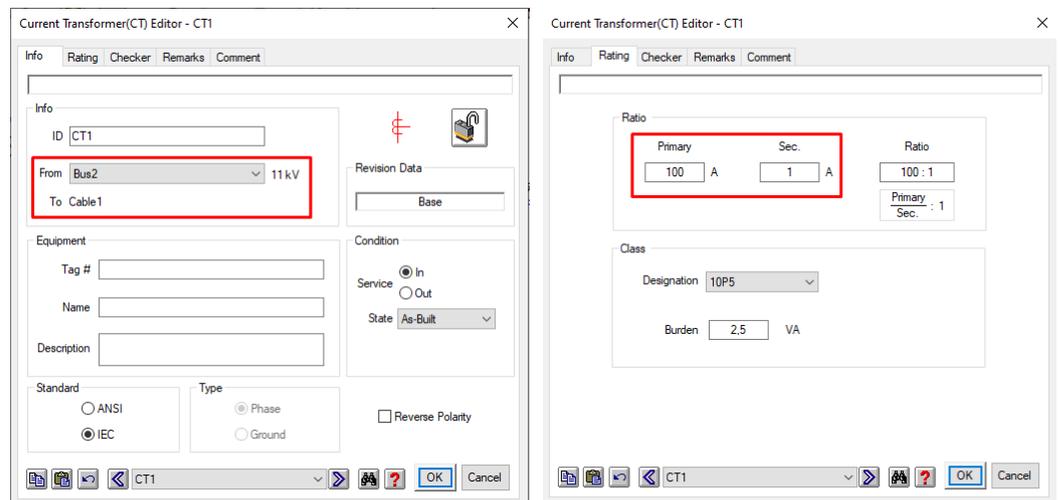
The image shows two screenshots of the '2-Winding Transformer Editor - T1' software interface. The left screenshot displays the 'Info' tab, where the primary bus is set to 'Bus1' (33 kV) and the secondary bus is set to 'Bus2' (11 kV). The standard is set to 'IEC'. The right screenshot displays the 'Rating' tab, where the primary voltage is 33 kV, the secondary voltage is 11 kV, and the rated power is 20 MVA. The 'MVA' field is highlighted in red in both screenshots.

The image shows the 'Impedance' tab of the '2-Winding Transformer Editor - T1' software. The '%Z' field is set to 50 and the 'X/R' field is set to 99999. The 'Z Base' is set to 20 MVA. The 'Z Variation' and 'Z Tolerance' fields are set to 0. The 'No Load Test Data' section shows '% FLA', 'kW', '% G', and '% B' all set to 0.

Lalu pada halaman *Rating*, tegangan primer diisi 33kV, tegangan sekunder diisi 11 kV, MVA diisi 20 MVA, positif %Z diisi 50 dan positif X/R diisi 99999. Sedangkan parameter lain nantinya akan menyesuaikan dengan sendirinya. Lalu klik OK.

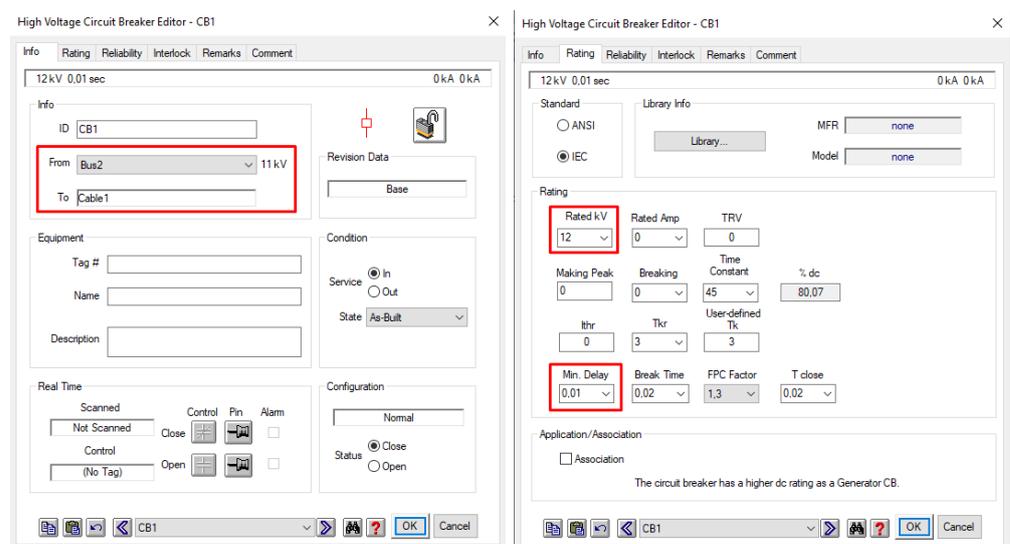
3) Current Transformer

Doble klik CT, pastikan CT terpasang pada from dan to yang benar. Pada halaman *Rating*, primary diisi dengan 1A. Artinya jika pada sisi primer CT terdapat arus 100A, maka CT akan menurunkan menjadi 1A pada sisi sekunder. Setting parameter yang lain mengikuti defaultnya.



