

TUGAS AKHIR

STUDI PERALATAN CIRCUIT BREAKER DAN GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DI GI BLIMBING PADA SISTEM 20 KV



Disusun Oleh :

Nama : SUGIYANTO HENDRI P.

NIM : 02.52.005

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DIII
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

September 2006

ЭНЕРГИЯ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ВНЕШНЕГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ
ЭНЕРГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ

ИМЯ : АНДРЕЙ
ИМЯ : АНДРЕЙ
ИМЯ : АНДРЕЙ

ЭНЕРГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ

МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI PERALATAN CIRCUITBREAKER DAN
GANGGUAN HUBUNG SINGKAT
DI GI BLIMBING PADA SISTEM 20 KV**

Disusun oleh :

SUGIYANTO HENDRI PRAKOSO

NIM : 02.52.005

Mengetahui :

Ketua Jurusan

Teknik Elektro D – III



(Ir. Choirul Saleh, MT.)

NIP : P 101008800190

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

(Ir. Teguh Herbasuki, MT.)

NIP : P. 1038900209

**KONSENTRASI ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D – III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
AGUSTUS 2006**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran-mu ya Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“ Studi Peralatan Circuitbreaker dan Gangguan Hubung Singkat di Gardu Induk Blimbing Pada System 20 KV “** ini dengan cepat dan lancar. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan dari mata kuliah Tugas Akhir di Studi Diploma III Jurusan Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

Keberhasilan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MT selaku Dekan FTI
3. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing
5. Bapak Yono, selaku Pembimbing di PT PLN (GI Blimbing), yang telah banyak membantu dalam terselesaikannya tugas akhir ini.
6. Ayah dan Ibu serta saudara – saudara saya yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, sepiritual maupun material.
7. Mr McMyn dan Tante Ratnasari yang telah mendukung studi saya selama di malang.
8. Ahmad Samsul Hidayat, adik serta sumber inspirasi dalam hidupku.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penyusun semoga Laporan Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, Agustus 2006

Penyusun

ABSTRAK

Dengan semakin berkembangnya teknologi dan pembangunan seperti sekarang ini terutama dalam bidang industri yang mempergunakan system tenaga listrik. Sehingga tak bisa dielakkan lagi bahwa segala aspek kehidupan menuntut peralatan listrik yang semakin kompleks dan juga dituntut keandalannya. Hal ini tentunya harus ditunjang dengan keadaan dan keamanan pengoperasian peralatan – peralatan listrik tersebut.

Merupakan hal yang perlu diketahui sehubungan dengan masalah kelistrikan tersebut, bahwa dalam tenaga listrik terdapat komponen yang sangat penting yaitu Circuitbreaker, khususnya disini adalah sebagai alat pengaman pada system 20 KV dari gangguan hubung singkat yang sewaktu – waktu dapat terjadi. Alat ini adalah alat yang sangat penting. Sehingga penggunaan alat ini harus memperhatikan masalah – masalah yang berhubungan dengan keamanan dalam pengoperasiannya.

Seperti telah diketahui bahwa gangguan tidak hanya disebabkan oleh kesalahan operasi tetapi juga di sebabkan oleh gangguan – gangguan dari luar yang tidak mungkin dihilangkan begitu saja. Hal ini sangat membahayakan bukan hanya pada saluran incoming ke bus 20 KV, tetapi juga pada peralatan – peralatan lain yang terdapat pada pusat pembangkit atau gardu induk.

Mengingat betapa tingginya bahaya tersebut, maka diperlukan suatu system yang memadai dan diperlukan pula satu system yang dapat mencegah sekaligus mengatai adanya gangguan – gangguan tersebut. Karena keberhasilan system proteksi secara utuh sangat tergantung pada koordinasi kerja masing – masing komponen dalam system proteksi.

Sehubungan hal diatas maka perlu adanya system proteksi yang meliputi pemutusan dan pengamanan system pada saluran incoming ke 20 KV oleh peralatan pemutus tenaga (circuitbreker). Pengamanan gangguan hubung singkat tersebut digunakan untuk meningkatkan keandalan dan kontinuitas pelayanan dari system tenaga listrik.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penulisa	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1. Circuit Breaker (CB)	5
2.1.1. Proses Kerja Circuit Breaker	7
2.1.2. Proses Pemadaman Busur Api.....	7
2.1.3. Kecepatan Pemutusan Circuit Breaker	10
2.1.4. Macam – Macam Circuit Breaker.....	11
2.2. Disconnecting Switch.....	23

BAB III GANGGUAN PADA GARDU INDUK..... 25

3.1. Gangguan Internal	25
3.1.1 Gangguan Listrik	25
3.1.2 Gangguan Awal	25
3.2. Gangguan External	25
3.2.1 Beban Lebih (Over Load)	26
3.2.2 Hubung Singkat di Luar	26

3.2.3 Menentukan Impedansi Urutan Transformator	28
3.2.4 Menentukan Impedansi Urutan Saluran Kawat Udara	29
3.2.5 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	30
3.2.6 Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa	32
3.2.7 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.....	33
3.2.8 Rating Circuit Breaker	35
3.3. Analisa Pemilihan Rating Circuit Breaker	38
3.3.1 Pemilihan Rating Arus Nominal.....	38
3.3.2 Pemilihan Rating Pemutus Arus.....	39
BAB IV:GARDU INDUK BLIMBING DAN PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN	
HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM 20 KV	40
4.1. Peralatan yang terpasang pada Gardu Induk Blimbing	42
4.1.1 Circuit Breaker.....	42
4.1.2 Disconnecting Switch	42
4.1.3 Transformator	43
4.2. Perhitungan arus gangguan hubung singkat	44
4.2.1 Impedansi Sumber	44
4.2.2 Impedansi Tranformator	44
4.2.3 Impedansi Urutan Saluran Kawat Udara (SUTM)	46
4.3. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat outgoing ke Bus 20KV.....	47
4.3.1 Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa ($I_{f3\phi}$).....	47
4.3.2 Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ($I_{f2\phi}$)	48
4.3.3 Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah ($I_{F(K-T)}$).....	50
4.4. Perhitungan Pemilihan Rating Circuit Breaker (PMT) di Gardu Induk	
Blimbing pada system 20 KV	52
4.4.1 Pemilihan kapasitas Circuit Breaker.....	52
4.4.2 Rating Arus Mula Sesaat (Rating Making Current)	52
BAB V PENUTUP	53
5.1. Kesimpulan	53
DAFTAR PUSTAKA.....
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

3-1. Impedansi Urutan Positif dan Nol Penghantar AAAC	30
3-2. Hubungan K dengan Waktu Membuka CB	37
4-1. Data Saluran Untuk Penyulang Dari Trafo II (PASTI)	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Circuit Breaker.....	6
Gambar 2-2 Proses Pemadaman Busur Api.....	8
Gambar 2-3 Pemadaman Busur Api Pada Circuit Breaker.....	9
Gambar 2-4 Air Circuit Breaker.....	12
Gambar 2-5 (a) Bulk Oil Circuit Breaker.....	14
Gambar 2-5 (b) Dengan Pengontrol Busur Api.....	14
Gambar 2-6 Minimum Oil Circuit Breaker.....	16
Gambar 2-7 Sistem Aliran Udara Pada Air Blast Circuit Breaker.....	18
Gambar 2-8 Sulfur Hexafluorida.....	20
Gambar 2-9 Vacuum Circuit Breaker.....	22
Gambar 2-10 Disconnecting Switch.....	23
Gambar 3-1 Contoh Sederhana Sistem Tenaga Listrik.....	28
Gambar 3-2 Rangkaian Hubung Singkat 3 Fasa.....	31
Gambar 3-3 Rangkaian Pengganti Hubung Singkat 3 Fasa.....	31
Gambar 3-4 Rangkaian Hubung Singkat Fasa ke Fasa.....	32
Gambar 3-5 Rangkaian Pengganti Hubung Singkat 2 Fasa.....	33
Gambar 3-6 Rangkaian Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.....	34
Gambar 3-7 Rangkaian Pengganti Hubung Singkat 1 fasa Ke Tanah.....	34
Gambar 4-1 Single Line Diagram Gardu Induk Blimbing.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan yang sangat pesat membutuhkan tenaga listrik yang sangat besar. Listrik merupakan kunci suksesnya, guna meningkatkan taraf hidup manusia. Oleh sebab itu di dunia modern ini dengan adanya sumber daya alam sebagai sumber energi merupakan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, dimana sumber energi merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari terutama bagi masyarakat yang sudah maju taraf hidupnya.

Berbagai cara dalam pemanfaatan sumber energi untuk di konfersikan kedalam bentuk listrik misalnya : Tenaga Air, Matahari, Angin, Panas Bumi dan lain-lain. Untuk meningkatkan keandalan energi listrik, maka dibutuhkan kualitas dan kontinuitas distribusi tenaga listrik kepada konsumen.

Gardu induk sebagai pensuplai tenaga listrik ke gardu-gardu distribusi mempunyai peranan penting dalam system kelistrikan di Indonesia sesuai dengan fungsinya adalah sebagai penurun tegangan dari tegangan tinggi menjadi tegangan menengah atau menjadi tegangan rendah dengan bantuan transformator daya. Dengan demikian , keandalan system yang meliputi keandalan peralatan utama dan peralatan pendukungnya harus selalu di jaga dalam kondisi yang baik.

Sistem perlindungan sacara umum terdiri dari rele-rele pengaman, pemutus rangkaian dan transduser. Rele adalah alat pengindera (sensor)

adanya gangguan yang menyebabkan pemutus-pemutus tersebut akan membuka kontak-kontaknya, dan transduser memberikan masukan pada rele-rele, sehingga rele dapat didefinisikan sebagai sebuah alat yang bertugas menerima dan mendeteksi besaran yang dideteksinya.

Gangguan-gangguan yang berakibat fatal bagi peralatan gardu induk adalah gangguan hubung singkat 3 fasa, hubung singkat fasa-fasa, hubung singkat 2 fasa ke tanah, hubung singkat 1 fasa ke tanah, karena setiap gangguan mempunyai sifat-sifat yang berlainan. Oleh karena itu harus di jaga keandalannya dari pengaman-pengaman tersebut agar dapat bekerja sesuai dengan syarat-syarat sebagai pengaman.

Transformator sebagai peralatan gardu induk yang penting, harus dijaga agar memiliki Life Time (Kelangsungan Hidup) yang panjang sehingga pemadaman tegangan listrik dapat ditekan sekecil mungkin.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas permasalahan yang akan diangkat pada penulisan Tugas Akhir ini adalah

- a. Bagaimana kita mengetahui besarnya gangguan hubung singkat pada sisi tegangan 20 KV .
- b. Bagaimana kita menganalisa gangguan hubung singkat yang terjadi antara Fasa dengan Fasa, Fasa dengan tanah pada system 20 KV.
- c. Bagaimana kita menentukan berapa besar rating circuitbreaker pada Gardu Induk Blimbing 20 KV.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah dapat tercapai dengan baik, maka penulis perlu membatasi permasalahan yang akan dibahas.

1. Membahas peralatan penghubung switchgear jenis circuit breaker (CB) dan Disconnecting Switch yang ada pada Gardu Induk Blimbing Malang.
2. Membahas besar arus gangguan hubung singkat pada sisi outgoing tegangan 20 KV.

1.4 Tujuan

Tujuan yang penulis ingin capai adalah mengetahui system pengamanan pada jenis peralatan circuitbreaker di Gardu Induk Blimbing serta gangguan yang ditimbulkan akibat hubung singkat dan menganalisa besarnya gangguan hubung singkat antara fasa dengan fasa atau antara fasa dengan tanah. Diharapkan akan meningkatkan keandalan dan kontinuitas pelayanan tenaga listrik pada konsumen dengan kita dapat mengatasi akibat adanya gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Bab I PENDAHULUAN

Merupakan pendahuluan yang berisikan tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Sistemmatika Pembahasan.

