

Proteksi Kabel Saluran Bawah Tanah 150 kV dari GI Jajar ke GIS Mangkunegaran

Hasyim Asy'ari, Jatmiko
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Kebutuhan tenaga listrik di kota solo yang merupakan salah satu kota besar di Jawa Tengah harus diimbangi dengan penyediaan tenaga listrik yang memadai baik dari segi kualitas dan kuantitas. Untuk memenuhi kuantitas daya yang dibutuhkan, usaha yang dilakukan adalah dengan dibangunnya Gardu Induk di dalam kota yaitu GIS Mangkunegaran. Karena terbatasnya lahan untuk penyaluran daya antara Gardu alternative yang digunakan dengan pemakaian jenis kabel berisi minyak (oil filled cable) untuk saluran transmisi bawah tanah, karena kabel tersebut memiliki karakteristik listrik yang bagus. Biaya pembangunan saluran transmisi kabel bawah tanah lebih besar bila dibandingkan dengan biaya pembangunan saluran transmisi udara. Saluran transmisi bawah tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, seperti temperatur tanah, hambatan thermal dari tanah dan kedalaman penanaman kabel. Kegagalan isolasi (break down) dapat terjadi karena terbentuknya kantong-kantong udara (voids) didalam bahan isolasi yang diakibatkan kenaikan suhu penghantar. Dengan semakin besarnya tekanan pada kantong-kantong udara tersebut akan menimbulkan pelepasan muatan yang menembus isolasi. Kegagalan isolasi atau gangguan yang terjadi dapat mengakibatkan kerugian yang besar.

Kata Kunci: Penghantar, Proteksi, GIS.

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan penduduk di di daerah perkotaan khususnya di Solo, maka permintaan penambahan beban dari konsumen listrik kepada PT. PLN (Persero) semakin meningkat.

Untuk mengantisipasi hal tersebut, dituntut adanya peningkatan pelayanan sistem kelistrikan yang handal dan keamanan yang memadai, tanpa mengesampingkan segi keindahan serta peningkatan kapasitas yang sudah ada selama ini, maka sistem jaringan transmisi bawah tanah merupakan solusi terbaik untuk melayani penambahan beban walaupun dari segi biaya lebih mahal dibandingkan dengan jaringan transmisi udara.

Bila dibandingkan transmisi udara, saluran bawah tanah sebenarnya mempunyai kelemahan yang lebih menonjol dari pada keunggulannya. Dari segi teknis, salah satu kelemahan yang menonjol pada saluran transmisi bawah tanah adalah kemampuan membawa arus akan lebih rendah bila dibandingkan dengan saluran transmisi udara, sehingga pada saluran transmisi bawah tanah akan dibutuhkan media pendingin dan penampang penghantar yang jauh lebih besar dibandingkan dengan penampang penghantar yang dibutuhkan saluran transmisi udara untuk menyalurkan arus lebih besar. Disamping itu diperlukan pula

ketahanan dielektrik dan isolasi pada penghantar saluran transmisi bawah tanah yang jauh lebih besar, sedangkan pada saluran transmisi udara panas yang muncul pada penghantar dapat dengan efektif dinetralisir oleh udara disekitarnya. Selain itu pada saluran transmisi udara akan lebih mudah untuk melayani pertumbuhan beban atau pengembangan sistem dari saluran transmisi bawah tanah.

Dari segi ekonomis, dengan dibutuhkan penghantar yang lebih besar, isolasi yang harus lebih tebal, selubung dan pelindung sepanjang kabel, terminal dan sambungan yang relatif lebih banyak, serta sistem pendingin yang harus ada dan pemasangannya kedalam tanah membuat biaya pembuatan saluran transmisi bawah tanah jauh lebih mahal dibandingkan dengan saluran transmisi udara.