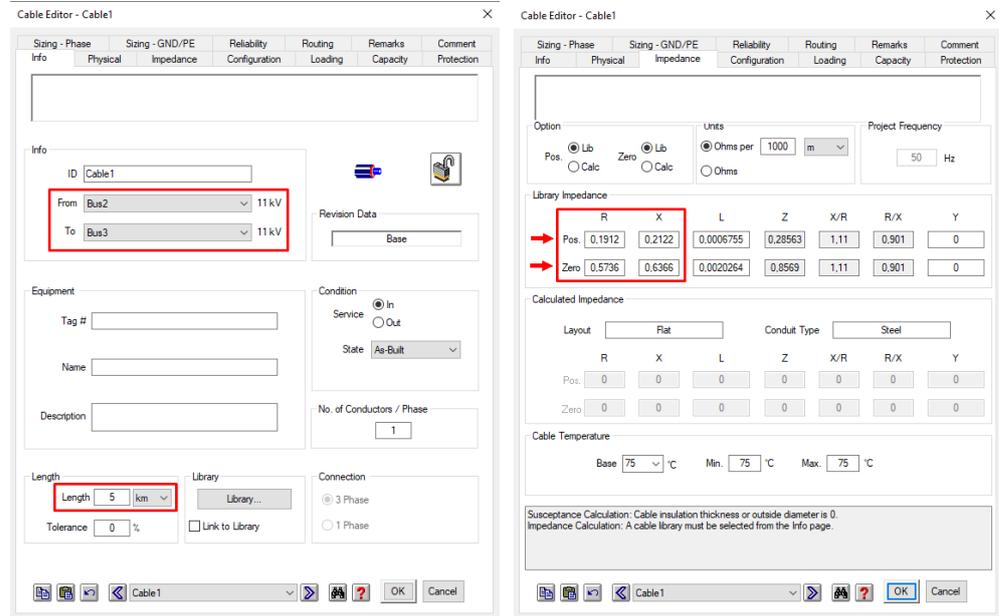
4) High Voltage Circuit Breaker (CB)

Dobel klik CB, halaman *Info* pastikan CB terpasang pada from dan to yang benar. Pada halaman *Rating*, pastikan standar yang digunakan IEC. Karena sekunder trafo memiliki tegangan 11 kV, maka CB harus di-setting di atas 11 kV, sehingga pada bagian rated kV dipilih 12 Min. Delay isikan dengan 0,01, artinya waktu yang dibutuhkan dari OCR pertama kali memerintahkan CB untuk membuka hingga CB benar-benar membuka 0,01 sekon atau 10 ms. Lalu klik OK.



