

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SINERGI

ISSN 1410-2331

VOLUME 19, NOMOR 3, OKTOBER 2015

ILMIAH
AS TEKNIK
TEKNIK MESIN
TEKNIK ELEKTRO
TEKNIK INDUSTRI



SINERGI

VOL. 19

NO. 3

HALAMAN
171-234

JAKARTA,
Oktober 2015

ISSN
1410-2331

DAFTAR ISI

GRAPHIC DESIGN INNOVATION AS BRAND IDENTITY FOR "MAHLZEIT N'DAS BROT" BREAD PACKAGING	171-174
Zulkarnain, Deny Dwi Lestari, M. Syamsul Ma'arif Politeknik Negeri Jakarta dan Faculty of Agroindustrial Technology, Institut Pertanian Bogor	
ENERGY AUDIT ANALYSIS BY BUSINESS INTELLIGENCE APPLICATION	175-180
Alfa Firdaus, Uly Amrina Faculty of Engineering, Mercu Buana University	
SISTEM IDENTIFIKASI CITRA KAYU BERDASARKAN TEKSTUR MENGUNAKAN GRAY LEVEL COOCURRENCE MATRIX (GLCM) DENGAN KLASIFIKASI JARAK EUCLIDEAN	181-186
Saifudin, Abdul Fadli Teknik Informatika dan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan	
ANALISA & OPTIMALISASI KOORDINASI RELAY PROTEKSI SISTEM 6 KV AUXILLIARY PLTU BANTEN 3 LONTAR	187-194
Badaruddin, Ade Priyanto Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana	
OPTIMASI DAYA MESIN DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN TOYOTA SERI 5K MELALUI PENGGUNAAN PENGAPIAN BOOSTER	195-200
Mardani Ali Sera Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana	
OPTIMASI PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK PENGKONDISI UDARA MELALUI SISTEM KENDALI ON-OFF BERBASIS MIKROKONTROLER	201-205
Triyanto Pangaribowo Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana	
ANALISIS PERBEDAAN CITRA MRI BRAIN PADA SEKUENT1SE DAN T1FLAIR	206-210
Nursama Heru Apriantoro, Christianni Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Politeknik Kesehatan Kemenkes	

ANALISA & OPTIMALISASI KOORDINASI RELAY PROTEKSI SISTEM 6 KV AUXILLIARY PLTU BANTEN 3 LONTAR

Badaruddin, Ade Priyanto

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jalan Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650
Email: bsulle@gmail.com, ade.pamungkaz@gmail.com

Abstrak -- Keandalan unit sistem tenaga adalah hal mutlak yang harus dimiliki oleh pembangkit listrik. Pada tanggal 20 Juli 2014 dan Mei 20 2015 keandalan sistem terganggu oleh perjalanan pada unit 1 karena arus pendek mulai motor Belt Conveyor 01 dalam kondisi landasan dekat. Produksi listrik hilang dalam jangka waktu tertentu dan peningkatan biaya karena untuk memulai lagi unit. Oleh karena itu, studi untuk menentukan penyebab unit perjalanan dibutuhkan. Untuk menganalisis kesesuaian koordinasi perhitungan pengaturan perlindungan relay dan simulasi diperlukan komprehensif dan akurat sesuai kondisi riil di lapangan. Penulis menggunakan software ETAP 12,60 untuk mendapatkan nilai arus gangguan dan mensimulasikan kinerja perlindungan dalam sistem. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa penyebab perjalanan, relay pengaturan koordinasi ketidaksesuaian antara peralatan. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan dengan Program 12,60 ETAP dan perhitungan gradasi waktu koordinasi, nilai yang diperoleh dari pengaturan dapat direkomendasikan untuk diterapkan ke pengaturan relay, untuk meminimalkan risiko unit perjalanan karena arus pendek dan mendapatkan nilai konfigurasi yang perlindungan lebih selektif.

Keywords: arus pendek, konfigurasi dan koordinasi relay, motor management relay

Abstract -- The reliability of the power system unit is an absolute thing that must be possessed by power plants. On July 20th 2014 and Mei 20th 2015 the reliability of the system is compromised by the trip on unit 1 due to short circuit due to start the motor Belt Conveyor 01 in conditions close grounding. Electricity production is lost in a given period of time, and increased costs due to start up again the unit. Therefore, a study to determine the cause of the trip unit is needed. To analyze the suitability of the coordination of relay protection setting calculations and simulations required a comprehensive and accurately match real conditions in the field. The authors use ETAP software 12.60 to get the value of the fault current, and simulate the performance of protection in the system. From the results of the study obtained conclusions about the cause of the trip, the relay setting coordination mismatch between equipment. Based on the results of studies conducted with 12.60 ETAP program and coordination time grading calculation, the obtained values of settings that can be recommended to be applied to the relay settings, in order to minimize the risk of trip unit due to short circuit and get a configuration value that is more selective protection.

