

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
SURAT PERINTAH MAGANG	iv
SURAT KETERANGAN SELESAI MAGANG	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xxi
INTISARI	xxiii
<i>ABSTRACT</i>	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Pengumpulan Data	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. <i>Substation</i> /Gardu Induk	7
1. Pengertian Umum	7

2.	Klasifikasi Gardu Listrik	7
3.	Peralatan dan Fasilitas Gardu Induk.	11
2.2.	Transformator	12
1.	Pengertian umum	12
2.	Prinsip Kerja	13
3.	Bagian-Bagian Utama Pada Transformator	14
4.	Peralatan Bantu Transformator	19
2.3.	<i>Switchgear</i>	22
2.4.	<i>Capasitor Bank</i>	27
1.	Pengertian Umum	27
2.	Jenis-jenis <i>Capasitor Bank</i>	29
3.	Cara Kerja <i>Capasitor Bank</i>	30
4.	<i>Connection</i> Kapasitor (Pemasangan Kapasitor)	30
5.	Rumus Penentuan Nilai <i>Capasitor Bank</i>	32
2.5.	<i>Current</i> Transformator (CT)	34
2.6.	OCR (<i>Over Current Relay</i>)	35
1.	Pengertian OCR	35
2.	Prinsip Kerja OCR	35
3.	Jenis-jenis OCR	36
4.	Karakteristik OCR	36
5.	Perhitungan Setelan Relay <i>setting</i> Arus Lebih (I_{set})	39
2.7.	Kabel	41
1.	Pengertian umum	41
2.	Jenis kabel umum dalam instalasi listrik:	43
3.	Pemilihan Luas Penampang Penghantar	46

2.8. ETAP	48
BAB III DESAIN DAN PEMILIHAN KOMPONEN.....	47
3.1. <i>Overall Single Line Diagram</i>	48
3.2. Penentuan Kapasitas Transformator	49
1. Pemodelan Transformator.....	49
2. Penentuan Jenis Tegangan Trafo	50
3. Penentuan Hubungan Tiga Fasa Transformator	51
4. Penentuan Kapasitas Daya yang terpasang.....	51
5. Penentuan Daya Transformator	52
6. Pemilihan Pendingin Transformator	53
7. Penentuan Arus Nominal Transformator	53
3.3. Penentuan <i>Switchgear</i> MV (<i>Middle Voltage</i>).....	54
1. <i>Single Line Diagram Middle Voltage</i>	54
2. Pemodelan <i>Middle Voltage Circuit Breaker</i> (MVCB)	55
3. Penentuan Busbar <i>Middle Voltage Circuit Breaker</i> (MVCB).....	55
4. Penentuan Sensor Arus	56
5. Penentuan Sensor Tegangan	57
6. Penentuan <i>Circuit Breaker</i>	58
7. Penentuan <i>Over Current Relay/OCR</i> pada sisi <i>Middle Voltage</i>	58
3.4. Penentuan <i>Switchgear</i> LV (<i>Low Voltage</i>)	60
1. <i>Single Line Diagram Low Voltage</i>	60
2. Pemodelan <i>Low Voltage Circuit Breaker</i> (LVCB).....	61
3. Penentuan Busbar <i>Low Voltage Circuit Breaker</i> (LVCB)	61
4. Penentuan <i>incoming Low Voltage Circuit Breaker</i> (LVCB).....	63
5. Penentuan <i>outgoing Low Voltage Circuit Breaker</i> (LVCB).....	64