Akan tetapi saluran transmisi bawah tanah tetap diperhitungkan, karena pertimbangan konduktivitas pelayanan yang lebih baik, lebih handal, lebih aman bagi lingkungan (khususnya di daerah perkotaan yang banyak terdapat bangunan-bangunan tinggi). Pertimbangan yang lain adalah adanya desakan masyarakat yang semakin kuat, terutama kekhawatiran akan bahaya akibat berada dibawah medan listrik dan medan magnet yang ditimbulkan oleh saluran transmisi udara tegangan tinggi.

Tabel 1. Klasifikasi Kabel dan Tegangannya

Klasifikasi	Tegangan yang Diterapkan	Catatan
belt	Di bawah 10 KV	Minyak harus diganti bila kabel dipasang miring (slope)
H		
SL		
Butyl rubber		
Polyethylene		
Tekanan gas rendah	60 – 150 KV	Sesuai untuk pasangan miring (slope)
Jenis pipa diisi gas		
Jenis pipa diisi gas dengan tekanan	60 – 200 KV	Lebih murah dari jenis yang diisi minyak
Jenis pipa diisi minyak	Di atas 60 KV	Sesuai untuk tegangan tinggi sekali (EHV)
OF	Di atas 20 KV	

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kabel Bawah Tanah

Sistem listrik dari saluran transmisi bawah tanah dengan kabel banyak ragamnya. Dahulu, sistemnya di Jepang adalah sistem tiga-fasa tiga kawat dengan netral yang tidak ditanahkan. Sekarang, sistem pembumiannya adalah dengan tahanan tinggi atau dengan reactor kompensasi, untuk mengkompensasikan arus pemuat pada kabel guna menjamin bekerjanya rele serta guna membatasi besarnya tegangan lebih. Di Eropa sistem pembumian dengan reactor banyak dipakai, sedang di Amerika sistem pembumian langsung atau sistem pembumian dengan tahanan yang kecil banyak digunakan. Juga di Jepang sekarang banyak terlihat sistem Amerika yang terakhir itu dipakai, terutama untuk saluran kabel diatas 66 kV.

Dalam sistem kelistrikan saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit tenaga menuju pusat beban melalui gardu induk transmisi dan distribusi. Berdasarkan cara pemasangannya saluran sistem transmisi dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu: Saluran udara (*overhead line*), Saluran kabel bawah laut (*submarine cable*) dan Saluran kabel tanah

Pada sistem saluran kabel bawah tanah, penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel seperti kabel bawah laut dengan berbagai macam isolasi pelindungnya. Saluran kabel bawah tanah ini dibuat untuk menghindari resiko bahaya yang terjadi pada pemukiman padat penduduk tanpa mengurangi keindahan lingkungan.

2.2. Klasifikasi Kabel Tenaga

Untuk penyaluran tenaga listrik dibawah tanah digunakan kabel tenaga (*power cable*). Jenis kabel tenaga banyak sekali, namun demikian dapat diklasifikasikan menurut kelompok-kelompok berikut; Kelompok menurut kulit pelindungnya (*armor*) misalnya, kabel bersarung timah hitam (*lead sheathed*), kabel berkulit pita baja (*steel-tape armored*). Kelompok menurut konstruksinya misalnya: plastik dan karet (jenis BN, EV, CV) kabel padat (jenis belt, H, SL, SA), kabel jenis datar (*flat-type*), kabel minyak (*oil-filled*). Kelompok menurut penggunaan, misalnya, kabel

saluran (*duct draw-in*), kabel taruh (*direct-laying*), kabel laut (*submarine*), kabel corong utama (*main shaft*), kabel udara (*overhead*).