Keywords: short circuit, relay coordination configuration, motor management relay.

1. PENDAHULUAN

Pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik diperlukan suatu proteksi yang dapat menjamin keamanan sistem kelistrikan yang terpasang dari adanya gangguan. Sistem proteksi yang cepat, handal, selektif dan ekonomis merupakan syarat dalam suatu kelistrikan pembangkit yang mutlak diperlukan. Keandalan suatu sistem proteksi adalah hal yang sangat utama, untuk menjamin keamanan peralatan saat terjadi gangguan, dan diharapkan mampu melokalisasi daerah gangguan, sehingga tidak mengganggu peralatan lain yang tidak mengalami gangguan (Kiswondo, 2014).

PLTU Banten 3 Lontar adalah salah satu proyek baru di pembangkitan sektor Lontar, yang diharapkan mampu menambah daya terpasang

pada sistem kelistrikan interkoneksi Jawa Bali. Dalam pengoperasiannya PLTU Banten 3 Lontar mengalami beberapa kali masalah, salah satunya adalah gangguan short circuit pada sistem 6 kV yang mengakibatkan beberapa kali unit trip (Luthfi, 2011).

Berdasarkan gangguan tersebut diketahui adanya beberapa setting relay yang kurang optimal, dan sebenarnya tidak perlu terjadi jika setting koordinasi antar relay bekerja dengan baik dan selektif.

Untuk menganalisa seberapa besar arus gangguan yang mungkin terjadi pada sistem saat terjadinya gangguan, maka diperlukan suatu analisa short circuit dan resetting proteksi peralatan. Namun, perhitungan secara manual sangat rumit, dikarenakan sistem yang sangat

besar dan kompleks, sehingga digunlah program ETAP 12.6 (*Electrical Transient Analysis Program*) yang mampu menghitung dan mensimulasikan arus gangguan yang terjadi dalam sistem, dan digunakan untuk mengatur dan mengoptimalkan koordinasi relai pada sistem 6kv auxiliary PLTU banten 3 lontar untuk mendapatkan proteksi yang cepat, handal, selective serta ekonomis.

2. DASAR TEORI

Proteksi terhadap tenaga listrik ialah sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya generator, transformator, jaringan transmisi / distribusi dan lain-lain terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri. Kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa: hubung singkat, tegangan lebih/kurang, beban lebih, dan frekuensi sistem turun/naik

Adapun beberapa fungsi dari sistem proteksi adalah untuk menghindari atau mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan (kondisi abnormal). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan, maka semakin sedikitlah pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerus alat. Selain itu, juga untuk mempercepat melokalisasi luas/zone daerah yang terganggu, sehingga daerah yang terganggu menjadi sekecil mungkin. Juga, untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen, dan juga mutu listriknya baik, serta untuk mengamankan manusia (terutama) terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

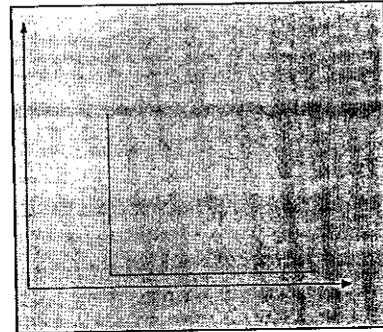
Proteksi Arus Lebih

Saluran dilindungi oleh relai arus lebih, relai jarak dan relai pilot, tergantung pada persyaratan. Relai arus lebih adalah sederhana, murah dan bekerjanya lebih cepat. Proteksi arus lebih sangat berbeda dari perlindungan terhadap beban lebih, yang biasanya menggunakan relay beroperasi dalam waktu yang terkait di tingkat tertentu dengan kemampuan termal perangkat yang dilindungi. Sedangkan proteksi arus lebih diarahkan sepenuhnya pada proses pembersihan gangguan, bahkan dengan pengaturan biasanya mengadopsi beberapa derajat arus beban lebih yang dicapai. Oleh karena itu, arus beban maksimum harus diketahui untuk menentukan rasio minimum saat ini untuk beban maksimum cukup tinggi untuk mengaktifkan relay arus lebih. Relay arus lebih banyak digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fase, hubung singkat satu fase ke tanah dan dapat digunakan sebagai

pengaman beban lebih. Juga digunakan sebagai pengaman utama pada jaringan distribusi dan sub-transmisi sistem radial. Sebagai pengaman cadangan generator, transformator daya dan saluran transmisi.

Jenis Karakteristik Relay Arus lebih

Relay arus lebih seketika (*moment-instantaneous*), diperlihatkan pada Gambar 1.