Bab II TEORI DASAR

Merupakan teori dasar peralatan penghubung (Switchgear) jenis Circuit Breaker dan Disconnecting Switch.

Bab III PEMBAHASAN

Berisi tentang Gardu Induk Blimbing dan gangguan hubung singkat.

Bab IV ANALISA DATA

Merupakan analisa dari data-data perhitungan besar arus gangguan hubung singkat.

Bab V PENUTUP

Merupakan penutup berisikan kesimpulan dan saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Circuit Breaker (CB)

Dapat dioperasikan secara otomatis maupun secara manual dengan waktu pemutusan atau penyambungan yang tetap sama, sebab factor ini ditentukan oleh struktur mekanisnya yang menggunakan pegas-pegas. Karena itu circuit breaker (CB) dapat dioperasikan untuk memutus maupun menghubungkan rangkaian dalam keadaan dilalui arus beban atau tidak. Dalam terjadinya gangguan, circuit breaker (CB) memutus rangkaian secara otomatis, dan untuk operasi ini circuit breaker dilengkapi dengan rele-rele. Fungsi dari masing-masing rele adalah mengamankan system terhadap gangguan yang berbeda-beda macamnya, dan untuk itu diperlukan koordinasi tersendiri.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh CB adalah:

1. Dalam keadaan tertutup, harus sanggup dialiri arus beban penuh untuk waktu yang panjang.
2. Bila dikehendaki harus dapat membuka dalam keadaan berbeban bila sedikit terjadi beban lebih.
3. Harus dapat memutus secara cepat arus beban yang mengalir apabila terjadi gangguan hubung singkat pada system.
4. Bila kontak dalam keadaan terbuka, celah (Gap) harus tahan terhadap tegangan rangkaian yang timbul.
5. Untuk membebaskan gangguan dari system, maka kalau ada gangguan harus segera re-closing dan re-opening.

6. Harus tahan terhadap arus hubung singkat untuk beberapa saat sampai gangguan dibebaskan oleh peralatan pengamanan lainnya (Fuse dan sebagainya) yang lebih dekat dengan titik gangguan.
7. Harus dapat memutuskan arus yang sangat kecil, seperti arus magnetisasi tranformator atau saluran yang sifatnya induktif atau kapasitif.
8. Harus tahan terhadap efek pembusuran pada kontak-kontaknya, gaya elektrodinamis dan panas yang timbul pada waktu terjadi hubungan singkat.



GAMBAR 2 – 1

CIRCUIT BREAKER (Nissin)

Sumber : PT. PLN (Persero) UBS P3B

2.1.1 Proses Kerja Circuit Breaker

Dalam keadaan nominal circuit breaker harus dapat dibuka dan ditutup oleh seorang operator baik untuk maksud pemeliharaan maupun perbaikan.

Pada dasarnya circuit breaker terdiri atas pasangan kontak, setiap kontak terdiri atas elemen tetap dan elemen bergerak. Dalam keadaan normal elemen-elemen ini saling berhubungan untuk menghantarkan arus beban, tetapi jika ada gangguan circuit breaker ini akan menerima sinyal tripping yang dapat dilakukan secara manual maupun yang berasal dari rele pengaman. Kemudian kedua elemen tersebut merupakan bagian yang memutuskan rangkaian.

Pada saat terjadinya pemisahan kontak, suatu busur api akan terjadi diantara kontak tersebut dan busur api ini akan terus berlansung sampai akhir pemutusannya.

Pemutusan busur api tergantung pada cara dan jenis media yang dipakai untuk memadamkan busur api, hal ini tergantung dari jenis dan macam circuit breaker yang digunakan.

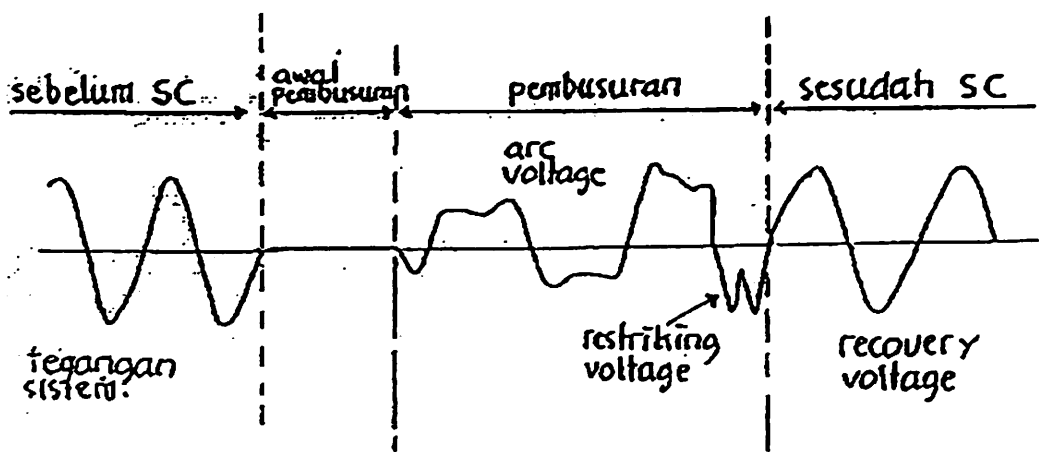
2.1.2 Proses Pemadaman Busur Api

Proses pemadaman busur api pada circuit breaker arus bolak balik (AC) dinyatakan sebagai suatu "de-ionisasi" yaitu membuat kondisi menjadi tidak menghantarkan lintasan gas yang telah mengionisasi diantara kontak-kontak, sampai suatu harga yang sedemikian rupa sehingga pada awal harga nol arus.

Kekuatan dielektrik didalam celah kontak akan mampu menahan kenaikan tegangan yang cenderung akan menimbulkan kembali busur api, setelah arus kembali nol.

Secara ideal keadaan ini akan dicapai pada harga nol pertama setelah busur api pertama terjadi, tetapi hal ini jarang terjadi karena dalam kenyataannya akan dibutuhkan beberapa cyle pembusuran lagi sampai pembusuran berakhir.

Tegangan adalah keadaan kerja yang melawan dan mencoba untuk menghalangi terjadinya pemutusan busur api serta berusaha untuk menimbulkan kembali busur api setelah dicapai keadaan normal pada setiap harga nol.



GAMBAR 2 – 2

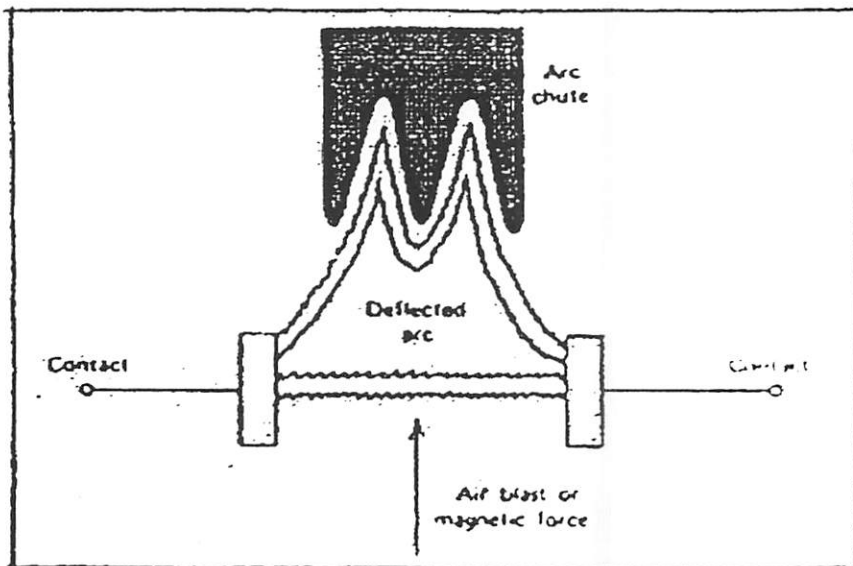
PROSES PEMADAMAN BUSUR API

Dari gambar diatas tampak bahwa tegangan normal system adalah sebelum terjadinya hubung singkat, selanjutnya jatuh ke nol ketika gangguan terjadi tetap pada nol selama belum terjadi pembusuran yaitu sampai saat kontak membuka.

Ketika terjadi pembusuran kontak, suatu busur api terjadi dengan suatu tegangan yang rendah dan hampir konstan, tegangan ini disebut dengan nama tegangan busur.

Beberapa saat sebelum arus mempunyai harga nol pengaruh dari pada de-ionisasi dan pendinginan celah busur dapat terhalang, menyebabkan tegangan busur naik ke harga puncak. Sedikit di atas harga rata-rata dan memaksa arus untuk mencapai harga nol. Bila pada titik ini proses de-ionisasi tidak dapat berlangsung, tegangan pukul (restriking voltage) naik dengan cepat ke suatu harga puncak yang lebih besar. Tegangan pukul ini akan menimbulkan kembali busur api sehingga arus gangguan mengalir lagi sampai harga nol berikutnya, suatu proses yang dapat terulang sampai beberapa kali pemutusan berakhir.

Pemutusan telah dianggap berakhir dengan baik pada harga nol arus yang ke empat selama waktu pembusuran, dan kini ternyata tegangan pemulihan kembali sebagai getaran transient frekuensi tinggi diatas harga tegangan pemulihan normal pada frekuensi system.



GAMBAR 2 – 3

PEMADAMAN BUSUR API PADA CIRCUIT BREAKER

2.1.3 Kecepatan Pemutusan Circuit Breaker

Waktu pemutusan dasar circuit breaker yaitu jumlah dari waktu buka kontak dan waktu berlangsungnya busur api. Waktu buka kontak adalah jangka waktu mulai dari dimuatinya kumparan pembuka (tripping coil) sampai terbukanya kontak dari circuit breaker tersebut. Jadi waktu pembersihan gangguan (fault cleaning time) adalah waktu yang dibutuhkan mulai saat terjadi gangguan, pembukaan kontak, waktu berlangsungnya busur api sampai padamnya busur api.

Pada pemutus tenaga arus bolak balik, karena padamnya busur adalah pada waktu arus mencapai titik nol nya maka berlangsung busur api harus dihitung 1 cycle. Ini berarti bahwa untuk pemutus beban 3 cycle waktu bukanya harus kurang dari 2 cycle.

Untuk pengaman pada system tegangan tinggi harus digunakan pemutus beban yang mempunyai kecepatan pemutus 2 atau 3 cycle, sedangkan untuk system tegangan menengah dapat di gunakan pemutus beban yang mempunyai kecepatan 3,5 atau 8 cycle.

Arus hubung singkat terbelakang fasanya hampir 90° oleh karena adanya reaktansi system. Jika busur api padam pada waktu arus mencapai harga nol, tegangan sumber mencapai kira-kira harga puncaknya dan tegangan antar terminal pemutus tenaga ini harus melompat dari nol ke harga tersebut.

Karena adanya kapasitansi tersebar pada saluran dan peralatan timbullah tegangan isolasi peralihan (transient) diantara kutub-kutubnya. Tegangan yang berbentuk gelombang demikian disebut tegangan pukul (restriking voltage) dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi sumbernya sedangkan tegangan yang

mengikutinya disebut tegangan kembali (recovery voltage). Kecepatan dari kembalinya isolasi (insulation recovery) antara kutub-kutubnya setelah padamnya busur api harus melebihi naiknya besaran pukul.