Kabel (isolasi) kertas yang diresapi minyak (*oil impregnated*) biasanya digunakan untuk saluran transmisi bawah tanah, meskipun untuk tegangan dibawah 35 KV kabel plastik atau kabel butyl juga dipakai. Sebagai penghantar biasanya digunakan kawat tembaga berlilit (*annealed stranded*), meskipun kawat aluminium berlilit (karena ringan) juga dipakai untuk kabel udara. Sebagai pembungkus sering digunakan timah hitam, meskipun aluminium sekarang juga disukai, bukan saja untuk kabel udara, tetapi juga untuk kabel minyak. Sebagai kulit pelindung digunakan pita baja untuk kabel tiga-kawat yang ditaruh langsung dan kawat baja untuk kabel tiga-kawat yang ditaruh didasar laut. Kawat tembaga, kawat baja tahan karat dan kawat aluminium digunakan bila kabel satu-kawat dipasang dengan tarikan

Kabel tanah tegangan tinggi yang dipasang dilingkungan PT. PLN (persero), jika dilihat dari jumlah inti, penampang inti, jenis isolasi, dengan nilai tegangan nominal 30 KV, 70 KV, 150 KV terdapat beberapa jenis, yaitu:

Jumlah inti (core) kabel.

Kabel tanah berinti tunggal (*single core cable*), pada dasarnya kabel ini dapat dipakai untuk segala tegangan yang umumnya adalah tegangan tinggi., Kabel tanah berinti tiga (*tree core cable*) Kabel tanah ini terbatas pada tegangan 150 KV yang disebabkan oleh terbatasnya dimensi kabel, terutama sekali untuk keperluan transportasi dan pemasangan.



Gambar 1. Kabel berinti tunggal dan kabel berinti tiga

Bentuk penampang inti pada konduktor, yaitu:

1. Pejal (Untuk ukuran kecil yang digunakan pada tegangan menengah dan tegangan rendah). Bentuk penampang pejal ada dua macam, yaitu: pejal bulat dan pejal segitiga.



Gambar 2. Kabel penampang pejal bulat dan pejal segi tiga

2. Pilin (*stranded*): Untuk ukuran konduktor besar.



Gambar 3. Inti Pilin Bulat dan Inti Pilin segitiga

3. Berongga: Terutama untuk tempat minyak pendingin dan dipakai pada kapasitas penyaluran yang besar. Ada yang berongga satu dan ada yang berongga banyak



Gambar 4. Kabel dengan inti penghantar berongga (berongga banyak dan satu)

Isolasi Kabel Tanah

Isolasi kabel tanah tegangan tinggi tidak saja berfungsi sebagai penyekat (isolator) atau pengaman, tetapi juga berfungsi sebagai pelengkap atau pendukung kerja transmisi tenaga listrik pada saluran kabel tanah itu sendiri. Isolasi kabel tanah umumnya terdiri dari jenis isolasi kertas, karena meresap minyak dan campuran biasanya digunakan pada kabel minyak isolasi sintesis dan isolasi mineral.

Isolasi kertas.

Kabel tanah berisolasi kertas dapat digunakan untuk tegangan tinggi sampai 400 KV, baik untuk kabel minyak bertekanan rendah (*low pressure oilfiled-LPOF*) yang terpadu dalam satu kabel (*self contained*) dan kabel berisolasi kertas yang dimasukkan kedalam pipa, lalu diisi dengan minyak bertekanan tinggi (*high pressure oil filed – LPOF*).

Kertas sebagai isolasi dapat berupa kertas kering maupun kertas yang diresapi minyak. Pada saat dibuat dipabrik (*oil impregnated paper*), dimana kekuatan dielektrik kertas itu tergantung pada ketebalan, kepadatan ketahanan terhadap air (*impermeabilitas*), kekuatan tarik (*tensile strength*), kemuluran (*elongation*), permittivitas relative, faktor disipasi dan kekuatan tembus listriknnya.

Peresapan kertas dengan minyak pada kabel tegangan tinggi (diatas 30 KV), dimaksudkan untuk menghindari agar serat-serat kertas tidak pecah karena terbentuknya kantong-kantong udara (*void*) atau gas dalam kertas isolasi yang dapat berkembang dan mengkerut menjadi bagian-bagian yang tidak sama, dengan bertambahnya panas pada siklus beban. Tekanan pada kantong udara ini adalah tinggi, sehingga terjadi pelepasan muatan (*discharge*) yang menimbulkan panas dan dapat menghanguskan kertas. Dengan kata lain kertas sebagai isolasi mengalami "*partial discharge*" yang mengakibatkan kegagalan isolasi (*break down insulation*).