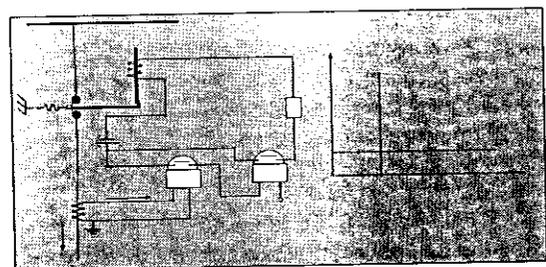
Gambar 1. Karakteristik Relay Arus Lebih

Bila arus beban naik melebihi harga yang diijinkan, maka harga I_r juga naik. Bila naiknya arus melebihi harga operasi dari relai (*setting arus*), maka relay bekerja yang ditandai dengan alarm yang berbunyi dan TC melepas engkol sehingga PMT membuka. Jangka waktu kerja relay sangat singkat yakni sekitar 20 +100 mili detik. Dimana (Alstom, 2011):

- P : Pegas
- R : Relay
- CT : Current transformator
- TC : Tripping Coil
- A : Alarm

Relay Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*)

Jenis relay ini jangka waktu relay mulai pick-up sampai selesainya kerja relay dilengkapi dengan relay kelambatan waktu (*time lag relay*). Selain itu, kerja relay tergantung pada penyetulan / setting relay kelambatan waktu. Gambar rangkaian dan karakteristiknya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik OCR tipe definite time

Relay Arus Lebih Invers

Relay arus lebih dengan karakteristik waktu-arus berbending terbalik adalah jenis relay arus lebih dimana waktu relay mulai pick-up sampai dengan selesainya kerja relay tergantung dari besarnya arus yang melewati kumparan relaynya, maksudnya relay tersebut mempunyai sifat terbalik untuk nilai arus dan waktu bekerjanya.

Relay Arus Lebih Invers

Relay arus lebih dengan karakteristik waktu-arus berbending terbalik adalah jenis relay arus lebih dimana waktu relay mulai pick-up sampai dengan selesainya. Kerja relay tergantung dari besarnya arus yang melewati kumparan relaynya, maksudnya relay tersebut mempunyai sifat terbalik untuk nilai arus dan waktu bekerjanya. Karakteristik relay arus lebih invers diperlihatkan pada Gambar 3.

Kurva karakteristik Relay Arus Lebih Standard / Normal Invers (SI) adalah sebagai berikut (Budiman, 2014) (Wisconsin, 1992):

$$t = \frac{0.14}{I^{0.02} - 1} tms \tag{1}$$

Very invers (VI)

$$t = \frac{13.5}{I - 1} tms \tag{2}$$

Extremely Invers (EI)

$$t = \frac{80}{I^2 - 1} tms \tag{3}$$

Long Time Invers (LTI)

$$t = \frac{120}{I - 1} tms \tag{4}$$

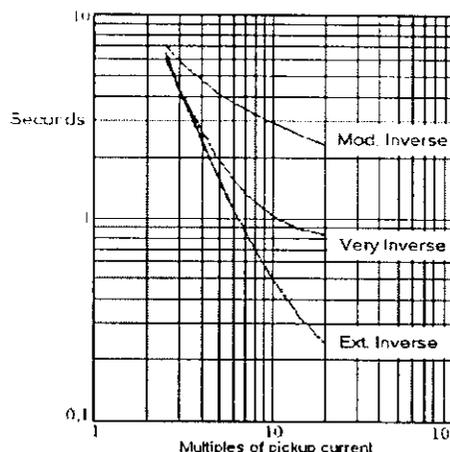
Dimana:

tms = setting waktu untuk rele beroperasi

I = setting arus untuk rele beroperasi

t = waktu sebenarnya relay beroperasi

Secara umum, relay arus lebih digunakan untuk melindungi saluran subtransmisi dan saluran distribusi radial, karena kesalahan dalam saluran tersebut biasanya tidak mempengaruhi stabilitas sistem. Karenanya, jangan mengguna berkecepatan tinggi. Kadang-kadang, over current digunakan pada jaringan transmisi untuk perlindungan utama.