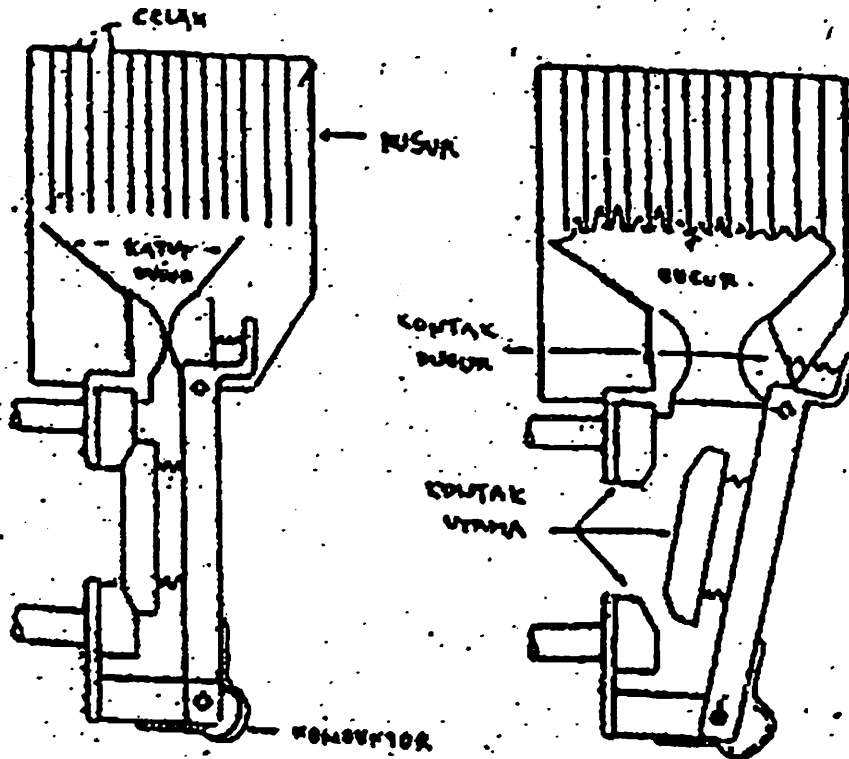
2.1.4 Macam-macam Circuit Breaker

Macam-macam circuit Breaker umumnya dibedakan dalam macam cara pemadaman busur api atau bahan yang dipakai untuk pemadaman busur api tersebut:

1. Air Break Circuit Breaker

Pada circuit breaker jenis ini, seperti yang diperhatikan pada gambar 2 – 4 bagian kontak dan loncatan busur api berada pada tekanan udara atmosfer biasa. CB jenis ini digunakan untuk tegangan menengah dan tegangan rendah saja. Terdapat dua macam kontak saja yaitu: Kontak Utama dan Kontak Busur Api.

Kontak utama akan menghubungkan arus pada keadaan CB posisi menutup, sedangkan kontak api (Arcing Contact) dibuat dari bahan yang keras biasanya dari copper alloy dan tahan terhadap panas yang tinggi, karena kontak busur api ini ditekan oleh suatu pegas, maka bila terjadi pembukaan kontak-kontak dari CB, kontak busur api ini akan membuka lebih lambat dari kontak utamanya, sehingga loncatan busur api akan terjadi pada kontak busur api ini. Sewaktu jarak kontak busur api semakin melebar, maka busur api akan terjadi pemisahan dan dialihkan pada suatu peralatan lain yang disebut Arc Splitter. Pada perkembangannya, baru jenis CB ini juga ada yang menggunakan medan magnet untuk memecah-mecah loncatan busur api yang terjadi di antara kontak-kontak pada waktu pembukaan kontak-kontak sehingga busur api segera padam.



GAMBAR 2 - 4

AIR CIRCUIT BREAKER

2. Oil Circuit Breaker

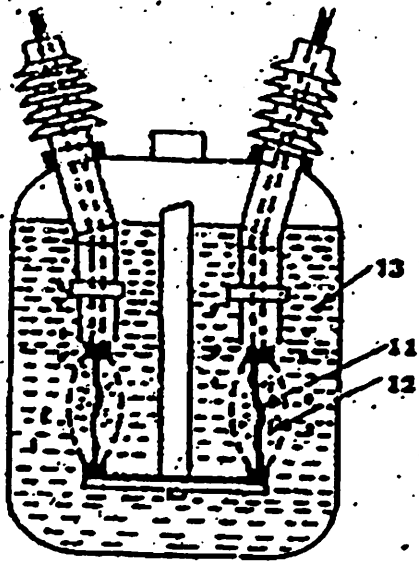
Oil Circuit Breaker (Bulk) banyak yang digunakan dan mempunyai rating tegangan sampai dengan 245 KV. Pada CB jenis ini diperhatikan pada gambar 2 – 5 kontak-kontak terendam didalam suatu tangki yang berisi minyak, yang memiliki sifat isolasi. Bila terjadi loncatan busur api, maka akan terjadi dan terbentuk gas dan

aliran turbulen dari minyak. Pada dasarnya pemadaman busur api yang terjadi diantara kontak-kontaknya adalah sebagai berikut:

1. Pendinginan, dimana panas dari busur api dibawa keluar oleh gas yang terjadi.
2. Oleh adanya saluran turbulen dari minyak.
3. Kekuatan dielektrik yang terbentuk dengan tiba-tiba.
4. Karena tekanan gas yang terjadi sehingga menambah kekuatan daya dielektrik.

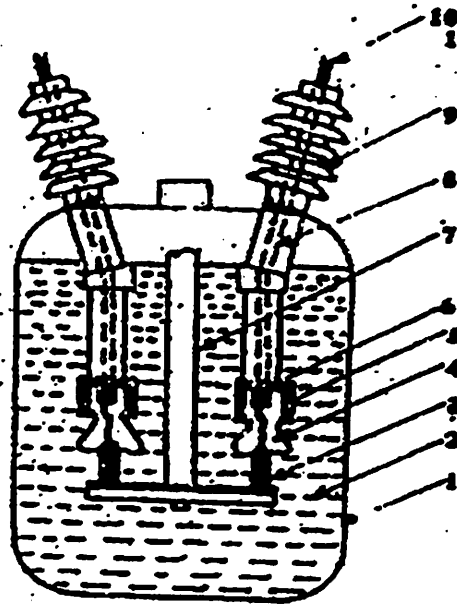
Bila terjadi busur api didalam minyak maka minyak yang dekat dengan busur api tersebut akan berubah menjadi uap minyak, dan busur api akan dikelilingi oleh gelembung-gelembung uap minyak dan gas. Gas yang terjadi berisi sekitar 70% hydrogen dan sedikit actelyne serta gas lainnya, gas yang terbentuk ini mempunyai sifat thermal conductivity yang baik sekali untuk digunakan sebagai bahan media pemadam. Kontak-kontak circuit breaker direncanakan sesuai dengan peralatan control yang dipakai dan harus pula mempunyai ketentuan-ketentuan yang menguntungkan, misalnya :

- a. Kontak utama harus mempunyai tahanan kontak (Contact Resistance) yang rendah.
- b. Tahanan kontak berbanding terbalik dengan tekanan kontak yang diberikan oleh pegas.
- c. Kontak-kontak harus dapat bersih dengan sendirinya (misalnya lapisan oksida tembaganya bersih sendiri karena gesekan kontak).
- d. Pegas kontak mempunyai tekanan yang halus.



GAMBAR 2-5 (a)

BULK OIL CIRCUIT BREAKER



GAMBAR 2-5 (b)

DENGAN PENGONTROL BUSUR

API

Keterangan gambar 2-5 (a)

- 11. Arc Core
- 12. Ionised Gas.
- 13. Gas Bubbles.

Keterangan gambar 2-5 (b)

- 1. Tangki
- 2. Dielektrik oil
- 3. Kontak bergerak.
- 4. Gas terbentuk akibat busur api

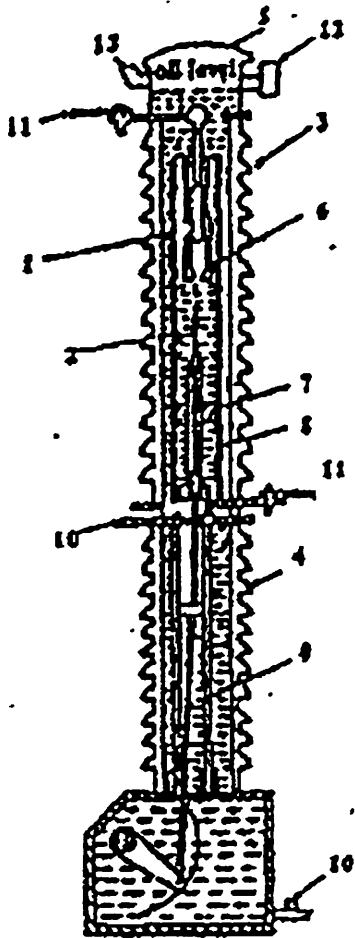
5. Arc control device
6. Fixed contact
7. Tension Rod
8. Conductor Copper
9. Bushing
10. Conductor.

Kerugian :

1. Menghasilkan gas yang memungkinkan adanya ledakan.
2. Pemeliharaan yang harus sangat teliti.
3. Untuk tegangan diatas 245 KV, tangki harus dibuat besar, sehingga akan berat dan menyusahkan didalam pengangkutannya.
4. Elemen-elemen dari rating tertentu tidak dapat digunakan untuk rating yang lain (KV dan MVA).
5. Menimbulkan suara ledakan yang cukup keras.

3. Minimum Oil Circuit Breaker.

Pada minimum Oil Circuit Breaker ini minyak hanya digunakan sebagai bahan pemadaman busur api saja, seperti yang diperhatikan pada gambar 2 – 6. Karena bagian dari tangki circuit breaker ini menggunakan bahan yang terbuat dari keramik atau porselen sebagai isolasi dengan ukuran relative kecil, biasanya disebut dengan Porselen Circuit Breaker (PCB).



Keterangan gbr. 2 :

1. Kontak tetap.
2. Kontak bergerak.
3. Ruang pemutus aliran.
4. Ruang penyangga.
5. Ruang atas (puncak).
6. Alat pemadam busur api.
7. Kontak tetap.
8. Penutup dari kertas bakelit.
9. Batang penggerak.
10. Katup pelalu.
11. Terminal.
12. Katup pembantu.
13. Lobang gas.

GAMBAR 2 - 6

MINIMUM OIL CIRCUIT BREAKER

Prinsip pemadaman busur api disini adalah dengan terjadinya penyemprotan minyak dielektrik yang disebabkan oleh aksi dari piston pada permukaan kontak. Peralatan piston ini bekerja karena adanya pergerakan moving contact sehingga menekan minyak yang ada didalam silinder, dan tekanan minyak didalam silinder ini yang menyebabkan semprotan pada permukaan kontak.