6.	Penentuan Kontaktor LVCB	65
7.	Penentuan <i>Current</i> Transformator/CT LVCB	66
8.	Penentuan <i>Over Current Relay</i> /OCR pada sisi <i>Low Voltage</i>	68
3.5.	Penentuan Kapasitor Bank	70
3.6.	Penentuan KHA Kabel	72
BAB IV SIMULASI DAN EVALUASI DESAIN		78
4.1	<i>Single Line Diagram</i> ETAP 12.6	78
4.2	<i>Load Flow Analisis</i> ETAP 12.6.....	95
1.	<i>Drop</i> Tegangan	96
2.	<i>Losses</i> Daya	97
4.3	Simulasi <i>Over Current Relay</i> (OCR)	99
1.	Simulasi arus gangguan pada Zona D.....	105
2.	Simulasi arus gangguan pada Zona C.....	108
3.	Simulasi arus gangguan pada Zona B.....	111
4.	Simulasi arus gangguan pada Zona A.....	114
4.4	Simulasi <i>Capasitor Bank</i>	116
4.5	Evaluasi pemilihan Komponen.....	120
BAB V PENUTUP.....		122
5.1	Kesimpulan.....	122
5.2	Saran	122
DAFTAR PUSTAKA		124
LAMPIRAN.....		124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gardu Transmisi milik PLN.....	8
Gambar 2.2 Gardu Distribusi milik PLN	8
Gambar 2.3 <i>single busbar</i>	10
Gambar 2.4 <i>double busbar</i>	10
Sumber: http://switchyard-electric.blogspot.com/2011/04/konsep-dasar-gardu-induk.html	10
Gambar 2.5 Arus bolak -balik mengelilingi inti besi.....	12
Gambar 2.6 Elektromagnetik pada trafo	14
Gambar 2. 7 Inti besi	15
Gambar 2. 8 <i>Bushing</i>	17
Gambar 2.9 Tangki <i>konservator</i>	18
Gambar 2.10 <i>Silicagel</i>	19
Gambar 2.11 <i>Fan Transformator</i>	20
Gambar 2.12 Radiator Transformator	20
Gambar 2.13 <i>Dehydrating Breather</i>	22
Gambar 2.14 Kompartemen pada kubikel	23
Gambar 2.15 Simbol Digram CB/PMT	26
Gambar 2.16 <i>Capasitor bank</i>	29
Gambar 2.17 Koneksi Kapasitor Y tunggal	31
Gambar 2.18 Koneksi Kapasitor Y Dobel	31
Gambar 2.19 Koneksi Kapasitor Bridge	32
Gambar 2.20 Segitiga Daya Qc.....	32
Gambar 2.21 Rangkaian Trafo Arus (CT)	34

Gambar 2.22 Alstom P10 OCR pada <i>switchgear</i>	35
Gambar 2.23 <i>Instantaneous Relay</i>	36
Gambar 2.24 <i>Defenite Time Relay</i>	37
Gambar 2.25 <i>Inverse Time Relay</i>	37
Gambar 2.26 Kabel NYA.....	43
Gambar 2.27 Kabel NYM.....	43
Gambar 2.28 Kabel NYAF	44
Gambar 2.29 Kabel NYY.....	44
Gambar 2.30 Kabel NYFGbY.....	45
Gambar 2.31 Kabel ACSR.....	45
Gambar 2.32 Kabel AAAC	46
Gambar 3.1 <i>Overall SLD</i> penambahan instalasi listrik <i>booster pump</i> baru Kandangan PT. Petrokimia Gresik.....	48
Gambar 3.2 Trafo tampak atas	49
Gambar 3.4 <i>SLD Middle Voltage</i>	54
Gambar 3.5 Skema (a) <i>incoming</i> dan (b) <i>outgoing switchgear</i> MLCB SM6 <i>Schneider</i>	55
Gambar 3.6 <i>SLD low voltage</i>	60
Gambar 3.7 (a) panel MLCB 1 motor 90 kW dan (b) panel MLCB 2 motor 315 kW.....	61
Gambar 3.8 <i>SLD overall</i> instalasi listrik penambahan <i>booster pump</i> baru gardu <i>booster pump</i> Kandang PT. Petrokimia Gresik	72
Gambar 4.1 Pemilihan <i>standard</i> komponen IEC dan frekuensi 50 Hz.....	78
Gambar 4.2 Ikon <i>Grid</i>	79
Gambar 4.3 Pemberian nama dan hubungan fasa	79
Gambar 4.4 Meng- <i>input</i> nilai <i>rating</i> tegangan kerja.....	79