Gambar 3. Karakteristik Invers 1

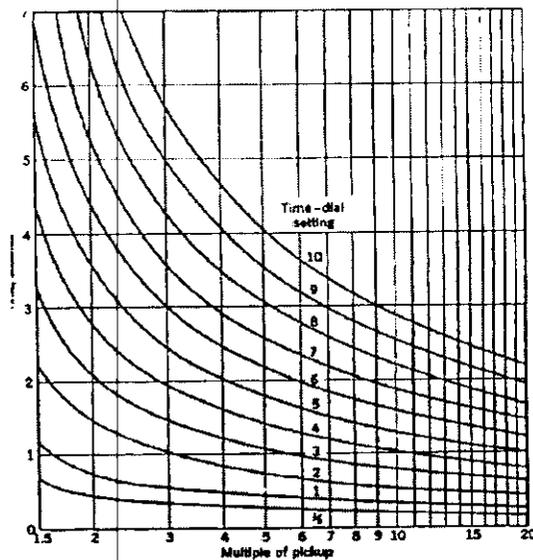
Namun, dengan meningkatnya permintaan untuk mempercepat penormalan kesalahan, perlindungan terhadap jarak untuk kesalahan tanah utama dan cadangan perlindungan jalur transmisi perlahan-lahan menggantikan menyampaikan arus lebih. Meskipun penerapan arus lebih menyampaikan rangkaian radial relatif sederhana, aplikasi yang di loop dan / atau rangkaian yang saling berhubungan menjadi paling sulit, membutuhkan penyesuaian karena perubahan sistem konfigurasi.

Selanjutnya, relay arus lebih tidak bisa membedakan arah arus gangguan, dan karena itu, ketika digunakan untuk perlindungan gangguan, maka hanya berlaku ketika kesalahan minimum.

Dalam metode tingkatan waktu, ini dicapai dengan bantuan relay yang memiliki karakteristik waktu inverse-relay arus lebih. Dengan karakteristik ini, waktu operasi berbending terbalik dengan tingkat kesalahan arus dan karakteristik sebenarnya adalah fungsi dari waktu dan pengaturan saat estafet.

Gambar 4 menunjukkan beberapa kekhasan karakteristik relay inverse. Oleh karena itu, ada pengaturan adjustable dasar tentang semua relay inverse-waktu: pengaturan (CTSS) dan pengaturan waktu dial (TDSS).

Oleh karena itu, sekarang ditentukan dengan menyesuaikan CTSS. Perhatikan bahwa pickup arus kontak saat ini yang menyebabkan relay beroperasi dan menutup. Untuk menentukan pengaturan CDS, arus maksimum kesalahan yang dapat mengalir pada setiap lokasi relay pada sistem yang diberikan harus dihitung.



Gambar 4. Karakteristik Invers 2

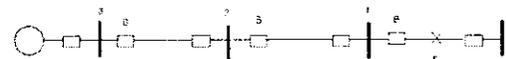
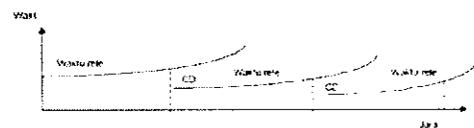
Sebuah kesalahan tiga-tahap di bawah generasi maksimum menyebabkan kesalahan maksimum saat ini dan kesalahan fasa ke fasa, sedangkan di bawah generasi minimum menyebabkan kesalahan minimum saat ini. Jadi, relay harus merespon arus kesalahan antara kedua nilai ekstrem. Pada sistem radial, pengaturan CDS terendah harus di terjauh dan. Pengaturan yang meningkat untuk relay berurutan menuju sumber. Seperti dikat sebelumnya, posisi ulang kontak yang bergerak dari relay inverse-waktu adalah waktu dial. Ini perubahan waktu operasi dari relay untuk pengaturan kerja diberikan dan besarnya saat ini.

Untuk memiliki koordinasi yang baik antara berbagai relay pada sebuah sistem radial, relay terjauh dari sumber harus diatur untuk beroperasi dalam waktu minimum yang mungkin. Pengaturan waktu meningkat secara berurutan menuju sumber. Untuk relay arus lebih waktu invers, maka pengaturan waktu ditentukan berdasarkan gangguan maksimum saat ini, maka secara otomatis memiliki diskriminasi yang lebih besar atas kesalahan minimum, fakta bahwa kurva karakteristik invers di daerah yang lebih rendah.

Selang waktu yang diperlukan antara dua relay berdekatan disebut penundaan waktu koordinasi (CDT). Ini adalah interval minimum yang didasarkan pada permintaan relay dan pemutus sirkuitnya, adalah secara umum menggun CDT standart yaitu sebesar 0.4 s. Nilai ini bergantung pada jenis relay dan sirkuit pemutusnya.

Beberapa hal dalam pertimbangan pengambilan waktu tunda antara relay adalah sebagai berikut:

- Kesalahan waktu sekarang dari pemutus arus (ini adalah sekitar 0.1 s atau enam siklus untuk CB melepas),
- Overtravel dari relay (ketika relay ini di energizes, operasi dapat melanjutkan untuk sedikit lebih lama sampai energi yang tersimpan telah hilang),
- Kesalahan akibat relay dan toleransi CT (menyebabkan keberangkatan operasi relay aktual dari karakteristik dipublikasikan) dan diperkenalkan oleh aproksimasi kesalahan perhitungan, dan
- Beberapa penyisihan tambahan (keselamatan margin) yang diperlukan untuk memastikan bahwa kesenjangan kontak tetap memuaskan. Jumlah faktor 2-4 disebut margin error dan biasanya diberikan sebagai 0.3 s.