4. Air Blast Circuit Breaker

Air Blast Circuit Breaker memerlukan suatu unit kompresor untuk mempertahankan tekanan udara didalam tangki penyimpanan udara (lebih kurang 30 kg/cm²), ini merupakan kekuatan dielektrik yang lebih kuat dari pada tekanan atmosfer. Dengan menggunakan nozzle, maka udara yang mengalir dengan tekanan tinggi akan meniup busur api. Nozzle atau celah yang akan terjadi disini adalah merupakan celah yang terjadi antara moving contact dan fixed contact. Dalam keadaan tertutup kontak-kontak ini merupakan pemisah dari ruangan udara bertekanan tinggi dan ruangan bertekanan atmosfer, sehingga terjadi pembukaan kontak, maka celah yang terjadi merupakan nozzle yang melewatkan udara dengan tekanan tinggi. Menurut aliran udara yang terjadi seperti yang diperlihatkan pada gambar 2 – 7 dibedakan dalam :

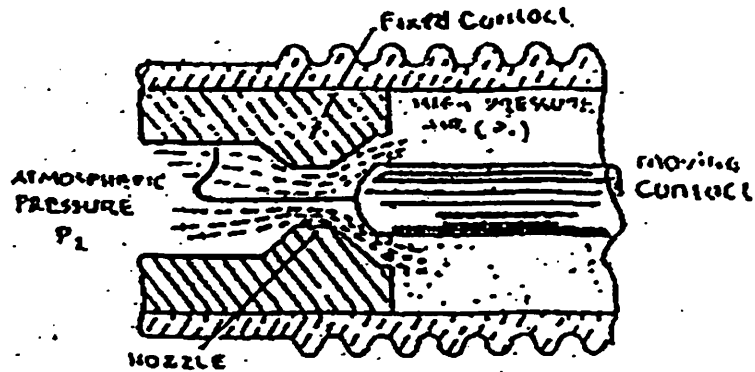
- a. Single flow
- b. Double flow

Keuntungan :

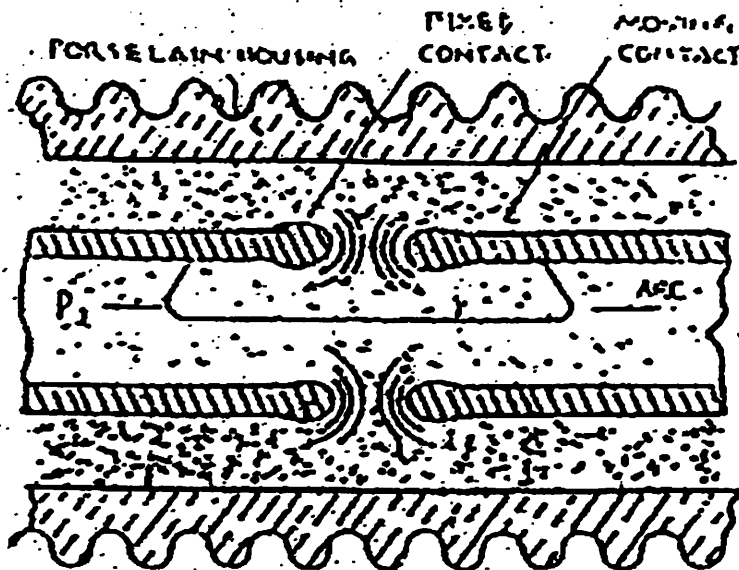
- 1) Bekerja dengan kecepatan tinggi
- 2) Bersih dan tidak mempunyai gas yang mudah terbakar.
- 3) Sesuai dengan penggunaan yang berulang-ulang karena udara bersih selalu tersedia setiap saat.

Kerugian :

- 1) Karena menggunakan perlengkapan tambahan seperti compressor, berarti membutuhkan ruangan yang lebih luas.
- 2) Perlu alat peredam suara untuk penggunaan pada tegangan.



(a) Single Flow



GAMBAR 2-7

SISTEM ALIRAN UDARA PADA AIR BLAST CIRCUIT BREAKER

5. Sulfur Hexaflorida (SF₆) Circuit Breaker.

Gas SF₆ merupakan gas berat yang mempunyai dielektrik yang baik sekali serta mempunyai sifat pemadam yang baik pula.

Sifat-sifat fisik dari gas SF₆ adalah :

- a. Tidak berwarna.
- b. Tidak berbau.
- c. Tidak merupakan racun.
- d. Tidak mudah terbakar.
- e. Merupakan gas berat, sekitar 5 kali dari udara.

Prinsip pemadaman :

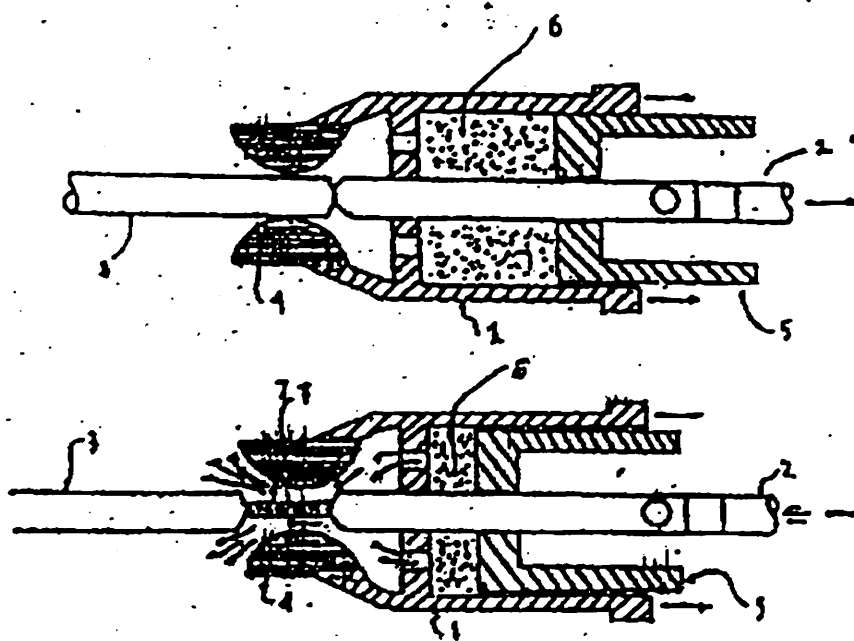
Gas SF₆ yang ditiupkan sepanjang busur api tersebut sehingga berakibat dengan mengecilnya diameter dari busur api dan akhirnya padam. Setiap kali sesudah suatu operasi (pembukaan) kompresor mengirim kembali gas SF₆ dari low pressure tank ke auxiliary high pressure reservoir, jadi disini tidak ada gas yang terbuang keluar.

Auxiliary high pressure reservoir berisi gas yang cukup banyak yang dapat digunakan otomatis, demikian pula bekerjanya kompresor. Pemadaman busur api juga berdasarkan kerja mekanis disaat kontak membuka seperti gambar 2 - 8, dimana piston menekan gas SF₆ yang bertekanan akan lewat nozzle untuk memadamkan busur api yang bertekanan.

Didalam gas SF₆ ini, panas dari busur api yang terjadi akan segera dinetralisir (di dinginkan) sehingga busur api akan padam dengan sendirinya. Tetapi hal ini masih dianggap terlalu lambat. Maka untuk mempercepat proses pemadamannya

gas SF6 disemburkan dengan tekanan tinggi pada pusat busur api dengan bantuan kompresor dan menggerakkan piston.

Gas SF6 ini selain untuk memadamkan busur api, juga untuk mengisolasi antara bagian yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan.



GAMBAR 2 – 8

SULFUR HEXAFLOURIDA

Keterangan gambar :

1. Selinder penyemprot
2. Kontak gerak
3. Kontak tetap
4. Insulating nozzle

5. Piston

6. Gas SF₆

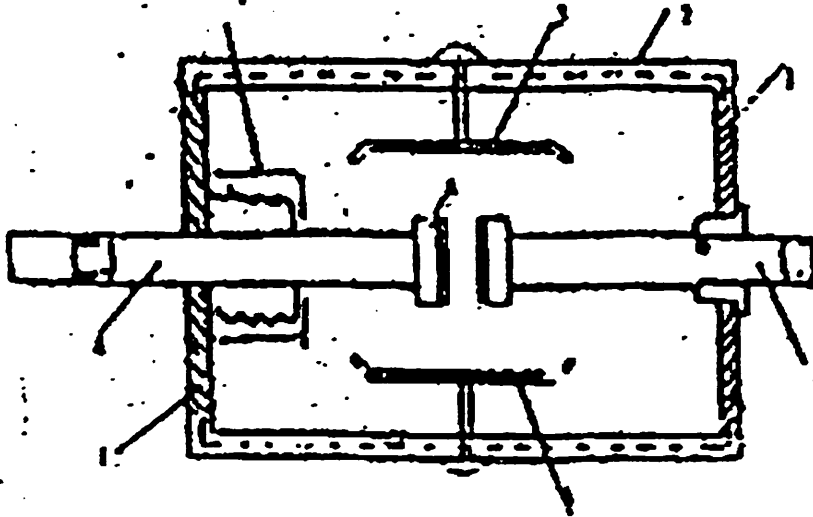
7. Busur api

6. Vacum Circuit Breaker

Pada dasarnya prinsip kerja dari circuit breaker jenis ini seperti gambar (2 – 9) juga seperti jenis lainnya, hanya ruang kontak dimana terjadi busur api merupakan ruang hampa udara yang tinggi sehingga peralatan dari circuit breaker ini dilengkapi dengan seal penyekat udara yang betul-betul sempurna guna mencegah kebocoran, terutama seal untuk bagian yang Bergeraknya kontak hanya beberapa millimeter saja. Udara vacuum sekitar 10^{-3} mmHg sudah merupakan media yang baik sekali. Karena pengaruh benturan ionisasi partikel yang terjadi dengan atom dan molekul didalam ruangan hampa adalah sangat kecil sekali.

Keuntungan :

1. Dapat beroperasi lama sekali sampai beratus-ratus operasi pada keadaan hubung singkat.
2. Tidak mengeluarkan ledakan yang keras.
3. Proses pemadaman cepat sekali.
4. Tidak memerlukan pemeliharaan yang khusus.



GAMBAR 2 – 9

VACUM CIRCUIT BRAEKER

Keterangan :

1. Enclosure : glass
2. End flages : non magnetic metal
3. Contact
4. Vapour condensing shield.
5. Metallic below
6. Seals
7. Fixed contact stem.
8. Moving contact stem.

2.2 Disconnecting Switch.

Disconnecting Switch (DS) adalah suatu peralatan yang merupakan pasangan circuit breaker. Fungsi dari disconnecting switch yaitu memisahkan tegangan suatu bagian dari sumbernya pada keadaan tidak diberi arus sehingga dapat dilihat atau dipisahkan dengan pasti bagian yang hidup atau tidak. Meskipun disconnecting switch tidak dimasukkan untuk memutuskan arus beban nominal ataupun arus hubung singkat, akan tetapi harus memenuhi syarat-syarat tertentu didalam operasinya.



GAMBAR 2 – 10

DISCONNECTING SWITCH

Sumber : PT. PLN (Persero) UBS P3B

Syarat-syarat yang harus dipenuhi adalah :

- 1) Mempunyai kapasitas arus (Current Capacity) nominal 15% diatas arus beban penuh.
- 2) Harus sanggup menahan tegangan nominal hingga tegangan 10% diatas tegangan nominal.
- 3) Dalam keadaan tertutup mampu menahan momentary current pada waktu terjadi hubungan singkat.
- 4) Dapat menahan timbulnya daya termis dan daya elektrodinamis yang timbul saat terjadi hubungan singkat.

Hubungan rangkaian Circuit Breaker dan Disconnecting Switch adalah menempatkan circuit breaker diantara dua disconnecting switch. Pada umumnya hubungan circuit breaker dan disconnecting switch dilaksanakan dengan system interlock. Yang dimaksud dengan interlock agar tidak salah pengoperasian dari dua buah peralatan. Dengan demikian disconnecting switch tidak digunakan untuk memutus arus beban dan bekerjanya dengan urutan tertentu yaitu pembukaan Disconnecting Switch selalu didahului oleh pembukaan circuit breaker dan menutupnya circuit breaker sesudah disconnecting switch ditutup.



BAB III

GANGGUAN PADA GARDU INDUK

3.1 Gangguan Internal

Pengaman utama suatu transformator daya sangat dibutuhkan untuk keadaan-keadaan dimana timbul gangguan-gangguan dalam daerah pengaman. Gangguan internal cukup berbahaya dan selalu menimbulkan bunga api. Gangguan internal dapat diklasifikasikan kedalam dua group, yaitu :

3.1.1. Gangguan Listrik.

Gangguan ini tergolong gangguan berat yang umumnya adalah gangguan listrik dan langsung dapat menyebabkan kerusakan pada bagian-bagian transformator. Gangguan ini biasanya dapat terdeteksi langsung oleh rele-rele arus dan tegangan tidak seimbang.

3.1.2 Gangguan Awal.

Gangguan ini sering diistilahkan “Incipient Fault” yaitu gangguan yang tergolong ringan dan berawal dari gangguan kecil namun kemudian secara perlahan-lahan berkembang menjadi gangguan yang berat dan mengakibatkan kerusakan apabila tidak segera terdeteksi oleh rele-rele arus dan tegangan tidak seimbang.

3.2. Gangguan External.

Gangguan luar yang di maksud adalah gangguan yang terjadi di luar daerah pengaman transformator yang dapat menyebabkan sumber kerusakan pada transformator.