Isolasi Campuran dan Diresapi Minyak.

Pada hakekatnya kabel dengan jenis isolasi campuran dan diresapi minyak adalah kabel yang berisolasi kertas yang diresapi minyak pada saat dibuat (*oil impregnated paper*), dimana didalam kabel tersebut dialiri dengan minyak yang bertekanan minyak. Dalam hal ini yaitu berfungsi sebagai: Isolasi listrik yang memperkuat dielektrik pada kertas isolasi, Media pendingin kabel.

Bahan Isolasi

Sifat-sifat dielektris yang penting untuk isolasi adalah: Tahanan isolasi yang tinggi, Kekuatan dielektris yang tinggi, Sifat mekanis yang baik, Tidak bereaksi terhadap asam dan lembab

Minyak Kabel dan Kompon

Mutu yang diinginkan adalah: Koefisien yang rendah, Kekentalan yang rendah pada suhu pencelupan (*impregnasi*), Kekentalan yang tinggi pada suhu kerja (hanya kabel padat), Titik beku dibawah suhu pelayanan, Agak bersifat melumasi, Koefisien suhu rendah dan ketahanan tinggi, Kekuatan dielektris tinggi, Mantap secara kimia dan bebas dari kandungan gas.

Penyebab utama yang berkaitan dengan suhu atas kerusakan kabel adalah: Kemunduran isolasi kertas akibat suhu, Ketidak stabilan Termal Dielektris, Pembentukan kehampaan dan ionisasi, Kegagalan kelelahan dari sarung timbal.

3. Proteksi

Saluran tenaga listrik merupakan bagian sistem tenaga listrik yang sering mengalami gangguan. Gangguan yang terjadi dapat berupa hubung singkat, tenaga lebih, beban lebih, hubung buka (pengantar putus), surja petir, topan, cuaca buruk, dan lain-lain. Gangguan tersebut mengakibatkan kerusakan peralatan penyaluran, untuk menghindari atau mengurangi kerusakan peralatan karena gangguan, diperlukan peralatan proteksi yang bekerja secara cepat dan otomatis melokalisir gangguan.

Jadi tujuan dari sistem proteksi adalah:

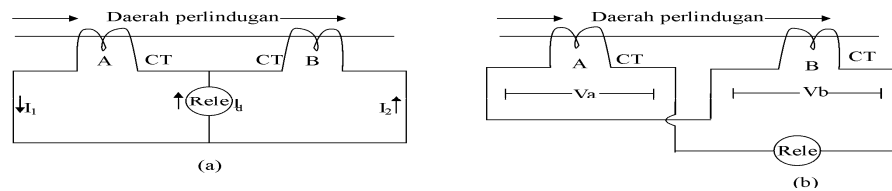
1. Mengamankan peralatan terhadap kerusakan akibat gangguan.
2. Melokalisir sehingga pemadaman bagi konsumen diusahakan minimal dan sesingkat mungkin.
3. Mencegah runtuhnya sistem, sehingga pemadaman total (*black-out*) dapat dihindari.

Proteksi Saluran.

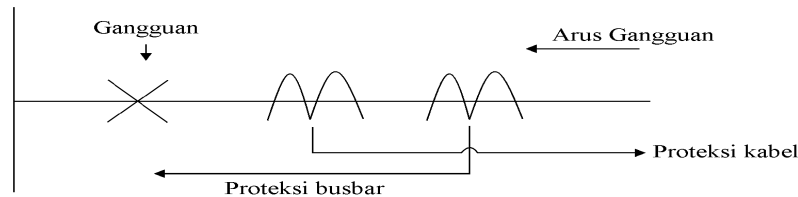
Peralatan proteksi biasanya terdiri dari perangkat keras rele, pemutus beban (CB), trafo arus (CT), kabel kontrol atau kabel pilot dan catu daya.

Perangkat Keras Rele.