Gambar 5. Penerapan OCR untuk jaringan radial

Gambar 5 menunjukkan penerapan relay arus lebih waktu untuk serangkaian garis radial. Ini ilustrasi bagaimana koordinasi waktu dicapai antara relay arus lebih waktu invers pada setiap lokasi CB. Sebuah garis vertikal ditarik melalui lokasi gangguan diasumsikan memotong kurva waktu pengoperasian berbagai relay dan dengan demikian menunjukkan waktu di mana masing-masing relay beroperasi jika kesalahan terus mengalir untuk waktu yang panjang. Untuk kesalahan yang ditampilkan, relay pemutus tersandung B1 Beroperasi cepat pada waktu T 1, diikuti oleh relay mengendalikan B2 dan B3 sehingga B1 beroperasi sebelum B2 dan B2 sebelum B3.

Oleh karena itu, waktu pengoperasian T 2 dari relay pada bus 2 dapat diekspresikan sebagai:

$$T_2 = T_1 + CDT \quad (5)$$

Dimana,
 $CDT = (\text{waktu pengoperasian pemutus B1}) + (\text{margin error}).$

Persamaan, T waktu pengoperasian 3 dari relay pada bus 3 dapat dinyat sebagai $T_3 = T_2 + CDT.$

3. KRONOLOGI & DAMPAK GANGGUAN Pendahuluan

PLTU Banten 3 Lontar memiliki sistem kelistrikan auxiliary untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan di sistem pembangkit itu sendiri yang disebut PS (pemakaian sendiri). Dalam studi ini menjelaskan data sistem dan analisa sistem koordinasi proteksi over current relay pada sistem kelistrikan PLTU Banten 3 Lontar. Dikarenakan setelah beroperasi selama 3 tahun ternyata ditemukan beberapa abnormal / kurang selektifnya beberapa breaker dalam menghadapi gangguan.

Gangguan Short Circuit pada Belt Conveyor 01

Pada tanggal 20 Juli 2014 diad test running pada motor BC 01. Tetapi pada saat memasukkan sumber tegangan melalui breaker 6 kV di station section room, terjadi short circuit pada breaker, berdampak pada tripnya unit 1 dikarenakan tegangan bus 6 kV yang melalui sisi incoming UAT hilang serta terjadi kegagalan HBT dalam membackup tegangan.

Beban-beban sisi B dalam Unit section 1 tidak mendapat supply tegangan sehingga tidak dapat bekerja yang mengakibatkan unit trip. Hal ini menandakan kurang selektifnya sistem koordinasi proteksi dalam menghadapi gangguan hubung singkat.

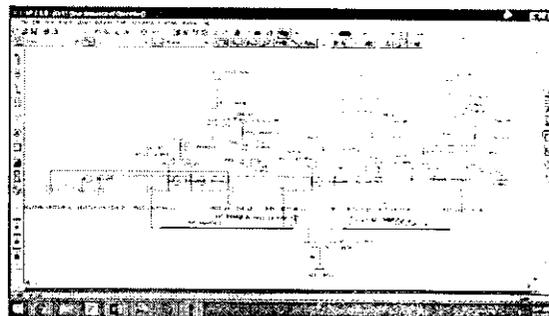
Gangguan Short Circuit pada Belt Conveyor #6 HYD

Pada tanggal 20 Mei 2015 terjadi kembali trip unit #2 dari overcurrent LV Branch B UAT #2. Setelah diusut penyebab terjadinya overcurrent pada sisi LV B UAT adalah masih tergroundingnya breaker 6 kV motor belt conveyor HYD. Hal ini diperkuat dengan adanya idikasi closed pada indicator earthing switch. Namun sesaat setelah trip unit trafo SST langsung dapat memback up beban beban yang kehilangan power dari tripnya LV UAT B, dikarenakan breaker belt conveyor #6 HYD sudah trip dari under frekuensi. Dengan ditandainya drop voltage pada jaringan 150kV yang saat itu ganya berada pada level 124 kV setelah unit trip. Dengan adanya kejadian yang kedua inilah maka, sudah sangat perlu dilakukan re-setting relay pada proteksi trafo UAT yang terdapat pada Generator Protection Nari Relay.

Data sistem 6 KV auxiliary PLTU Banten 3 Lontar

Berdasarkan data peralatan sistem kelistrikan yang terpasang di PLTU Banten 3 Lontar, maka dilakukan studi untuk menentukan setting yang tepat yang diterapkan pada

kordinasi sistem proteksi PLTU Banten 3 Lontar guna meningkatkan selektifitas sistem proteksi dalam menghadapi gangguan.



