

STUDI PENGOPERASIAN RANGKAIAN KONTROL *CHANGE OVER* GENERATOR SEBAGAI DAYA CADANGAN

Berlin Saragih

Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Agung,
Jl. Dr. TD. Pardede No. 21 Medan

ABSTRAK

Pembuatan sumber daya dari Generating Set, dengan contoh keluaran daya sebesar 25000VA (2.5 KVA /1fasa) yang nantinya rangkaian ini bisa juga di konversikan ke daya 3 fasa dimana seperti yang kita ketahui, bahwa pengoperasian sebuah Generating Set dalam memberikan sumber tenaga listrik cadangan, harus dilakukan dengan ketelitian. Dalam hal ini seorang operator harus memastikan bahwa switch tenaga dari PLN ke beban harus benar-bener terbuka, barulah kemudian sumber tenaga listrik yang di bangkitkan dari genset dapat di suplay ke system dan mulai dibebani. Demikian pula sebaliknya apabila PLN telah menyala kembali.

Keywords: Rangkaian kontrol, change over, Generating Set

I. Pendahuluan

Kebutuhan akan sumber tenaga listrik merupakan hal yang sangat penting, karena hampir seluruh kegiatan baik kegiatan perindustrian, sampai pada kegiatan sehari-hari telah menggunakan tenaga listrik. Krisis listrik yang terjadi di Sumatra utara, mengakibatkan semua kegiatan produksi mengalami penurunan dan banyak keluhan dari para pengusaha tentang kurangnya pasokan tenaga listrik sebagai penggerak roda industri. Pada saat seperti inilah pengadaan genset di dunia usaha/perindustrian sangat berperan penting untuk menangani terganggunya pasokan tenaga listrik.

II. Generator

2.1. Konstruksi

Pada generator terdapat dua bagian kumparan, yaitu bagian stator dan rotor. Kumparan medan pada generator dapat diletakan pada rotor ataupun pada stator tergantung pada kebutuhannya. Antara rotor dan stator terdapat celah udara (air gap), dengan demikian

rangkaiannya magnetisasi terdiri dari rotor, celah udara, dan stator.

Fluks diperlukan dibangkitkan secara elektromagnetis dengan mengalirkan arus pada kumparan lain yang disebut kumparan medan.

Celah udara (*air gap*) antara rotor dan stator dibuat sekecil mungkin. bila medan magnet mempunyai kecepatan sudut ω , jumlah lilitan kumparan kerja adalah N_a dengan $\Phi = B.A$.

Suatu generator atau mesin-mesin listrik pada umumnya harus memiliki dua kriteria dibawah ini :

1. Edaran magnetis, yakni dimana fluks magnet yang dibangkitkan kemudian dialurkan, dan
2. Edaran listrik, dimana energi listrik dibangkitkan, yang disebut juga edaran utana karena masih terdapat edaran-edaran listrik lainnya seperti kumparan medan dan sebagainya

2.2. Kecepatan dan Frekuensi

Generator arus bolak-balik pada umumnya dibangkitkan untuk dapat

memberikan daya dengan frekuensi yang tetap. Satuan dari frekuensi adalah Hertz (Hz). Frekuensi yang digunakan di Indonesia adalah 50 Hertz, artinya dalam 1 detik terdapat 50 periode gelombang harmonis. Apabila generator harus memberikan frekuensi (f) dalam Hertz (Hz), maka dalam waktu 1 detik rotor harus berputar sebanyak (f) kali. Atau bila menggunakan frekuensi 50 Hertz, maka harus berputar sebanyak 50 kali.

Dengan demikian pada mesin yang mempunyai sepasang kutub (P=2) berarti 1 putaran melalui sudut 2π bagi rotor.

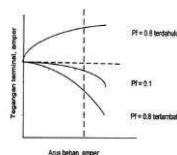
2.3. Pengaturan Generator

Jika ditambahkan beban pada Generator AC yang sedang bekerja dengan kecepatan konstan dan eksitasi medan konstan, maka pada tegangan terminal tegangan keluaran generator akan terjadi perubahan tegangannya. Besarnya perubahan bergantung pada rancangan mesin dan faktor daya beban.