Perangkat keras rele dari bahan *solid-state* yang dipakai pada proteksi kabel saluran transmisi bawah tanah GI Jajar-GIS Mangkunegaran dibuat oleh GEC ALSTHOM T&D Protection & Control Limited; Stafford. Sebagai pengaman utama adalah: MBCI 01 (*Differensial Feeder Protection*), sedangkan pengaman cadangan terdiri dari beberapa rele, diantaranya adalah:



Gambar 5. (a) sistem arus sirkulasi, (b) sistem tegangan seimbang



Gambar 6. Contoh gangguan eksternal yang memerlukan pemutusan

- MRTP 03 *Supervision Relays for Ac Pilot Circuits*
- MCRI 01 *Overcurrent check / Start Relay*
- MVTW 01 *Intertripping and Destabilising Relays*

Rele Differential tipe MCCI 01.

Prinsip kerja rele differensial ini pertama kali diperkenalkan oleh Mers dan PRICE yang bekerja pada “keseimbangan” arus; memperbandingkan arus yang masuk dengan arus yang keluar pada suatu daerah perlindungan. Dalam kondisi beban normal kedua arus tersebut sama besar, begitu juga jika terjadi gangguan diluar daerah perlindungan, kedua arus yang mengalir sama besar, sehingga rele tidak dapat bekerja. Namun bila terjadi gangguan didalam daerah perlindungan, kedua arus akan menjadi saling berlawanan arahnya yang menyebabkan ketidak seimbangan arus, sehingga rele akan bekerja. Jadi rele differensial ini hanya akan bekerja apabila terjadi gangguan didalam daerah perlindungan saja.

Keistimewaan dari rele differensial tipe MCCI 01 ini adalah:

- a) Memiliki kestabilan yang tinggi untuk gangguan eksternal (*through faults*).
- b) Kecepatan operasi yang tinggi untuk gangguan internal (*in-zone faults*).
- c) Sesuai untuk pemakaian pada kabel pilot hingga 1 kΩ hingga 2,5 kΩ dengan trafo isolator pilot.
- d) Mempunyai 4 buah kontak yang terpisah secara listrik
- e) Dapat digunakan oleh rele arus lebih *definite time* ketika kabel pilot gagal (untuk melakukan perubahan karakteristik rele ini. Cara yang dilakukan dapat dilihat pada uraian berikut mengenai penentuan setting rele)

Rele Pengawas Rangkaian Pilot AC tipe MRTP 03.

Keistimewaan dari rele pengawasan MRTP ini adalah:

- a) Menyediakan alarm sebagai indikasi dari kondisi rangkaian pilot yang terhubung buka, singkat maupun terhubung bersilang.

- b) Menyediakan alarm dan indikasi untuk kegagalan penyediaan daya.
- c) Menyediakan alarm yang berbeda dan terpisah untuk kondisi pilot terhubung buka dan terhubung singkat.

Rele Intertripping & Destabilising MVTW 01.

Dalam keadaan-keadaan tertentu, mungkin dikehendaki agar sebuah rele bekerja, walaupun gangguan yang mengalir adalah gangguan eksternal, seperti pada keadaan berikut ini. Ketika daerah yang dilindungi (saluran transmisi) dihubungkan dengan sebuah busbar, sebuah gangguan yang terjadi pada busbar akan dihilangkan oleh proteksi busbar dengan membuka pemutus beban (CB) setempat. Karena busbar berhubungan dengan saluran transmisi, maka gangguan tersebut akan terlihat pada proteksi saluran (rele differensial), namun gangguan ini dipandang rele differensial sebagai gangguan eksternal, sehingga rele differensial tidak bekerja atau tetap stabil. Padahal dikehendaki agar rele differensial juga bekerja menghilangkan gangguan secara penuh. Lihat gambar 6. berikut ini.

Oleh sebab itu agar CB-CB di kedua ujung saluran transmisi dapat dibuka oleh rele differensial, maka arus dimasukkan kedalam kabel pilot agar rele bekerja, dengan kata lain rele dibuat tidak stabil.