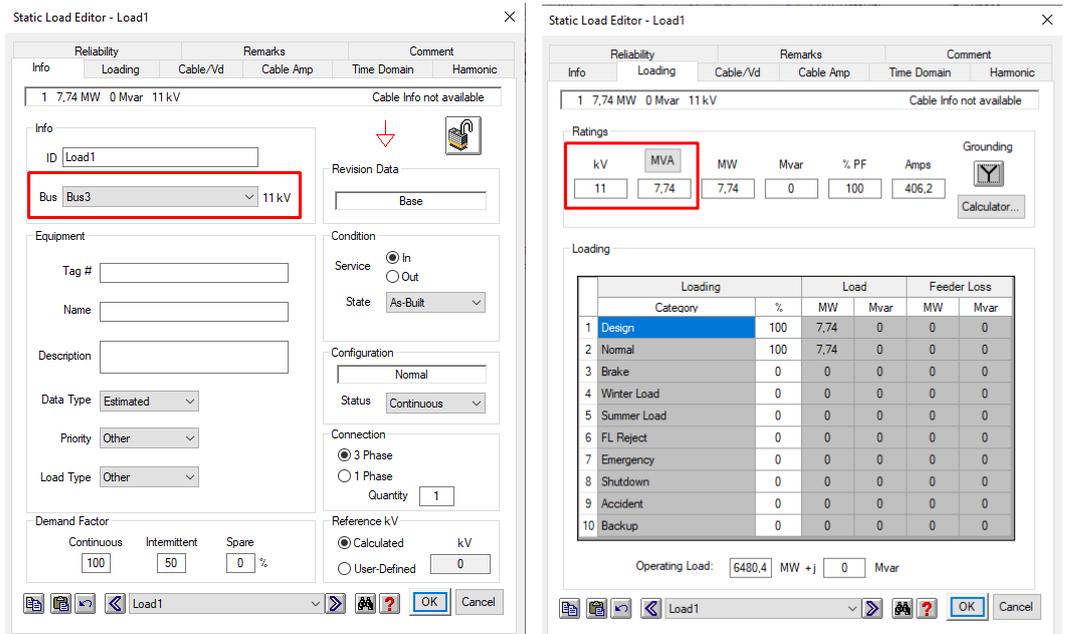
5) Cable

Dobel klik *Cable*. Pada halaman *Info*, pastikan *cable* terpasang pada from dan to yang benar. Length diisi dengan 5 km. Pada halaman *Impedance*, postif R dan X, zero R dan X disikan sesuai gambar di bawah ini.



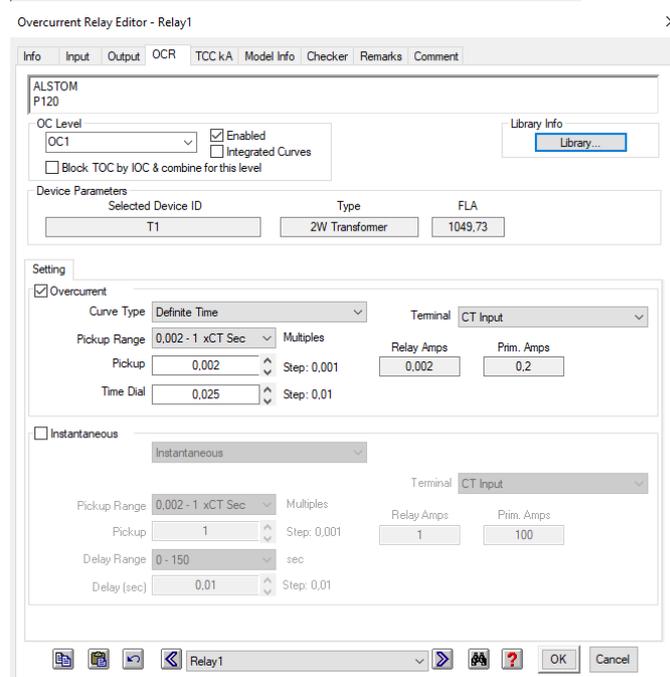
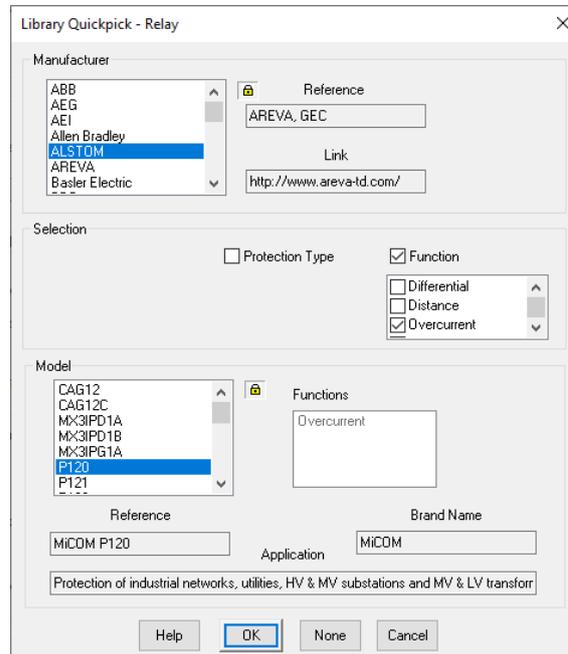
6) Static Load

Dobel klik *Static Load*, pada halaman loading, kV diisi dengan 11 kV. MVA diisi dengan 7,74 dan PF diisi dengan 100%. Parameter lain nantinya akan menyesuaikan dengan sendirinya. Lalu klik OK.