Pengaturan Generator AC didefinisikan sebagai persentase kenaikan tegangan terminal ketika beban dikurangi dari arus beban penuh sampai nol, dimana kecepatan dan eksitasi medan dijaga konstan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengaturan generator adalah sebagai berikut:

1. Penurunan tegangan IR pada lilitan jangkar
2. Penurunan tegangan IX_1 pada lilitan jangkar
3. Reaksi jangkar (pengaruh magnetisasi dari arus jangkar)

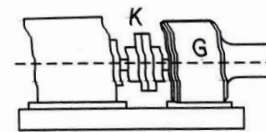


Pada Generator AC penurunan tegangan karena reaktansi induktif lilitan harus diperhitungkan, oleh karena itu g.g.l

yang dibangkitkan Generator AC sama dengan tegangan terminal V_1 dijumlahkan dengan penurunan tegangan IR maupun IX_1 dalam lilitan jangkar.

2.4. Penggerak Generator

Dalam membangkitkan tenaga listrik, diperlukan sebuah tenaga mekanis untuk memutar suatu Generator listrik. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sebuah unit pembangkit tenaga listrik merupakan suatu kombinasi mesin penggerak Generator untuk mengubah daya mekanis menjadi daya listrik.



Susunan unit pembangkit tenaga listrik pada dasarnya diperlihatkan dengan perantara kopling K, Generator G diputar oleh penggerak yang dapat merupakan mesin tenaga mekanis. Mesin-mesin tenaga mekanis ini dapat berupa motor bensin (dengan bahan bakar bensin), motor diesel (dengan bahan bakar solar), turbin uap (dengan bahan bakar minyak, batu bara, uap air atau bahan-bahan radioaktif), maupun turbin-turbin air.

Pembangkitan berupa arus bolak-balik maupun arus searah umumnya dikehendaki agar suatu generator diputar dengan kecepatan yang tetap ataupun yang hampir tetap. Jadi kenaikan ataupun penurunan beban daya listrik yang dirasakan oleh Generator akan dirasakan oleh penggerak Generator.

Suatu kenaikan beban daya listrik harus diikuti dengan penambahan bahan bakar, uap atau air di sisi penggerak, sebab apabila hal tersebut tidak terjadi maka unit pembangkit tenaga listrik akan kehilangan kecepatan nominalnya dan menjadi berkurang sekali bahkan menjadi tidak berputar sama sekali. Oleh karena

itu, pada setiap penggerak harus dilengkapi dengan alat pengatur kecepatan/speed regulator agar kecepatannya hamper tetap (diharapkan konstan).

2.5. Change Over Switch (COS)

Pada pengaturan manual, sebuah *changeover* atau pemindah daya biasanya berupa selector Switch yang dapat dipilih antara sumber dari pembangkit (PLN) dengan sumber dari generating set. COS memiliki kontak-kontak yang dapat dipindahkan dari posisi yang satu ke posisi yang lain dengan menggunakan tuas.

2.6. Generating Set

Generator Yang digunakan pembuatan rangkaian control Change Over ini adalah generator 1 fasa Sebagai contoh yang mapu menghasilkan daya maksimum sampai 3000 VA, tegangan kerja 220 volt, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tegangan [V] : 220 Volt
- Frekuensi [F] : 50 Hz
- Daya Output [Pout] : 2500 VA
- Daya Output [Poutmax] : 3000 VA
- Factor Kerja [Cos Ø] : 0,8
- Pengaman [Circuit Breaker]: 20 Amper

2.7. Motor Bensin

Sumber daya mekanis yang menjadi penggerak bagi generator 1 fasa adalah motor bensin yang digunakan berjenis motor empat-langlah (4-tak) dengan spesifikasi sebagai Berikut:

Motor Bensin STARKE SK 270

- Panjang x lebar x tingg : 355x 430x410
- Berat : 25kg
- Tipe Mesin : 4-Tak, OHP (over valve, silinder tunggal)
- Perpindahan (bore x stroke): 77x58 mm
- Keluaran maksimal : 6,5 HP (3kw) pada 3.600 rpm

- Torsi maksimal: 19,1 N-m pada 2500 rpm
 - Kapasitas Oli Mesin : 0,9 liter
 - Kapasitas tangki bahan bakar : 6 Liter
- Daya keluaran dari motor inilah yang di manfaatkan untuk memutar poros generator sehingga timbul energi Listrik. Berdasarkan hal tersebut, maka dipilihlah sebuah generator yang dapat menghasilkan daya keluaran sebesar 2500 VA (2,5 kVA).