Gambar 6. Single Line Diagram Etap PTLU Banten 3 Lontar

Berdasarkan data peralatan maka dapat dilakukan studi perhitungan arus short sirkuit saat gangguan dengan menggunakan software ETAP 12.6 dan hasil perhitungan program digunakan untuk menganalisis koordinasi sistem dan menentukan setting proteksi yang lebih optimal.

Sumber Data

Data Peralatan yang dimasukkan pada program ETAP diambil langsung pada single line diagram. Serta nilai arus pada lump load diambil dengan cara mencatat di lapangan saat unit beroperasi full load pada beban 315MW.

Nilai X/R power grid Teluk Naga dan New Tangerang diambil dari data yang diberikan dari Dispatcher P3B. Beberapa data yang seperti tipe relay proteksi yangn tdak terdapat pada library ETAP 12.6 dipilih relay pada library yang sesuai dengan kondisi aktual relay yang terpasang pada peralatan PLTU Banten 3 Lontar.

4. OPTIMASI DAN PENGUKURAN

Analisa Pehitungan Short Circuit pada Bus 6 KV Station Section B

Kejadian hubungan singkat (*short circuit*) pada suatu jaringan listrik dapat menyebabkan arus sangat tinggi yang mengalir ke lokasi gangguan. Besarnya arus hubungan singkat (*short circuit*) itu tergantung pada impedansi sistem dalam kondisi terhubung singkat tersebut. Untuk mengetahui besarnya arus gangguan yang terjadi pada saat short circuit, diperlukan data data sebagai berikut.

- Single line diagram sistem
- Rating / name plate masing masing peralatan
- Beban
- Nilai persen impedansi transformator & generator
- Nilai X/R

Setelah seluruh data dan dokumen telah lengkap, perhitungan arus hubung singkat dapat dilakukan dengan metode standart IEC60909 (2001-2002) *short circuit current in three phase AC system* menggunakan software ETAP 12.6

Tabel 1. Data Proteksi Awal

Peralatan	CT rasio (A)	Pick Up (A)	Delay (s)
UAT HVS	2000/5	3.8	1.5 s
UAT LV Branch B	3000/5	15.12	0.5 s
Outgoing from US to SS	2500/5	10.36	0.6 s
Incoming to SS from US	2500/5	10.36	0.6 s
Motor BC 01A&01B	100/5	9.89	0 s

Simulasi Terjadinya Short Circuit pada Program ETAP 12.6

Untuk mengetahui besarnya arus gangguan perlu digambarkan single diagram keseluruhan system, terutama dimulai dari titik gangguan menuju ke sumber tegangan. Hal ini dikarenakan perhitungan arus gangguan dimulai dari titik gangguan menuju ke sumber tegangan. Bukan sebaliknya, maka diperlukan data data yang cukup agar simulasi ini mendekati arus gangguan yang sesungguhnya.

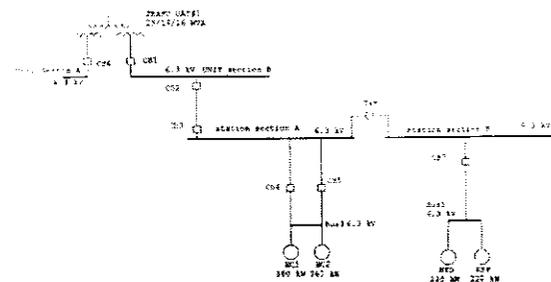


Gambar 7. Daerah Yang Menyumbangkan Arus Short Circuit

Seperti terlihat pada hasil simulasi pada program ETAP, arus shrot circuit yang menuju titik gangguan adalah sebesar 27.86 kA. Arus ini adalah arus urutan positif dihitung dari sumber tegangan ke arah gangguan.

Kajian Khusus pada Daerah Gangguan

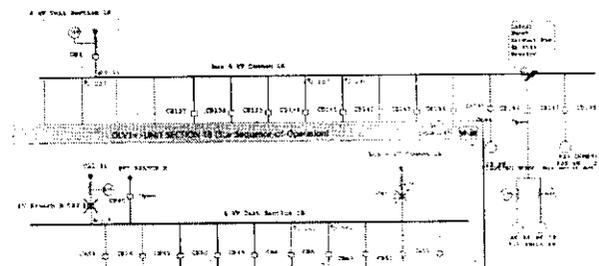
Untuk mempermudah analisa gangguan dan koordinasi relay pada sistem, maka hanya ditampilkan beberapa breaker yang terkait dengan koordinasi relay. Gambar 8 adalah skema daerah proteksi dari downstream yaitu motor sampai upstream yaitu sisi high voltage trafo UAT.