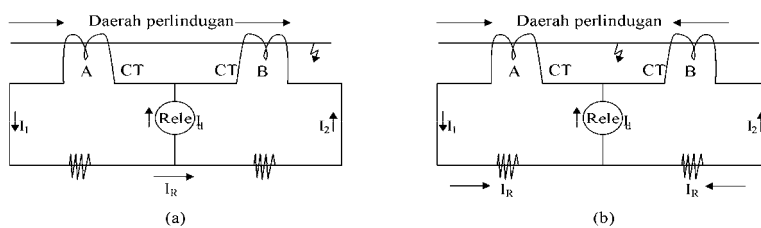
Pada gambar 6. apabila terjadi gangguan pada saluran transmisi disekitar busbar, maka segera diamankan oleh proteksi busbar, dengan demikian gangguan eksternal tersebut dapat diatasi

Keistimewaan dari rele tipe MVTW 01 ini adalah:

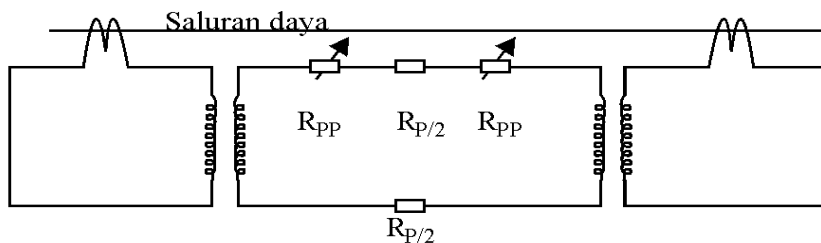
1. Membuat proteksi saluran tidak stabil (*destabilizes*), sehingga dapat bekerja terhadap gangguan eksternal.
2. Memutuskan aliran arus (*intertrip*) dengan memasukan arus ac agar pemutus terjadi pada ujung yang jauh dari gangguan.

Pemutus beban (Circuit Breaker).

Sebuah pemutus beban harus bertindak sebagai sebuah isolator dan menghantarkan arus beban



Gambar 7 a. Gangguan Eksternal b. Gangguan Internal



Gambar 8. Resistans kabel pilots

sepanjang umur pemakaiannya dapat membawa dan memutuskan arus hubung singkat.

Pemutus beban yang digunakan pada proteksi saluran kabel bawah tanah GI Jajar- GIS Mangkunegaran adalah tipe SIEMENS (dipasang di Jajar) dan HOLECH (dipasang di Mangkunegaran) dengan media isolasi gas SF6, dengan data teknis pada tabel 2.

Dari data pemutus beban diatas, untuk operasi sirkus pemutusan (*switching cycle*) pada saat terjadi hubung singkat waktu bekerja tahap pertama dari buka ke tutup memerlukan waktu sekitar 3 detik, sedangkan waktu untuk bekerja pada tahap kedua dari buka ke tutup memerlukan waktu 3 menit untuk normal kembali.

Trafo Arus.

Trafo arus (CT) diperlukan untuk mengisolasi rangkaian sekunder (seperti rele pengukur dan meteran) dari rangkaian (daya) primer dan menyediakan besaran sisi sekunder trafo yang sebanding dengan besaran sisi primernya. Rating sisi primer trafo arus biasanya dipilih sama dengan atau lebih sama besar dari arus normal

beban penuh dari rangkaian yang dilindungi (standar rating sisi primer diberikan dalam B.S. 3938 : 1973). Data teknis dari arus trafo yang digunakan pada rele proteksi bawah tanah adalah: trafo arus 500/1 A, buatan pabrik ABB Swithger, yang merupakan tipe pasangan luar, beban 60 VA, ketelitian 1,0/5P20, kesalahan arus 1%.