Gambar 4.5 Meng- <i>input</i> nilai MVAsc	80
Gambar 4.6 Penghubungan jaringan PLN dengan <i>incoming</i> MVCB	80
Gambar 4.7 Pemilihan <i>library incoming</i> MVCB dan nilai rating arus	81
Gambar 4.8 Penghubungan dengan <i>busbar</i>	81
Gambar 4.9 Penghubungan dengan <i>outgoing</i> MVCB.....	82
Gambar 4.10 Pemilihan <i>library outgoing</i> MVCB dan nilai <i>rating</i> arus	82
Gambar 4.11 Penghubungan dengan kabel N2XSEY	83
Gambar 4.12 Pemilihan <i>library</i> kabel N2XSEY.....	83
Gambar 4.13 Penghubungan dengan trafo distribusi	84
Gambar 4.14 Penentuan nilai <i>rating</i> tegangan dan <i>power</i> trafo	84
Gambar 4.15 Penentuan nilai <i>impedance</i> trafo	85
Gambar 4.16 Penghubungan sistem dengan kabel NYY	85
Gambar 4.17 Pemilihan <i>library</i> kabel NYY	86
Gambar 4.20 Penghubungan sistem dengan <i>busbar</i>	87
Gambar 4.21 Penghubungan sistem dengan <i>busbar</i>	88
Gambar 4.22 Peng- <i>inputan rating</i> MCCB 1 dari <i>library</i>	88
Gambar 4.24 Peng- <i>inputan rating</i> MCCB 3 dari <i>library</i>	89
Gambar 4.25 Penghubungan sistem dengan setiap kabel NYY untuk beban	90
Gambar 4.26 Peng- <i>inputan rating</i> NYY 2 dari <i>library</i>	90
Gambar 4.27 Peng- <i>inputan rating</i> NYY 3 dari <i>library</i>	91
Gambar 4.28 Peng- <i>inputan rating</i> NYY 4 dari <i>library</i>	91
Gambar 4.29 (a) ikon <i>load</i> dan (b) ikon motor	92
Gambar 4.30 Penghubungan sistem dengan beban motor dan instalasi	92
Gambar 4.31 Meng- <i>input</i> nilai motor 90 kW MP-10-B	93
Gambar 4.32 Meng- <i>input</i> nilai motor 315 kW MP-10-C	93

Gambar 4.33 Meng- <i>input</i> nilai beban instalasi	94
Gambar 4.34 Hasil simulasi <i>load flow</i> ETAP dari <i>single line diagram</i> instalasi listrik penambahan <i>booster pump</i> baru Gardu <i>Booster Pump</i> Kandangan PT. Petrokimia Gresik.....	95
Gambar 4.35 (a) ikon <i>load flow</i> analisis dan (b) ikon <i>run load flow</i>	95
Gambar 4.36 <i>Single Line Diagram</i> dengan CT dan OCR.....	99
Gambar 4.37 (a) ikon CT dan (b) ikon OCR	100
Gambar 4.38 (a) pemasangan CT dan OCR pada <i>incoming</i> MVCB dan (b) pemasangan CT dan OCR pada MCCB 1	100
Gambar 4.39 Pemilihan jenis OCR ALSTROM P10.....	101
Gambar 4.40 Salah satu contoh memasukkan nilai CT beserta rasionya	102
Gambar 4.41 Salah satu contoh meng- <i>input</i> nilai <i>pick up</i> dan TMS	102
Gambar 4.42 Salah satu contoh meng- <i>input</i> koordinasi OCR pada CB	103
Gambar 4.43 Pembagian zona gangguan pada titik busbar	104
Gambar 4.44 Pemberian arus gangguan pada Zona D dengan ETAP 12.	105
Gambar 4.45 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan ETAP 12.6	106
Gambar 4.46 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap <i>adjustment</i> arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan Microsoft Excel	107
Gambar 4.47 Pengujian Gangguan pada titik zona C	108
Gambar 4.48 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan ETAP 12.6	109
Gambar 4.49 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap <i>adjustment</i> arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan Microsoft Excel	110
Gambar 4.50 Pemberian arus gangguan pada Zona B dengan ETAP 12.6.....	111
Gambar 4.51 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan ETAP 12.6	112