3.2.1 Beban Lebih (Over Load)

Transformator daya dapat beroperasi terus pada arus beban nominal apabila beban yang dilayani lebih besar dari 100% transformator akan mendapatkan pemanasan lebih.

Kondisi ini mungkin tidak segera menimbulkan kerusakan pada transformator daya, tetapi apabila berlangsung terus-menerus akan memperpendek umur isolasi dan keandalan dari transformator tersebut akan menurun.

Keadaan beban lebih berbeda dengan over current, besarnya arus mencapai beberapa kali arus nominal dan harus secepatnya diputuskan.

3.2.2 Hubung Singkat di Luar.

Yaitu gangguan hubung singkat yang terjadi diluar transformator daya, misalnya hubung singkat di rel, hubung singkat di penghantar dan hubung singkat di system yang merupakan sumber bagi transformator daya tersebut. Gangguan ini dapat dideteksi dengan hanya timbulnya arus besar mencapai beberapa kali arus nominalnya.

Besarnya arus hubung singkat tergantung dari jenis dan sifat gangguan hubung singkat itu, angka pengenal dari peralatan utama, metode hubungan netral trafo, jarak gangguan dari unit pembangkit, serta alat-alat pengaman. Studi mengenai gangguan hubung singkat ini dapat digunakan sebagai dasar pemilihan rating circuit breaker yang sesuai.

Untuk mencari besar arus hubung singkat yang terjadi, maka sebelumnya harus di ketahui besarnya impedensi. Menentukan impedansi urutan sumber dapat kita lakukan dengan beberapa cara. Dan salah satunya adalah (Sumber : PT PLN (Persero)

1. Dengan data – data yang diperoleh di PLN (MVA hubung singkat) maka impedensi sumber dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$X_1 = X_2 = \left(\frac{KV_2}{KV_1} \right)^2 \times \frac{(KV_1)^2}{MVA_{hs}}$$

$$Z_{1s} = Z_{2s} = jX_1$$

Dimana :

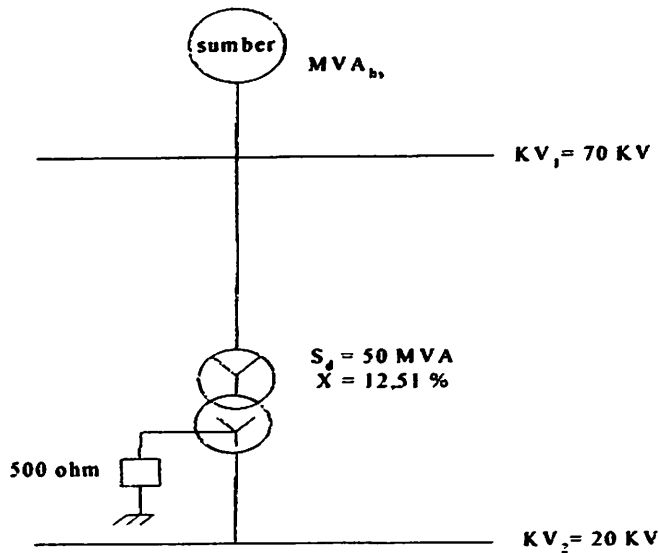
Besarnya tegangan pada sisi tegangan tinggi $KV_1 = 70 \text{ KV}$

Besarnya tegangan pada sisi tegangan tinggi $KV_2 = 20 \text{ KV}$

2. Jika system distribusi tersebut memperoleh daya melalui jaringan transmisi yang berpola radial yaitu dengan generator pada pangkalnya, maka besar impedensi tersebut diperoleh dengan menjumlahkan seluruh impedansi urutan komponen yang ada mulai dapat ditentukan besar impedansi urutan negative dan positifnya, sedangkan impedansi urutan nol ditentukan dengan cara yang lain.

Gambar berikut ini menunjukkan contoh sederhana dari system tenaga listrik dengan saluran transmisi 70 KV dan saluran distribusi 20 KV

(Gambar 3 – 1).



GAMBAR 3 -1

CONTOH SEDERHANA SISTEM TENAGA LISTRIK

Sumber : PT PLN (Persero) PUSDIKLAT

3.2.3 Menentukan Impedansi urutan Transformator.

Impedansi urutan transformator sama dengan impedansi yang terdapat pada papan nama (Dalam satuan pu). Karena dalam perhitungan hubung singkat, transformator direpresentasikan sebagai induktor (elemen positif). Maka impedansi urutan positif sama dengan impedansi urutan negative. Maka didapat persamaan sebagai berikut :

$$Z_{1T} = Z_{2T} = Z_t \frac{(Vd)^2}{Sd}$$

Dimana :

Z_{1T} = Impedansi urutan positif transformator.

Z_{2T} = Impedansi urutan negatif transformator.

Z_T = Impedansi transformator yang tertulis pada papan nama.

S_d = Daya dasar dari rating tranformator.

Besar impedansi transformator tergantung pada hubungan transformator serta impedansi pengetanahan titik netralnya. Di Indonesia biasanya gardu induk digunakan trafo daya dengan hubungan Y – Y dengan titik netral yang diketanahkan pada sisi tegangan menengahnya. Dalam hal ini harga impedansi urutan nol adalah :

$$Z_{oT} = 10.Z_T$$

3.2.4 Menentukan Impedansi Urutan Saluran Kawat Udara

Pada gardu induk blimbing untuk saluran kawat udaranya yaitu menggunakan jenis penghantar AAAC dengan luas penampang 185 mm². Sehingga besarnya impedansi urutan positif , impedansi urutan negative, dan impedansi urutan nol dapat dilihat pada tabel 3 – 1 yaitu sebagai berikut :

TABEL 3 – 1

IMPEDANSI URUTAN POSITIF DAN NOL PENGHANTAR AAAC

Luas Penampang Nominal (mm²)	Jari – Jari (mm²)	Jumlah urat	GMR (mm²)	Impedansi urutan Positif (mm²)	Impedansi urutan Nol (mm²)
16	2,2563	7	1,6380	2,0161 + j0,4036	1,1641 + j1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 + j0,3859	1,4384 + j1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,2917 + j0,3790	1,0697 + j1,665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 + j0,3678	0,7931 + j1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + j0,3572	0,6088 + j1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3396 + j0,3449	0,4876 + j1,6324
120	6,1791	19	4,6837	0,2688 + j0,3376	0,4186 + j1,6251
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j0,3305	0,3441 + j1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 + j0,3239	0,3224 + j1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 + j0,3158	0,2824 + j1,6033

3.2.5 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Jenis gangguan ini jarang terjadi namun biasanya arus gangguan sangat besar sehingga diperlukan perhatian khusus untuk mengatasinya. Gangguan jenis ini dapat disebabkan oleh gangguan petir yang menyambar ketiga fasa kawat fasa, pohon dan sebagainya yang mengakibatkan terganggunya dari system itu sendiri.

Arus hubung singkat 3 fasa sebesar.

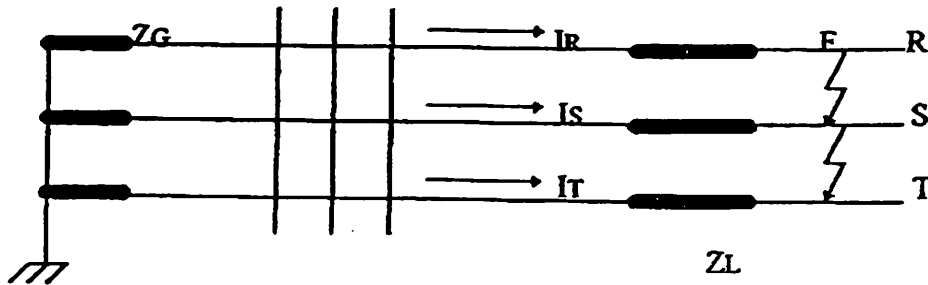
$$I_{F3\phi} = \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_f}$$

Dengan :

E_{ph} = Tegangan fasa (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif total antara sumber, trafo dan saluran
(ohm)

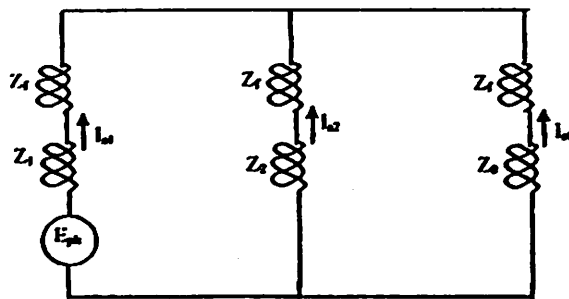
Z_f = Impedansi Gangguan (ohm)



GAMBAR 3 - 2

RANGKAIAN HUBUNG SINGKAT 3 FASA

Sumber : PT PLN (Persero)



GAMBAR 3 - 3

RANGKAIAN PENGGANTI HUBUNG SINGKAT 3 FASA

Sumber : PT. PLN (Persero), PUSDIKLAT

3.2.6 Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa.

Gangguan hubung singkat ini akan terjadi apabila 2 dan 3 fasa yang ada bersentuhan atau berhimpit. Gangguan ini dapat disebabkan oleh tali layang-layang, hempasan pohon karena angin dan bisa juga ini disebabkan oleh burung dan sebagainya.

Arus hubung singkat fasa ke fasa sebesar :

$$I_{F2\phi} = \frac{\sqrt{3}E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

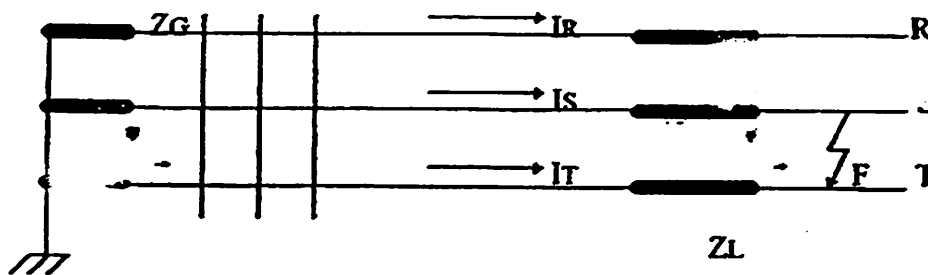
Dengan :

E_{ph} = Tegangan fasa (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif total antara sumber, trafo dan saluran
(ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif total antara sumber, trafo dan saluran
(ohm)

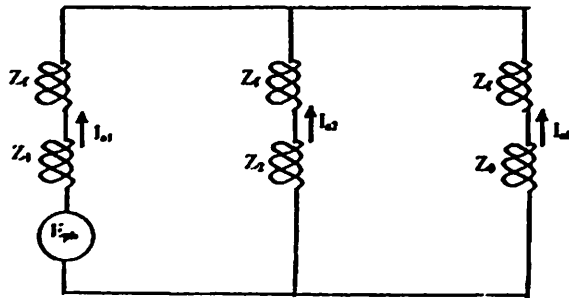
Z_f = Impedansi Gangguan (ohm)



GAMBAR 3 – 4

RANGKAIAN HUBUNG SINGKAT FASA KE FASA

Sumber : PT PLN (Persero)



GAMBAR 3 – 5

RANGKAIAN PENGGANTI HUBUNG SINGKAT 2 FASA

Sumber : PT. PLN (Persero), PUSDIKLAT

3.2.7 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Kestanah.

Penyebab gangguan hubung singkat ini antara lain karena pecahnya salah satu isolator karena benturan mekanis, karena gelombang surya tegangan tinggi, satu kawat kena pohon, tali layang – layang dan hal-hal yang lain.