7) Overcurrent Relay (OCR)

Dobel klik *Overcurrent Relay*, kemudian pada halaman OCR klik *Library*, ALSTOM, P120 untuk memilih merek relay yang akan digunakan. Klik OK.



Hilangkan tanda centang (disable) *Instantaneous*. Pilih *Curve Type Definite Time*. *Pickup* adalah arus pada sisi sekunder CT yang membuat OCR bekerja.

Arus pickup dinyatakan sebagai berikut.

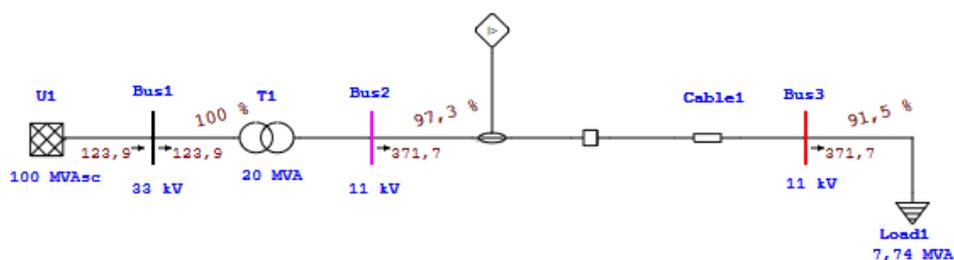
$$I_{pickup} = \frac{1,2 \times I_{FL}}{100}$$

Keterangan :

1,2 = Standar PLN

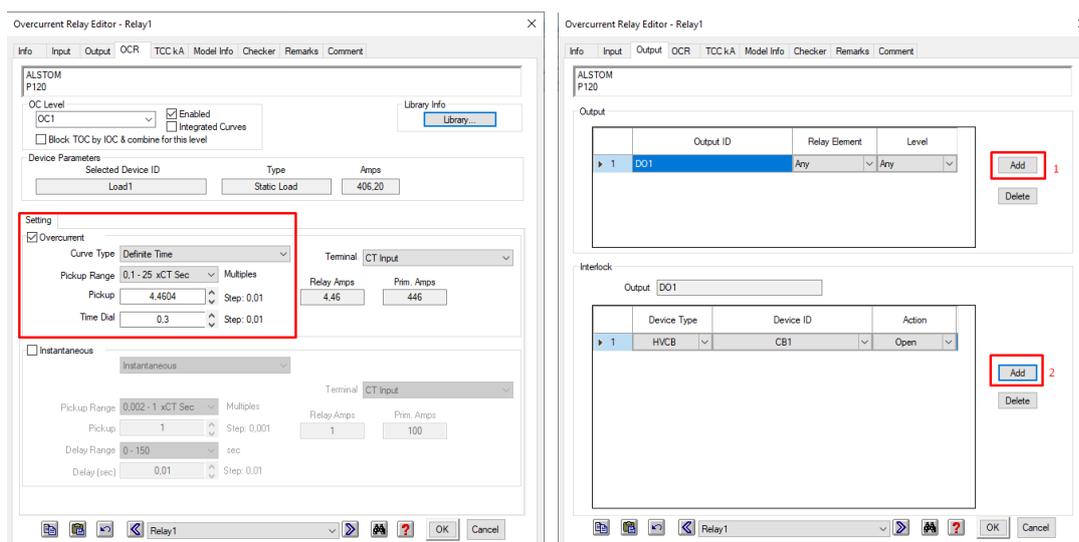
I_{FL} = Arus full load/beban penuh

Pada persamaan di atas dibagi 100 karena CT yang digunakan adalah 100:1. Untuk mengetahui arus *full load* dapat dilakukan *load flow analysis*.