Gambar 4.52 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap <i>adjustment</i> arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan Microsoft Excel	113
Gambar 4.53 Pemberian arus gangguan pada Zona A dengan ETAP 12.6	114
Gambar 4.54 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan ETAP 12.6	115
Gambar 4.55 Grafik hasil koordinasi waktu <i>trip</i> (s) terhadap <i>adjustment</i> arus gangguan (A) pada setiap OCR dengan Microsoft Excel	116
Gambar 4.56 Hasil <i>load flow</i> analisis dengan beban <i>cos phi</i> 0,65	117
Gambar 4.57 Meng- <i>input</i> nilai <i>rating</i> kapasitor	118
Gambar 4.58 Hasil <i>load flow</i> analisis dengan beban dipasok oleh <i>capasitor bank</i>	119

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor α dan β tergantung pada kurva arus terhadap waktu	39
Tabel 3.1 Tabel nomer dan nama bagian transformator diatas	50
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Motor pada gambar 3.1.	51
Tabel 3.3 Jumlah kapasitas daya pada penambahan <i>booster pumppe</i>	52
Tabel 3.4 Hasil Arus Nominal pada Sisi Tap Trafo Sekunder.....	53
Tabel 3.5 Spesifikasi Trafo 1000 KVA merk B&D.....	54
Tabel 3.6 Standart Ukuran CU Busbar MVCB berdasarkan DIN-43671	56
Tabel 3.7 Hasil penentuan CT <i>outgoing</i> MVCB.....	57
Tabel 3.8 Hasil penentuan PT <i>outgoing</i> MVCB	58
Tabel 3.9 Hasil penentuan breaker <i>outgoing</i> MVCB.....	58
Tabel 3.10 Nilai arus gangguan berdasarkan <i>short circuit</i>	59
Tabel 3.11 Hasil TMS pada OCR <i>Outgoing</i> MVCB	60
Tabel 3.12 Hasil Ipick up pada komponen <i>Middle Voltage</i>	60
Tabel 3.13 <i>Standard</i> Ukuran CU Busbar LV berdasarkan DIN-43671	62
Tabel 3.14 Nilai breaker yang terdapatkan dipasaran	63
Tabel 3.15 Hasil penggunaan MCCB 2 dan MCCB 3	65
Tabel 3.16 Tabel 3 fasa kontaktor yang ada dipasaran	65
Tabel 3.17 CT yang tersedia pasaran	67
Tabel 3.18 Hasil penentuan CT pada MCCB 2 dan MCCB 3	67
Tabel 3.19 Nilai arus gangguan berdasarkan <i>short circuit</i>	68
Tabel 3.20 Hasil TMS pada OCR MCCB 1 hingga MCCB 3	69
Tabel 3.21 Hasil Ipick up OCR MCCB 1 hingga MCCB 3.....	70
Tabel 3.22 Hasil penentuan KHA kabel	73

Tabel 4.1 Hasil perhitungan <i>drop</i> tegangan di area 1 dan 2.....	96
Tabel 4.2 Hasil perhitungan <i>drop</i> tegangan di area 3 hingga 5	97
Tabel 4.3 Hasil perhitungan <i>losses</i> daya.....	98
Tabel 4.4 Pemilihan koordinasi OCR pada CB	103
Tabel 4.5 <i>Adjustment</i> arus gangguan dengan Microsoft Excel	107
Tabel 4.6 <i>Adjustment</i> arus gangguan dengan Microsoft Excel	110
Tabel 4.7 <i>Adjustment</i> arus gangguan dengan Microsoft Excel	113
Tabel 4.8 <i>Adjustment</i> arus gangguan dengan Microsoft Excel	115
Tabel 4.9 Hasil perbandingan saat $\cos\phi$ 0,65 dengan 0,8 pada busbar sisi sekunder trafo.....	118
Tabel 4.10 Hasil evaluasi dari komponen utama	120