Arus hubung singkat 1 fasa ketanah sebesar :

$$I_{F(K-T)} = \frac{3.E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f}$$

Dengan :

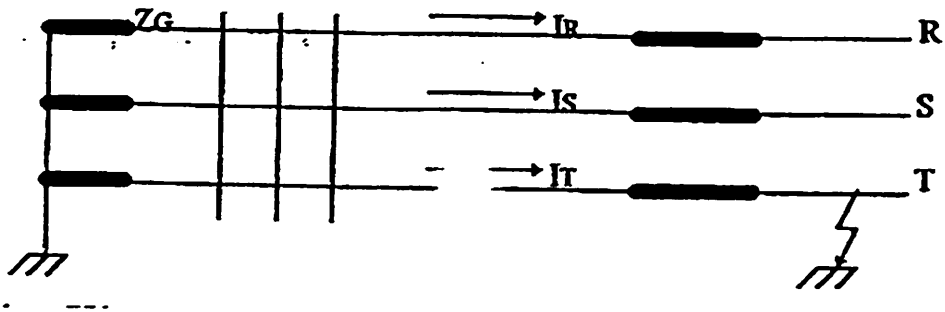
E_{ph} = Tegangan fasa (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif total antara sumber, trafo dan saluran
(ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif total antara sumber, trafo dan saluran
(ohm)

Z_0 = Impedansi urutan nol total antara sumber, trafo dan saluran . Bila titik sekundernya di tanahkan maka ditambahkan $3 R_n$

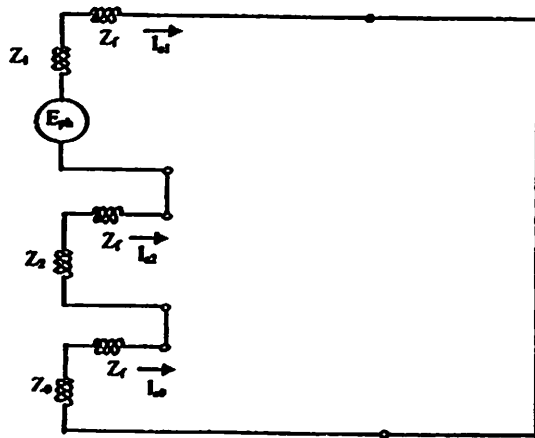
Z_f = Impedansi Gangguan (ohm)



GAMBAR 3-6

RANGKAIAN HUBUNG SINGKAT 1 FASA KE TANAH

Sumber : PT PLN (Persero)



GAMBAR 3 - 7

RANGKAIAN PENGGANTI HUBUNG SINGKAT 1 FASA KE TANAH

Sumber : PT. PLN (Persero), PUSDIKLAT

3.2.8 Rating Circuit Breaker

Untuk menjamin agar circuit breaker dapat berfungsi dengan baik maka circuit breaker ini memiliki beberapa rating yang menunjukkan keadaan dan kemampuan circuit breaker tersebut, adapun rating yang bisa digunakan adalah :

a. Rating Arus Nominal

Rating arus nominal ini ditetapkan sebagai harga efektif dari arus yang dapat dilewatkan pada circuit breaker secara terus menerus (kontinyu) dengan kenaikan temperature masih dalam batas yang ditentukan yaitu 40°C dan 50°C (SUNIL, 1983).

b. Rating Arus Pemutus

Rating arus pemutus merupakan harga efektif (rms) dari arus maximum yang masih dapat diputuskan dengan aman pada tegangan system yang sesuai, selang beberapa cycle setelah terjadinya gangguan.

c. Rating Tegangan Nominal.

Rating tegangan nominal merupakan besarnya tegangan yang dicatukan pada CB secara terus-menerus sesuai dengan teraan CB yang ditetapkan sebagai harga efektif (rms) dari tegangan fasa-fasa yang diperbolehkan pada seluruh keadaan operasi CB.

d. Kapasitas Pemutus Circuit Breaker.

Kapasitas pemutus ini menggambarkan kemampuan circuit breaker dalam mengatasi gangguan hubung singkat yang terjadi pada tegangan system dimana circuit breaker ini dapat diandalkan.

Besarnya arus hubung singkat seketika adalah :

$$I_{hs} \text{ seketika} = 1,6.I_{hs} \text{ A}$$

Adapun besarnya daya hubung singkat yang terjadi pada jaringan adalah :

$$P_{hs} = \sqrt{3} .KV.I_{hs} .k.10^{-3}$$

Dengan :

KV = Tegangan Nominal.

I_{hs} = Arus Hubung Singkat

Besarnya daya hubung singkat seketika adalah :

$$P_s \text{ seketika} = 1,6.P_{hs} \text{ MVA}$$

Sedangkan besarnya kapasitas dari circuit breaker juga dinyatakan dalam

MVA, yaitu sebesar :

$$S_{CB} = \sqrt{3} .KV.k.I_{sc} \text{ MVA}$$

Dengan :

I_{sc} = Breaking Capacity pada CB (KA)

K = Konstanta Faktor Pengali

= 1,1 untuk CB 5 Cycle (Sesuai dengan data pada table 3 – 2)

Hubungan antara factor pengali (k) dengan waktu membuka kontak circuit breaker dinyatakan dalam tabel berikut :

TABEL 3 – 2
HUBUNGAN K DENGAN WAKTU MEMBUKA CB.

Waktu membuka CB	Faktor pengkali k
8 Cycle	1,0
5 Cycle	1,1
3 Cycle	1,2
2 Cycle	1,4
Langsung	1,6

Sumber : PLN

e. Rating Arus Mula Sesaat (Rating Making Current)

Short circuit breaker suatu CB adalah arus hubung singkat puncak maksimum sesaat yang timbul, besarnya terjadi pada seperempat siklus pertama (0,05 detik). Sesudah terjadi gangguan yang dapat terjadi pada suatu CB pada rating tegangannya.

$$I_s = \sqrt{2} \cdot k \cdot I$$

Dimana :

I_s = Arus puncak maksimum (A)

K = Konstanta factor pengali

I = Arus Hubung Singkat terbesar (A)

3.3 Analisa Pemilihan Rating Circuit Breaker

Pemilihan circuit breaker untuk system daya tidak tergantung pada arus yang mengalir pada circuit breaker dalam keadaan kerja saja, tapi juga pada arus maksimum yang mungkin mengalir beberapa waktu dan pada arus yang mungkin harus diputuskan pada tegangan saluran dimana circuit breaker itu ditempatkan.

Nilai rating dan kapasitas circuit breaker yang digunakan harus berada diatas arus hubung singkat dan daya hubung singkat yang terjadi diseluruh jaringan yang diamankan sehingga circuit breaker ini mampu bekerja dalam segala gangguan. Beberapa penilaian terhadap pemilihan rating circuit breaker yang sering digunakan adalah :

3.3.1 Pemilihan Rating Arus Nominal

Rating arus nominal circuit breaker yang digunakan tergantung dari besarnya beban yang dipakai dan jenis kabel yang digunakan dalam penyaluran tenaga listrik.

Pada gardu induk Blimbing digunakan kabel outgoing (kabel yang keluar dari bus 20 kv ke circuit breaker) jenis AAAC dengan kemampuan kabel 560 A dan juga digunakan over current relay (OCR) yang disetting sebesar 360 A sehingga jika ada arus yang melebihi harga ini maka circuit breaker akan trip (membuka).

Dengan demikian pemilihan rating arus nominal circuit breaker sebesar 750 A di gardu Induk Blimbing yang harus memiliki keandalan yang tinggi.

3.3.2 Pemilihan Rating Pemutus Arus.

Berdasarkan perhitungan arus gangguan hubung singkat 3 fasa. Gangguan yang terbesar terjadi pada gardu induk di Blimbing adalah sebesar 6272,8

Sedangkan arus pemutus (Breaking Capacity) yang digunakan pada gardu induk Blimbing sebesar 20 KA. Meskipun demikian dalam circuit breaker yang digunakan ini memiliki keandalan yang tinggi.

BAB IV

GARDU INDUK BLIMBING DAN

PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

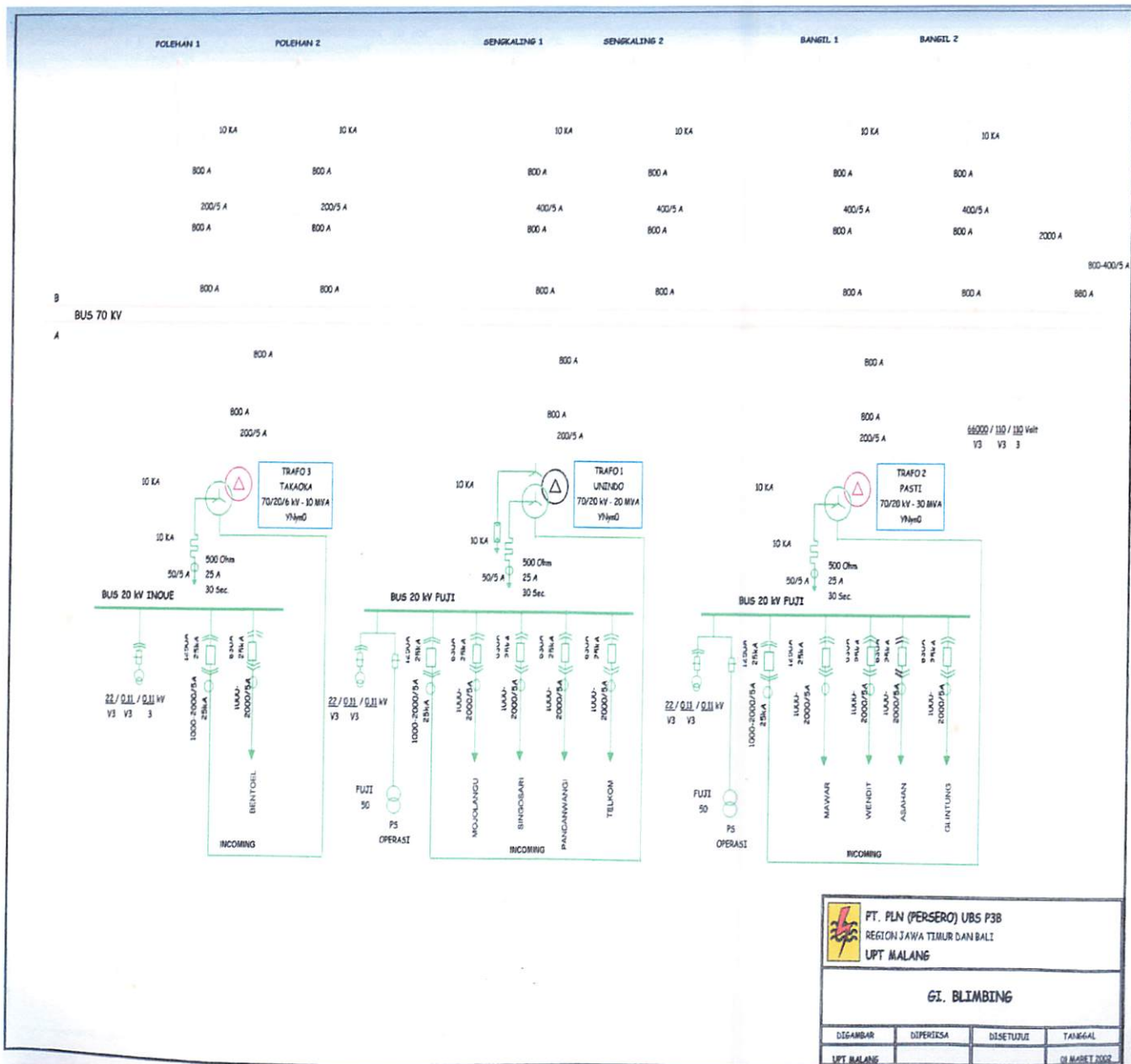
PADA SISTEM 20 KV

Gardu induk Blimbing termasuk jenis gardu induk pasangan luar (Out door) karena sebagian peralatan yang bertegangan tingginya berada diluar gedung, peralatan-peralatan itu antara lain Arrester, Circuit Breaker, Disconnecting Switch, Transformator Arus, Transformator Tegangan, Transformator Daya, sedangkan untuk rele-rele, control dan alat ukur berada didalam gedung.