Gambar 8. Skema Daerah Proteksi

Terlihat dari hasil simulasi ETAP setelah semua parameter dimasukkan dan diberikan fault pada bus station section, dan sesuai actual. Simulasi ini menghasilkan trip sequents report yaitu trip pada breaker LV Branch UAT B ditandai dengan angka 1 pada gambar. Breaker ini trip dan mengakibatkan trip unit pada tanggal 20 Juli 2014.

Setelah itu dilihat lagi berapa arus yang terjadi di saat gangguan short circuit sub transient 4 cycle pertama pada masing masing bus, melalui simulasi.



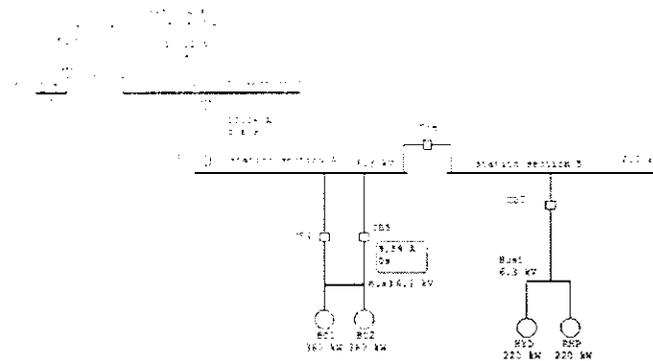
Gambar 9. Urutan Trip sebelum Analisa

Tabel 2. Arus Kontribusi Peralatan Saat Short Circuit

Bus	Isc (kA)
Bus Grid HVS GT 150kV	0,514
Generator Transformer	3,86
Generator	3,37
Grid + GT + Generator	7,23
Trafo UAT LV Branch B	21,61
Bus Station Section	28,11

Kajian Time Grading Saat Gangguan

Untuk menganalisa setting time pada saat gangguan, apakah sudah tepat, maka perlu digambarkan secara simple skema koordinasi proteksi pada sistem yang mengalami gangguan.



Gambar 10. Skema Time Grading Daerah Station Section

Terlihat bahwa relay yang paling cepat adalah relay HVS UAT dengan time delay 0.5 s. Hal inilah yang menyebabkan relay UAT LV branch B merasakan gangguan paling pertama dan menyebabkan trip nya incoming 6 KV section yang berpengaruh pada trip nya unit pembangkit jika terjadi short circuit pada sisi unit station section. Sedangkan seharusnya pada studi kasus semacam ini diharapkan sistem tidak trip, dan proteksi harus mampu melokalisir arus gangguan secara selektif hanya pada peralatan yang mengalami gangguan.

Maka dari itu hasil dari analisa ini adalah rekomendasi perubahan nilai time delay setiap proteksi yang harus diubah agar tercapai selektifitas saat menhalami gangguan.

Berikut adalah analisa rekomendasi re-setting time delay pada masing masing proteksi yang berhubungan.

1. Relay motor BC 01A

Setting proteksi awal
 Instant_OCR(50) = 9.89 A
 t_delay(OCR) = 0 s
 Rasio CT = 100/5 A

Rekomendasi I pick up = 9.89 A (tetap)
 Rekomendasi Time delay t_delay_OCR atau disebut (T1)

Untuk menentukan time delay (T1) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) adalah:
 $T1 = 0$ s

Dengan pertimbangan agar motor secepatnya trip bila relay meras gangguan sesuai setting proteksi awal.

Sehingga rekomendasi akhir setting I = 9.89 A 0 s CT rasio 100/5 A

2. Relay incoming station section

Setting proteksi awal
 Instant_OCR(50) = 10.36 A
 t_delay(OCR) = 0.6 s
 Rasio CT = 2500/5 A

Rekomendasi I pick up = 10.36A (tetap)
 Rekomendasi Tiime delay t_delay(OCR) atau disebut (T2)

Untuk menentukan time delay (T2) dapat dihitung dengan menggun persamaan (4) adalah:

$$T2 = T1 + CDT$$

$$T2 = 0 + 0.3 = 0.3 \text{ s}$$

Dimana CDT (time grading) = (waktu pengoperasian pemutus / CB) + (margin error)

3. Relay Outgoing Unit section to Station Section

Setting proteksi awal
 Instant_OCR(50) = 10.36 A
 t_delay(OCR) = 0.6 s
 Rasio CT = 2500/5 A

Rekomendasi I pick up = 10.36A (tetap)
 Rekomendasi Tiime delay t_delay(OCR) atau disebut (T3)

Untuk menentukan time delay (T3) dapat dihitung dengan menggun persamaan (4) adalah
 $T3 = T2 + 0.1$ s
 $T3 = 0.3 + 0.1 = 0.4$ s

Dengan pertimbangan untuk menghindari setting time delay yang terlalu lama pada seting berikutnya. Setting T2 dan T3 diberikan selisih 0.1s dengan harapan breaker tidak sampai bekerja bersamaan, karena setting delay time dibawah nilai CDT. Sebenarnya breaker masih berpotensi untuk trip bersamaan dengan breaker Incoming station section. Namun ini dipilih demi alasan keamanan pealatan dan masih dapat dipertimbangkan secara relevan.