III. PEMILIHAN GENERATOR

Dari perhitungan daya beban sebelumnya, di ketahui bahwa pada perancangan ini dibutuhkan Generator yang sesuai dalam perancangan dan pembuatan kontrol *changeover* ini, yakni adalah generator 3 fasa yang mampu menghasilkan daya maksimum sampai 3000 VA, tegangan kerja 220 volt.

3.1. Perancangan Diagram Blok dan Rangkaian Kontrol

Setelah dilakukan perhitungan beban dan penentuan genset yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan *changeover* otomatis ini, maka Diagram Blok dan Rangkaian control mempunyai hubungan yang erat sekali dalam proses perancangan maka tahap selanjutnya adalah merancang diagram blok seperti terlihat di bawah ini

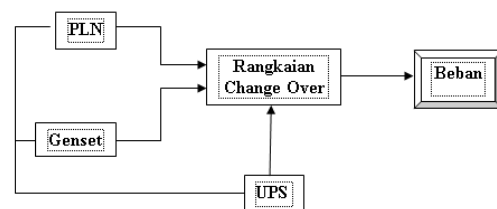
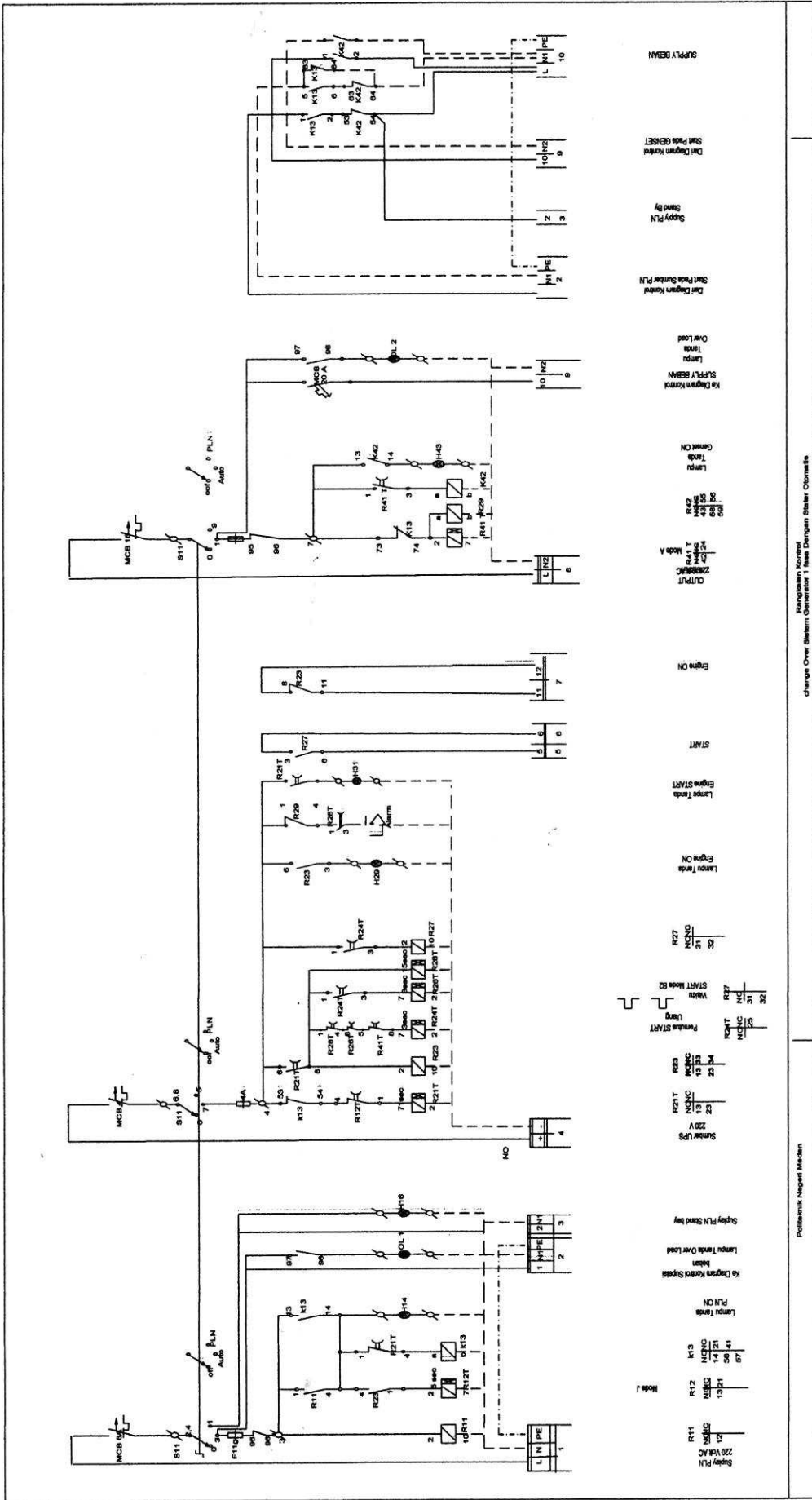