Transformator daya digardu induk Blimbing ada tiga buah, dari ketiga unit transformator itu berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 70 KV menjadi 20 KV untuk di teruskan ke 3 penyulang yaitu untuk trafo 1 UNINDO (Mojolangu, P Wangi, Telkom), dan Untuk Transformator 2 PASTI melayani Feeder pada daerah Mawar, Wendit, Asahan, Glintung. Sedangkan trafo 3 TAKAOKA hanya untuk melayani feeder pada PT Bentoel.

Pada line 70 KV sistemnya relnya adalah Interkoneksi, incomingnya berasal dari Polehan 1 dan 2, Sengkaling 1 dan 2, Bangil 1 dan 2.

Data – data dan gambar Line gardu induk Blimbing tersebut adalah :



GAMBAR 4 – 1

SINGLE LINE DIAGRAM GARDU INDUK BLIMBING

4.1. Sedangkan untuk peralatan pemutus yang terpasang diluar gedung :

4.1.1 Circuit Breaker (PMT)

Merk : NISSIN
Type : SO – 21
No Seri : 83 – 1235
Arus : 850 A
Breaking Current : 1500 MVA
Jenis PMT : OCB
Jenis Gas : -
Tegangan : 72 KV
Berat : 4500 Kg
Tahun buatan : 1983
Tahun Operasi : 1983

4.1.2 Disconnecting Switch (PMS BUS A)

Merk : Takaoka
Type : THR – 5A
No Seri : 1610180D01 – 10
Arus : 800 A
Arus HS : 32 KA
Tegangan : 72 KV
Tahun Buatan : 1974
Tahun Operasi : 1975
No. Fabri (Motor): A – 96 – 0328

4.1.3 Data untuk Transformator.

No. Trafo : II
Merk : PASTI
Type : ORF 30 / 140
No. Seri : 93 . 2 . 4024
Vektor grup : YNyn0 (d 11)
Arus : 866 A
Teg. Kerja : 70 / 20 KV
Daya : 30 MVA
Impedansi : 12,61 %
Jenis Minyak : -
Jumlah Minyak : -
Berat : 61,28 Ton
Tahun Buatan : 1993
Tahun Operasi : 10 April 1994 GI SKL / 16 Mei 1999 GI BLB

4. 2 Perhitungan arus gangguan hubung singkat.

4.2.1. Impedansi Sumber.

Impedansi sumber dihitung berdasarkan analisis hubung singkat dari PLN. Bila diketahui data MVA hubung singkat dari PLN : 2486,29 MVA, maka besar impedansi sumber dapat di hitung sebagai berikut :

$$X_1 = X_2 = \left(\frac{KV_2}{KV_1} \right)^2 \times \frac{(KV_1)^2}{MVA_{hs}}$$

Dimana :

Besarnya tegangan pada sisi tegangan tinggi $KV_1 = 70$ KV

Besarnya tegangan pada sisi tegangan tinggi $KV_2 = 20$ KV

Maka :

$$\begin{aligned} X_1 = X_2 &= \left(\frac{20}{70} \right)^2 \times \frac{(70)^2}{2486,29} \\ &= 0,0816 \times \frac{4900}{2486,29} \\ &= 0,1608 \text{ ohm } (\Omega) \end{aligned}$$

Jadi besar impedansi urutan positif dan negative sumber adalah :

$$Z_{1s} = Z_{2s} = j 0,1608$$

4.2.2 Impedansi Transformator.

Transformator daya yang dipakai untuk mencatu Out going ke Bus 20 KV adalah Trafo II PASTI dengan data – data sebagai berikut :

Daya Nominal : 30 MVA

Tegangan : 70/20 KV

Impedansi : 12,61 %

Frekuensi : 50 Hz

Tahanan Pengetanahan (R_n) : 500 ohm

Hubungan Belitan : Y – Y – n

Dengan data – data diatas maka kita dapat melakukan perhitungan impedansi transformator, sebagai berikut :

Dengan impedansi transformator sebesar :

$$Z_t = 12,61 \%$$

Maka untuk menghitung impedansi urutan positif dan negative adalah :

$$\begin{aligned} Z_{1r} = Z_{2r} &= Z_t \frac{(Vd)^2}{Sd} \\ &= 12,61 \% \frac{(20)^2}{30} \\ &= 1,68 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Jadi besar impedansi urutan positif dan negative transformator adalah :

$$Z_{1r} = Z_{2r} = j1,68 \text{ ohm}$$

Untuk trafo Y – Y – n, besarnya impedansi untuk urutan nol adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{0r} &= 10.Z_{1r} \\ &= 10 (j1,68) \\ &= j16,8 \text{ ohm} \end{aligned}$$

4.2.3 Impedansi Urutan Saluran Kawat Udara (SUTM).

Pada jaringan udara di GI Blimbing menggunakan jenis penghantar AAAC dengan penampang 185 mm^2 untuk saluran utamanya. Berdasarkan table, maka impedansi saluran udara di GI Blimbing adalah sebagai berikut :

Impedansi urutan positif (Z_1) = $0,1744 + j0,3239 \text{ ohm/m}$.

Impedansi urutan negative (Z_2) = $0,1744 + j0,3239 \text{ ohm/m}$.

Impedansi urutan nol (Z_0) = $0,3224 + j1,6114 \text{ ohm/m}$.

TABEL 4 – 1

DATA SALURAN UNTUK PENYULANG DARI TRAF0 II (PASTI)

Penyulang	Panjang Saluran Out Going	Penghantar		
	SUTM (M)	Jenis	Penampang Nominal Mm^2	Panjang SUTM (Km)
BUS 20 KV	50 METER	AAAC	185	0.05 KM

Besarnya impedansi urutan kawat udara di GI Blimbing untuk saluran Out Going ke Bus 20 Kv adalah :

Besarnya impedansi urutan positif dan negative dengan panjang saluran $l = 50$ m.

$$\begin{aligned} Z_1 = Z_2 &= (0,1744 + j0,3239) \cdot l \\ &= (0,1744 + j0,3239) \cdot 50 \\ &= 8,72 + j16,19 \end{aligned}$$

Untuk impedansi urutan nol dengan panjang $l = 50$ m

$$\begin{aligned} Z_0 &= (0,3224 + j1,6114) \cdot l \\ &= (0,3224 + j1,6114) \cdot 50 \\ &= 16,12 + j 80,57 \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat out going ke Bus 20 Kv.

Besarnya arus gangguan hubung singkat 3 fasa ($I_{f3\phi}$), gangguan hubung singkat 2 fasa ($I_{f2\phi}$), dan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ($I_{F(K-T)}$) dapat dihitung dengan impedansi gangguan $Z_f = 0$. Dan diketahui juga $I_{seketika}$ Di GI Blimbing sebesar 1,6 A.

4.3.1 Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa ($I_{f3\phi}$).

- ✓ Gangguan di pangkal saluran.

Besarnya impedansi urutan positif total adalah :

$$\begin{aligned} Z_1 = Z_2 &= Z_s + Z_{IT} \\ &= j0,1608 + j1,68 \\ &= j 1,8408 \text{ ohm.} \end{aligned}$$

Dengan $Z_f = 0$, maka besar arus hubung singkat 3 fasa adalah :

$$\begin{aligned}
 I_{F3\phi} &= \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_f} \\
 &= \frac{20000/\sqrt{3}}{j1,8408 + 0} \\
 &= 6272,8 \text{ A}
 \end{aligned}$$

✓ Gangguan di ujung saluran.

Besarnya impedansi urutan positif total adalah :

$$\begin{aligned}
 Z_1 = Z_2 &= Z_s + Z_{1T} + Z_{1L} \\
 &= j0,1608 + j1,68 + (8,72 + j16,19) \\
 &= 8,72 + j18,03 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Dengan $Z_f = 0$, maka besar arus hubung singkat 3 fasa adalah :

$$\begin{aligned}
 I_{F3\phi} &= \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_f} \\
 &= \frac{20000/\sqrt{3}}{8,72 + j18,03 + 0} \\
 &= \frac{11547,344}{\sqrt{8,72^2 + 18,03^2 + 0}} \\
 &= 574,2 \text{ A}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ($I_{f2\phi}$)

✓ Gangguan di pangkal saluran.

Besarnya impedansi urutan positif total adalah :

$$\begin{aligned}
 Z_1 = Z_2 &= Z_s + Z_{1T} \\
 &= j0,1608 + j1,68 \\
 &= j1,8408 \text{ ohm.}
 \end{aligned}$$

Dengan mengasumsikan $Z_f = 0$, maka kita dapat mencari besar arus hubung singkat antara fasa dengan fasa adalah :

$$\begin{aligned}
 I_{F2\phi} &= \frac{\sqrt{3}E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \\
 &= \frac{\sqrt{3} \frac{20000}{\sqrt{3}}}{\{2xj1,8408\} + 0} \\
 &= \frac{\sqrt{3} \frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(2x1,8408)^2}} \\
 &= 5432,42 \text{ A}
 \end{aligned}$$

✓ Gangguan di ujung saluran.

Besarnya impedansi urutan positif total adalah :

$$\begin{aligned}
 Z_1 = Z_2 &= Z_s + Z_{1T} + Z_{1L} \\
 &= j0,1608 + j1,68 + (8,72 + j16,19) \\
 &= 8,72 + j18,03 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Dengan $Z_f = 0$, maka besar arus hubung singkat 2 fasa adalah :

$$\begin{aligned}
 I_{F2\phi} &= \frac{\sqrt{3}E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \\
 &= \frac{\sqrt{3} \frac{20000}{\sqrt{3}}}{\{2x(8,72 + j18,03)\} + 0} \\
 &= \frac{20000}{\sqrt{17,44^2 + 73,88^2} + 0} \\
 &= 263,46 \text{ A}
 \end{aligned}$$

4.3.3 Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah ($I_{F(K-T)}$)

✓ Gangguan di pangkal saluran

Besarnya impedansi urutan positif total adalah :

$$\begin{aligned}Z_1 = Z_2 &= Z_s + Z_{1T} \\ &= j0,1608 + j1,68 \\ &= j 1,8408 \text{ ohm}\end{aligned}$$

Besarnya impedansi urutan nol total adalah :

$$\begin{aligned}Z_0 &= 3R_n + Z_{0T} \\ &= (3 \times 500) + j16,8 \\ &= 1500 + j16,8 \text{ ohm}\end{aligned}$$

Dangan $Z_f = 0$, maka besar arus hubung singkat 1 fasa ke tanah adalah :

$$\begin{aligned}I_{F(K-T)} &= \frac{3.E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \\ &= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{\{2 \times j1,8408\} + 1500 + j16,8 + 0} \\ &= \frac{34642,032}{1500 + j20,4816} \\ &= \frac{34642,032}{\sqrt{1500^2 + 20,4816^2}} \\ &= 13,332 \text{ A}\end{aligned}$$

✓ Gangguan di ujung saluran

Besarnya impedansi urutan positif dan negative total adalah :

$$\begin{aligned}Z_1 = Z_2 &= Z_s + Z_{1T} + Z_{1L} \\ &= j0,1608 + j1,68 + (8,72 + j16,19) \\ &= 8,72 + j18,03 \text{ ohm}\end{aligned}$$

Besarnya impedansi urutan nol total adalah :

$$\begin{aligned}Z_0 &= 3R_n + Z_{0T} + Z_{0L} \\ &= (3 \times 500) + j16,8 + (16,12 + j80,57) \\ &= 1516,12 + j97,37 \text{ ohm}\end{aligned}$$

Dengan $Z_f = 0$, maka besar arus hubung singkat 1 fasa ke tanah adalah :

$$\begin{aligned}I_{F(K-T)} &= \frac{3 \cdot E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \\ &= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{\{2 \times (8,72 + j36,94)\} + (1516,12 + j97,37)} \\ &= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(17,44 + j73,88) + (1516,12 + j97,37)} \\ &= \frac{34642,036}{\sqrt{1533,56^2 + 171,25^2}} \\ &= 22,449 \text{ A}\end{aligned}$$