Secara garis besar, prinsip bias yang bekerja pada saat gangguan eksternal yang besar pada gambar 6. dapat dijelaskan sebagai berikut. Tampak bahwa arus (I_R) yang dihasilkan akibat kejenuhan inti atau karena perbedaan arus disisi sekunder kedua trafo arus menghasilkan arus differensial. Namun dengan adanya elemen penahan, besar arus differensial tersebut akan diperkecil. Namun apabila gangguan eksternal terjadi, walaupun elemen penahan tetap membatasi arus, namun arus mengalir pada kumparan rele (I_D) tetap besar disebabkan dua buah arus (I_R) saling memperkuat. Jadi efek bias dengan menambahkan elemen penahan ini akan dapat membuat rele differensial bekerja hanya pada keadaan gangguan internal saja, dan untuk gangguan eksternal rele tetap stabil.

Kabel Pilot.

Panjang dan tipe kabel pilot akan mempengaruhi karakteristik bias dan kestabilan proteksi kapasitans kabel pilot yang besar yang menyebabkan perbedaan arus dan beda sudut fase antara ujung terminal kabel pilot (R_P) dapat mempengaruhi besar kecilnya sinyal dan membatasi tegangan terhadap kabel pilot. Sehingga dalam banyak sistem proteksi, resistans dan kapasitans pilot perlu konpensasi untuk meminimalkan kesalahan dalam kesalahan sinyal. Untuk mempertahankan kondisi tingkat operasi dengan daerah jangkauan resistans pilot yang lebar, digunakan resistans pilot tambahan (R_{PP} -Pilot Padding Resistor).

Kabel pilot harus dilindungi terhadap tegangan induksi yang besar, yang ditimbulkan oleh kopling bersama (*manual coupling*) dengan kabel daya. Tegangan induksi ini menjadi semakin besar apabila

Tabel 2. Data pemutus beban media isolasi gas SF6

Spesifikasi	Ukuran
Rated breaking current	40 W
First pole to clear faktor	1,5
Breaking current in phase opposition	10 KV
Peak making current	100 KV
Switching cycle	0-0.3 sec,-co-3min,-co
Making time	±65 ms
Breaking time (without arcing time)	±30 ms
Rated current capacity	1250 A
Driving mechanism	Hydraulic
Voltage pump motor	230/400 V AC
Operating voltage	110 V DC

kabel pilot berupa saluran yang panjang dan terletak dengan kabel daya. Untuk mengurangi besar tegangan induksi tersebut, tidak cukup hanya dengan melakukan pengisolasian kabel pilot saja, namun juga dengan melakukan pentanahan pada selubung kabel pilot, karena dapat mengurangi tegangan induksi sampai 50 %. Sedangkan pada rele proteksi perlu ditambah trafo isolasi yang akan dapat mencegah tegangan induksi tersebut merusak rele. Dengan berubahnya letak hubung singkat itu, untuk saluran-saluran yang lebih penting lebih baik dipakai rele pilot untuk memungkinkan pembukaan pemutus beban dengan cepat dan agar letak hubung singkat lebih mudah dilihat.

4. Kesimpulan

1. Sebuah sistim tenaga listrik yang bertujuan untuk membangkitkan dan menyediakan energi listrik bagi para pelanggan harus memenuhi syarat keandalan yang tinggi namun tetap ekonomis
2. Rele proteksi akan bekerja meminimalkan kerusakan akibat gangguan dengan mengisolasi daerah gangguan
3. Kondisi gangguan yang berbeda-beda memerlukan paling sedikit dua buah rele, yaitu rele utama dan rele *back-up*. Rele utama menghilangkan gangguan dalam daerah yang dilindungi secepat mungkin, sedangkan rele *back-up* akan bekerja jika rele utama gagal

Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar A. dan Kawaharu, Susumu, 1979, *Teknik Tenaga Listrik Jilid II : Saluran transmisi*, PT Pradnya Paramitha, Jakarta.
- [2] Black Burn, J. Lewis, 1987, *Protective Relaying Principles and Application, Electrical Engineering and Electronics*.
- [3] Data Pengujian Kabel, Taihan Electric Wire Co. Ltd
- [4] Graneau, Peter. *Underground Power Transmission the Science, Tecnology and Economics of High Voltage Cables*.