4. Relay ST Br1 & Br2 Bak Prot

Setting proteksi awal
 I_OC_Br1_ST = 15.12 A
 t_OC_Br1_ST = 0.5 s
 Rasio CT = 3000/5 A

Rekomendasi I pick up = 3.8A (tetap)
 Rekomendasi Tiime delay t_OC_Br1_ST dan t_OCB2_ST atau disebut (T4)

Untuk menentukan time delay (T4) dapat dihitung dengan mengun Persamaan (4) adalah
 $T4 = T3 + CDT$
 $T4 = 0.4 + 0.3s = 0.7 s$

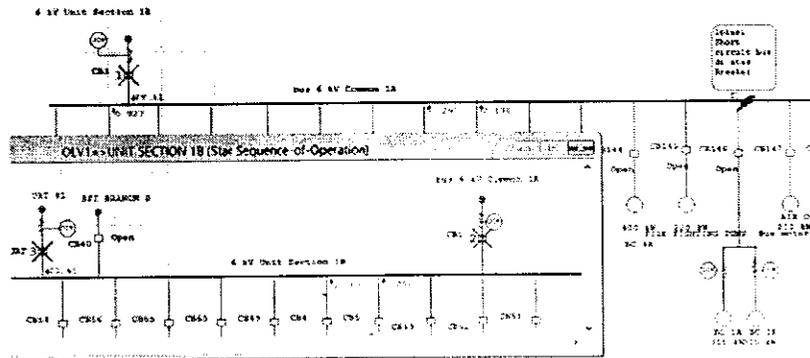
Dengan pertimbangan agar relay ini bekerja paling terakhir saat gangguan yang sama terjadi, dan breaker yang memiliki time grading lebih kecil sudah trip, sehingga breaker ini diharapkan tidak ikut trip.

Simulasi Gangguan setelah Setting Time Grading Baru

Simulasi sequent of operatio yang dihasilkan program ETAP bila terjadi short circuit diperlihatkan pada Gambar11.

Tabel 3. Data setting proteksi Baru

Peralatan	CT rasio (A)	Pick Up (A)	Delay (s)
UAT HVS	2000/5	3.8	1.5
UAT LV Branch B	3000/5	15.12	0.7
Outgoing from US to SS	2500/5	10.36	0.4
Incoming station section	2500/5	10.36	0.3
Motor BC 01A&01B	100/5	9.89	0



Gambar 11. Simulasi Sequents Trip Report ETAP

Terlihat dari hasil simulasi setelah dilakukan re-setting time grading sesuai rekomendasi yang diberikan, saat diberikan gangguan *Short Circuit* pada bus station section, breaker yang pertama trip adalah breaker incoming station section, breaker lain merasa gangguan (*picked up*) namun reset kembali. Sehingga yang diharapkan dari analisa optimalisasi koordinasi relay ini sudah tercapai.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa trip unit akibat breaker Belt Conveyor #01 start kondisi grounding masih close, terjadi karena kesalahan pada setting time delay pada relay OCR UAT Branch B yang terlalu cepat dari breaker dibawahnya (*downstream*). Untuk mengatasi masalah tersebut terulang kembali, maka setting relay harus diubah menjadi radial time grading, berurutan dari sisi motor sampai sisi trafo sesuai data rekomendasi analisa ini.

Setelah setting time grading relay diubah sesuai rekomendasi, diharapkan tidak ada trip unit saat terjadi short circuit pada breaker motor belt conveyor #1A dan motor HYD BC 06, sesuai pada hasil simulasi yang dilakukan pada ETAP.

Dengan nilai rekomendasi yang telah dikaji terhadap nilai damage characteristic Trafo UAT, maka pengaplikasian setting baru sudah terbukti aman untuk diterapkan.

REFERENSI

Alstom, G., *Network Protection Automation Guide*. Perancis: 2011.
 Budiman, *RCFA Breaker 6 KV Motor BC 01*. Tangerang: PT Indonesia Power, 2014.
 Kiswondo, *Panduan Pemeliharaan Rele Proteksi*. Merak: PT Indonesia Power, 2014.
 Luthfi, A. K., *Studi Kasus tentang Koordinasi Overcurrent Relay*. 2011.
 SKM System Analysis. *Equipment Damage Curves Transformer*. Cooper, 2015.
 Wisconsin, P., *Equipment Damage CurvesTransformers*, Cooper, 1992.