Diagram Blok dan Rangkaian

Sedangkan gambar rangkaian kontrol *changeover*, yang nantinya akan di rangkai dan diharapkan dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. dapat dilihat yang tertera di bawah ini



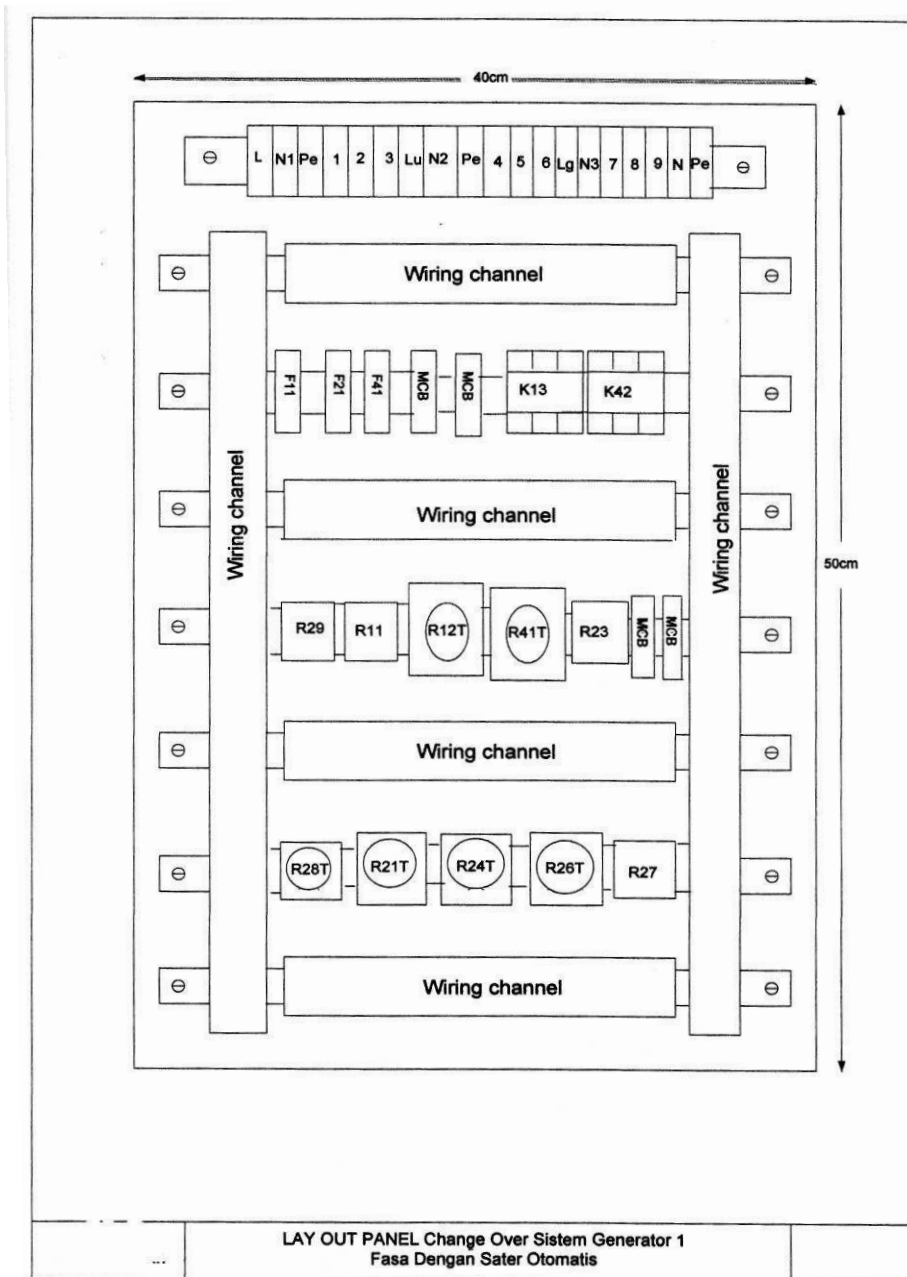
Gambar 3.1 Gambar rangkaian kontrol Automatic Changeover System