4.4 Perhitungan Pemilihan Rating Circuit Breaker (PMT) di Gardu Induk Blimbing Pada Sistem 20 KV

4.4.1 Pemilihan kapasitas Circuit breaker

Berdasarkan perhitungan arus hubung singkat yang maksimum yaitu sebesar 6272,8 A. Sehingga besar daya hubung singkat circuit breaker (PMT) di GI Blimbing dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{hs} &= \sqrt{3} \cdot KV \cdot I_{hs} \cdot k \cdot 10^{-3} \text{ MVA} \\ &= \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 6272,8 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \\ &= 239,018 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{hs} \text{ seketika} &= 1,6 \times 239,018 \text{ MVA} \\ &= 382,430 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Sedangkan kapasitas circuitbreaker yang digunakan sebesar :

$$\begin{aligned} S_{cb} &= \sqrt{3} \cdot KV \cdot k \cdot I_{sc} \text{ MVA} \\ &= \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 1 \cdot 1,20 \\ &= 762,08 \text{ MVA} \end{aligned}$$

4.4.2 Rating Arus Mula Sesaat (Rating Making Current)

Short Circuit breaker suatu CB adalah arus hubung singkat puncak maksimum sesaat yang timbul dan besarnya terjadi pada seperempat siklus pertama. Dan untuk mengetahui besar arus puncak maksimum dapat kita hitung sebagai berikut :

$$I_s = \sqrt{2} \cdot k \cdot I$$

$$I_s = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 1,6272,8$$

$$I_s = 9729,11 \text{ A}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1) Pemasangan peralatan pemutus Disconnecting Switch dan Circuit Breaker untuk 20 KV sudah sesuai ketentuan pemasangan system switchgear.
- 2) Hasil perhitungan arus hubung singkat pada saluran Out Going ke Bus 20 KV di GI Blimbing adalah :
 - Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa
 - Besar arus gangguan pada pangkal saluran adalah : 6272,8 A
 - Besarnya arus gangguan pada ujung saluran adalah : 574,2 A
 - Gangguan Hubung singkat antara Fasa dengan Fasa
 - Besar aruis gangguan pada pangkal saluran adalah : 5432,42 A
 - Besarnya arus gangguan pada ujung saluran adalah : 263,46 A
 - Gangguan Hubung singkat 1Fasa ke tanah
 - Besar arus gangguan pada pangkal saluran adalah : 13,33 A
 - Besarnya arus gangguan pada ujung saluran adalah : 22,44 A
- 3) Hasil perhitungan pemilihan rating circuitbreaker (PMT) sesuai data – data yang di dapat pada GI Blimbing :
 - **Pemilihan kapasitas Circuit Breaker**
 - Daya Hubung Singkat : 239,018 MVA
 - Daya Hubung Singkat seketika : 382,430 MVA

- **Kapasitas circuit breaker yang digunakan : 762,08 MVA**
- **Rating arus mula sesaat (Rating Making Current) : 9729,11A**

4) Kinerja Circuitbreaker pada Saluran Out going 20 KV.

- Circuitbreaker disini menghubungkan atau memutuskan arus/daya listrik sesuai dengan ratingnya. Dan alat untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan listrik sudah bebas/terpisah dari tegangan keja adalah PMS (disconnecting switch). Dengan kata lain untuk memisahkan bagian yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan, oleh karena itu pemisah tidak boleh dimasukkan atau dikeluarkan dalam keadaan berbeban.

5) Berdasarkan perhitungan, arus gangguan hubung singkat yang nilainya terbesar adalah arus gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada pangkal saluran yaitu sebesar 6272,8 A (62,72 KA), sedangkan rating pemutus circuitbreaker (data) adalah sebesar 20 KA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setting pemutus circuit breaker besarnya masih dibawah arus hubung singkat 3 fasa. Hal ini dimungkinkan agar bila terjadi arus hubung singkat yang besarnya dibawah arus hubung singkat 3 fasa, circuit breaker dapat melepaskan hubungan ke system.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Chander, M&B Ravinda, *Power System Protection And Switch Gear*, Wileyhasterm Limited, New Delhi, 1976
- 2) Himpunan Buku Petunjuk Operasi Dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik, PLN Pusat, Jakarta, 1984
- 3) William D. Stevenson, Jr. *Analisa System Tenaga Listrik*, Erlangga, Edisi Keempat, Jakarta 1996
- 4) *Diklat Sympathetic Trip Penyulang 20 KV*, PT. PLN P3B Sektor Malang, 1997.
- 5) Dwi Sudarmanto , *Studi Analisa Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Arus Lebih Untuk Menghindari Simpathetic Trip Pada Penyulang 20 KV di GI Kebon Agung*, T. Energi Listrik S1, ITN Malang, 2001



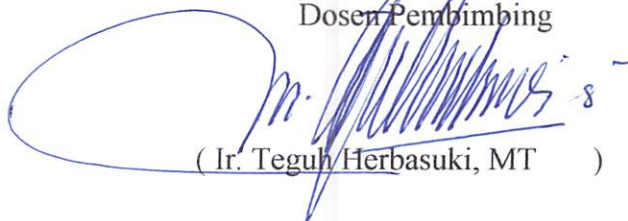
LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

NAMA : Sugiyanto Hendri Prakoso
NIM : 0252005
Waktu Bimbingan : 2/11/2006 sd 8/11/2006
Judul : Studi Peralatan Circuitbreaker Dan Gangguan Hubung Singkat Di GI Blimbing Pada Sistem 20 KV

NO	TANGGAL	MATERI	PARAF
1.	16/03/06	Konsultasi masalah T.A	
2.	20/04/06	Konsultasi bab I	
3.	24/05/06	Konsultasi bab II	
4.	09/06/06	Revisi bab I & II	
5.	28/06/06	Konsultasi bab IV	
6.	12/07/06	Revisi bab IV	
7.	26/07/06	Konsultasi bab V	
8.	05/08/06	Acc ujian	

Malang, 05 - 08 - 2006

Mengetahui
Dosen Pembimbing


(Ir. Teguh Herbasuki, MT)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-3
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : SUGIYANTO HENDRI PRAKOSO
N.I.M. : 02.52.005
Jurusan : Teknik Elektro D-3
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Tugas Akhir : Studi Peralatan Circuit Breaker Dan Gangguan
Hubung Singkat Di GI Blimbing Pada Sistem 20 KV

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Tugas Akhir Diploma (D-III)
pada :

Hari : Senin
Tanggal : 11 September 2006
Dengan Nilai : 79,00 (B) *fr.*





Panitia Ujian

(Ir. Mochtar Asroni, MSME.)
Ketua

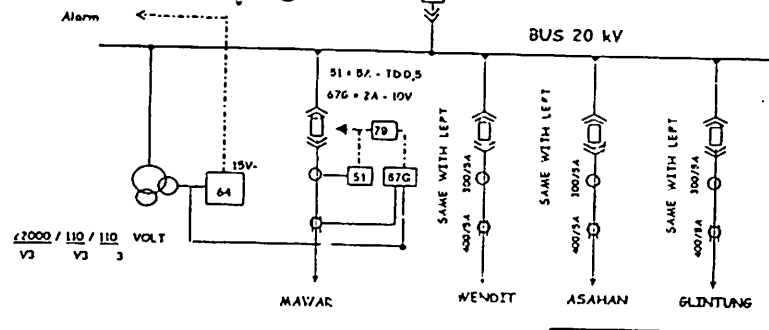
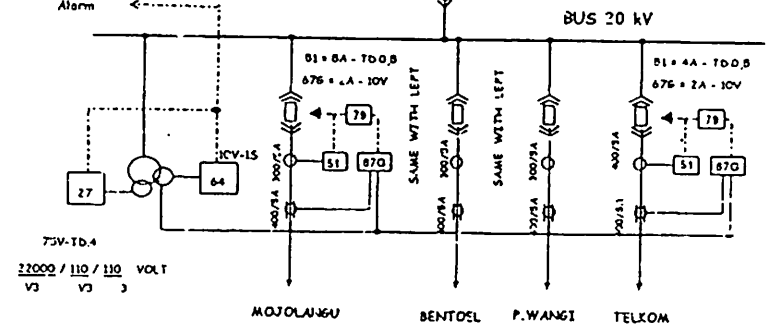
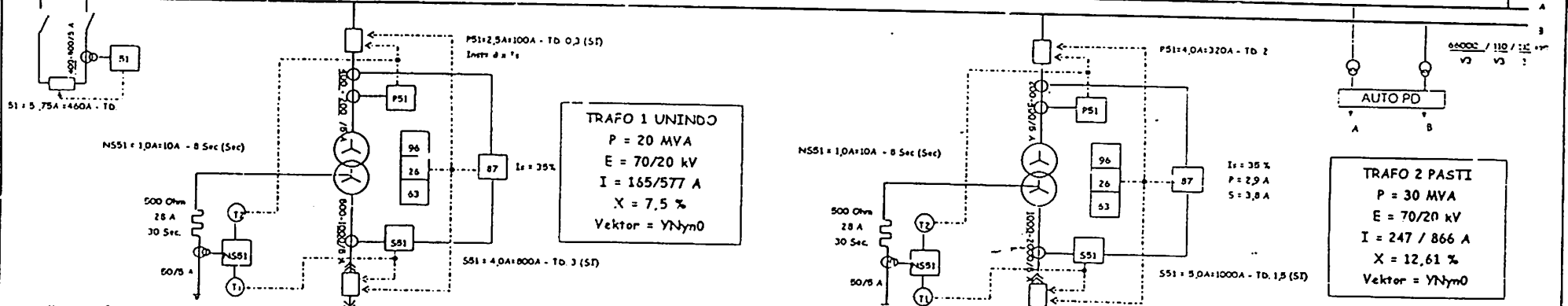
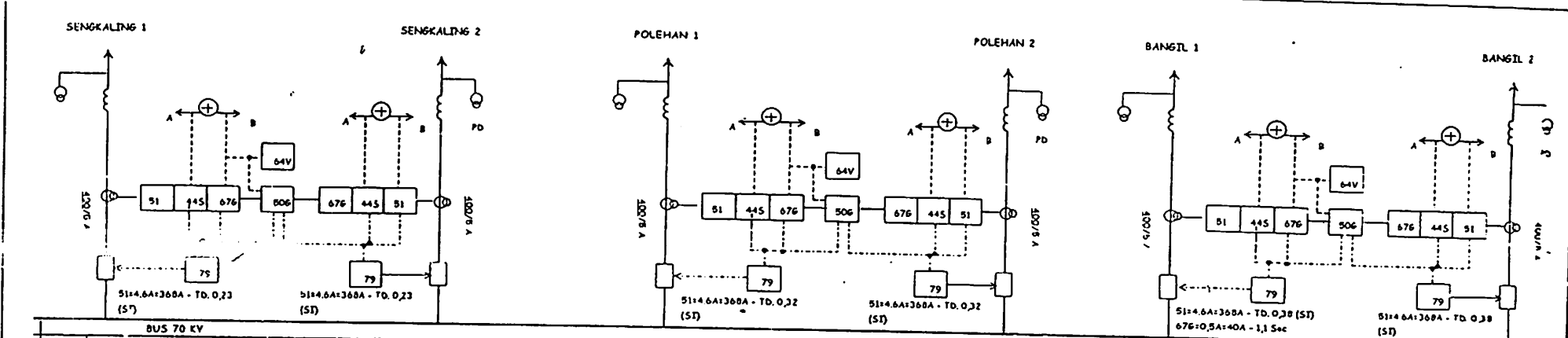
(Ir. Choirul Saleh, MT)
Sekretaris

Anggota Penguji


(Ir. M. Abdul Hamid, MT)
Penguji Pertama


(Ir. Eko Nurcahyo)
Penguji Kedua

LAMPIRAN



PT. PLN (PERSERO) UBS F38
 REGION JAWA TIMUR DAN BALI
 LIT MALANG

SISTEM PROTEKSI GI. BIJINING