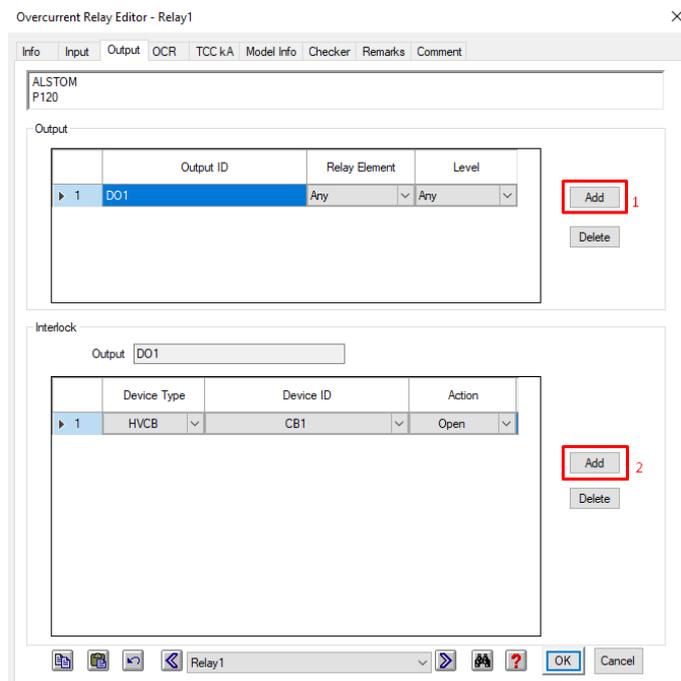


Karena *arus full load* pada gambar diatas adalah 371,7 A, maka arus *pickup* adalah 4,4604 A (sesuai rumus $I_{pickup} = \frac{1,2 \times I_{FL}}{100}$).

Sebelum mengisikan ke halaman OCR, *pickup range* harus dinaikkan terlebih dahulu menjadi 0,1 – 25 x CT Sec. Pada karakteristik *definite time*, *time dial* dapat diisikan dengan waktu operasi OCR, yaitu 0,3 (sesuai standar).



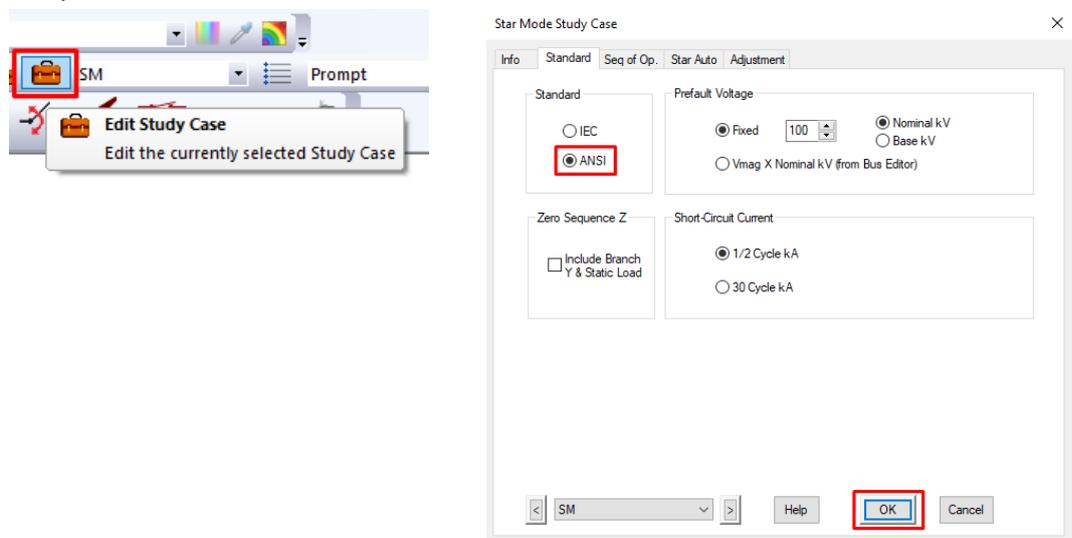
Halaman *output*, pastikan bahwa sudah terpilih CB yang tepat. CB tersebut termasuk CB yang akan terbuka ketika OCR bekerja. Jika belum terdapat CB maka pilih Add, pilih CB yang tepat pada bagian ID, klik OK.



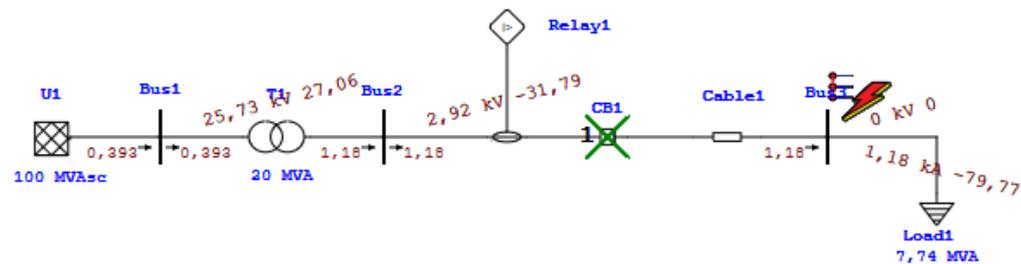
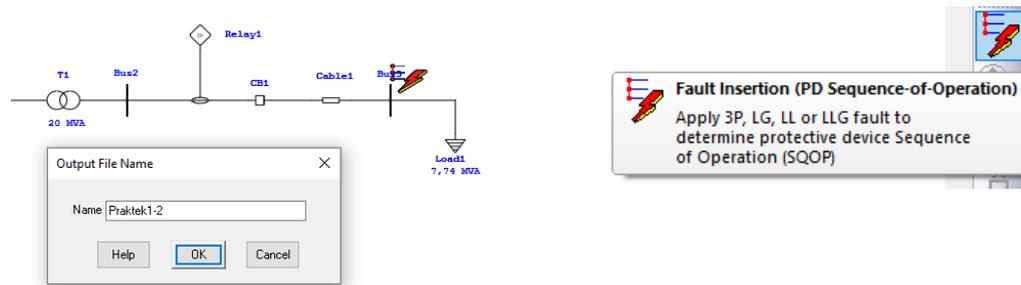
Menguji kerja dari OCR yang telah di-setting, klik *Star – Protection & Coordination*,