3.2. Perakitan Panel Kontrol

Dalam perakitan panel kontrol, hal pertama yang harus dilakukan adalah kembali melihat daftar bahan yang digunakan dalam perancangan sebelumnya. Ukuran dari tiap-tiap komponen menentukan ukuran panel kontrol, oleh karena itu panel kontrol yang dirancang harus efisien agar ukuran panel, susunan komponend alamp anel dan pintu panel sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian perakitan panel

kontrol tersebut digambarkan untuk mempermudah pengerjaan proyek.

Dalam penempatan panel, panel kontrol harus dipilih agar dapat dan mudah dijangkau oleh operator, untuk pemasangan panel *on plater* (tidak ditanam), panel harus tahan terhadap benturan mekanis dan faktor lingkungan disekitar yang ada pada panel. Bila perlu, untuk melihat horizontal dan vertikalnya panel, dapat dilakukan pemeriksaan dengan menggunakan *water pass*.

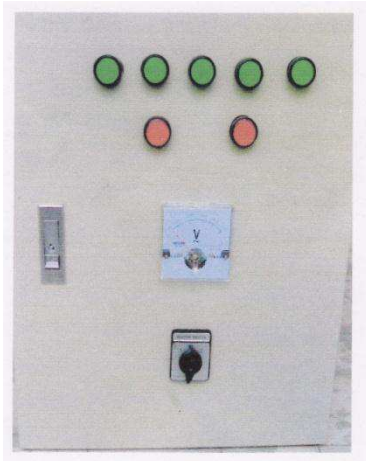


3.3. Susunan Dalam panel

Setelah keseluruhan komponen diukur, maka ukuran panel kontrol harus disesuaikan dengan ukuran komponen. Berdasarkan penyesuaian dengan ukuran komponen didapatkan ukuran panel kontrol adalah: 50 x 40 x 20 cm. Komponen yang dipasangkan pada bagian dalam panel disusun sedemikian rupa agar pengawatan(wiring) dapat dengan mudah dilaksanakan.

3.4. Pintu Panel

Pintu panel pada rangkaian kontrol ini dibust agar seluruh indikator yang terdapat pada rangkian kontrol mudah dilihat, misalnya lampu tanda (pilot lamp) dan voltmer. Sebuah saklar pilih ditempatkan pada posisi yang mudah diraih agar pengoperasiannya dapat dengan mudah dilakukan. Pintu panel pada rangkaian kontrol dengan ukuran 50 x 10 x 20 Cm.