selanjutnya setting terlebih dahulu standar gangguan yang digunakan yakni klik *Edit Study Case*, Standard, ANSI, lalu OK.



Lalu, masukan gangguan ke jaringan dengan klik *Fault Insertion*, klik bus menempelnya Static Load, lalu akan tampak kerja dari CB



Sequence Viewer
Open Sequence of Operation Event Viewer

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Praktek1-2

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus3

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 01-02-2021

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
300	Relay1	1,18	300		Phase - OC1 - 51
320	CB1		20,0		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - 51

Pada gambar diatas, dapat diketahui bahwa arus gangguan (I_f) yang terjadi pada jaringan adalah 1,18 kA. Lalu, saat mendeteksi gangguan hingga OCR memerintahkan CB untuk membuka dibutuhkan waktu 300 ms atau 0,3 detik. Waktu dari OCR memerintahkan CB untuk membuka hingga CB benar-benar membuka adalah 20 ms atau 0,02 s. Sehingga waktu total kerja OCR adalah 320 ms atau 0,32 detik.

Reliability		Remarks			Comment																																
Info	Rating	Impedance	Tap	Grounding	Sizing	Protection	Harmonic																														
20 MVA IEC Liquid-Fill Other 65 C						33	11 kV																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Impedance</th> </tr> <tr> <th></th> <th>%Z</th> <th>X/R</th> <th>R/X</th> <th>%X</th> <th>%R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Positive</td> <td>50</td> <td>99999</td> <td>0</td> <td>50</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Zero</td> <td>50</td> <td>99999</td> <td>0</td> <td>50</td> <td>0,001</td> </tr> </tbody> </table>							Impedance							%Z	X/R	R/X	%X	%R	Positive	50	99999	0	50	0,001	Zero	50	99999	0	50	0,001	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Z Base</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MVA</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>65</td> </tr> </tbody> </table>	Z Base		MVA	20	Other	65
Impedance																																					
	%Z	X/R	R/X	%X	%R																																
Positive	50	99999	0	50	0,001																																
Zero	50	99999	0	50	0,001																																
Z Base																																					
MVA	20																																				
Other	65																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Z Variation</th> </tr> <tr> <th>@</th> <th>% Tap</th> <th>%Z</th> <th>% Z Variation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-5</td> <td>% Tap</td> <td>50</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>% Tap</td> <td>50</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>							Z Variation				@	% Tap	%Z	% Z Variation	-5	% Tap	50	0	5	% Tap	50	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Z Tolerance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>±</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>	Z Tolerance		±	0 %										
Z Variation																																					
@	% Tap	%Z	% Z Variation																																		
-5	% Tap	50	0																																		
5	% Tap	50	0																																		
Z Tolerance																																					
±	0 %																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">No Load Test Data (Used for Unbalanced Load Flow only)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>% FLA</th> <th>kW</th> <th>% G</th> <th>% B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Positive</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Zero</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>								No Load Test Data (Used for Unbalanced Load Flow only)						% FLA	kW	% G	% B	Positive	0	0	0	0	Zero	0	0	0	0										
No Load Test Data (Used for Unbalanced Load Flow only)																																					
	% FLA	kW	% G	% B																																	
Positive	0	0	0	0																																	
Zero	0	0	0	0																																	
<input type="checkbox"/> Buried Delta Winding <input type="button" value="Zero Seq. Impedance"/> <input type="button" value="Typical Value"/>																																					
<div style="text-align: right;"> <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> </div>																																					