IV. ANALISA RANGKAIAN

4.1. Pengoperasian

Setelah rangkaian kontrol selesai dirancang, maka langkah selanjutnya adalah merangkai (wiring) keseluruhan komponen-komponen penyusun rangkaian kontrol, agar rangkaian kontrol dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Dalam merangkai komponen tersebut, kita harus mengetahui fungsi ataupun cara kerja masing-masing komponen sampai pada cara kerja rangkaian kontrol setelah selesai dirangkai. Namun untuk

memperjelas tujuan dan manfaat dari perancangan dan pembuatan rangkaian kontrol *Changeover* ini, maka ada baiknya kita memahami terlebih dahulu tentang pengoperasian *changeover* tersebut secara umum.

Pada umumnya sebuah sistem *changeover* menggunakan cara yang manual dalam pengoperasiannya. Sebuah *Changeover Switch* digunakan untuk memindah-mindahkan sumber tenaga listrik dalam hal ini dari sumber tenaga listrik utama (PLN) ke Generating Set ataupun sebaliknya, apabila terjadi pemadamar/ gangguan pada sumber tenaga listrik utama (PLN). Cara ini sering kali mengurangi efisiensi dari keseluruhan sistem (mis: sistem penerangan). Pengurangan efisiensi tersebut bisa saja dikarenakan pada pengoperasian, sistem *Changeover* ini harus bergantung pada seorang operator dan harus mengikuti tatratpahap dalam pengoprasian *Changeover*.

Tahap pengoperasian sebuah system *changeover* terhadap PLN padam biasanya dimulai dengan membuka switch (Circuit Breaker/CB) dari sumber tenaga listrik utama. Setelah itu operator akan mulai men-starter genset sebagai sumber tenaga listrik cadangan, kemudian operator harus menunggu hingga genset mencapai putaran nominalnya. Setelah berputar dengan t kecepatan nominalnya, operator harus memastikan bahwa Circuit Breaker dari sumber tenaga listrik utama setelah benar-benar terbuka (meskipun ada interlock secara mekanis degan CB Genset), barulah switch (Circuit Breaker) dari Genset ditutup dan mulai memberikan [asoka daya ke beban.

Keseluruhan tahap-tahap di atas merupakan bagian 1 (pertama) genset dalam pengoperasian sebagai sumber tenaga listrik cadangan apabila sumber tenaga listrik tama padam.

BagianI I (kedua) adalah apabila sumber tenaga listrik utama menyala dan dapat kembali imensuply daya ke beban. Hal ini sekali lagi bergantung pada seorang operator. Apabila operator tidak

memperhatikan indicator yang menunjukkan bahwa sumber utama telah menyala maka sumber tenaga listrik tetap berasal dari genset sampai operator memindahkan sumber tenaga listrik dari genset ke sumber utama, sesuai dengan tahap-tahap pengoperasia *changeover* sebelumnya.

Tahap-tahap pengoperasian tersebut membutuhkan waktu yang lama apalagi bila jarak antara genset dengan sistem *changeover* tidak berdekatan. Hal inilah yang akan mengurangi tentu saja efisiensi sistem yang telah dibicarakan sebelumnya.

Begitu rumitnya tahap-tahap pengoperasian di Atas dapat diatasi dengan menggunakan sebuah system *changeover* yang bekerja secara otomatis (*Automatic tanpa changeoverE ystem*), tanpa adanya bantuan yang berarti dari seorang operator. Pada rancangan control *Automatic changeover system* ini, digunakan 2(dua) buah kontaktor elektromagnetis 4 (empat) buah relay kontrol dan 7 (tujuh) buah timer, 1 buah UPS sebagai pengendalian rangkaian start motor genset dan pengendali kedua kontaktor itu sendiri.

4.2. Komponen Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol *Changeover* otomatisasi ni terdiri dari komponen-komponen yang dirangkai menjadi suatu fungsi yang diinginkan. Komponen-komponen tersebut diantaranya : kontaktor, relay, timer dan sebagainya.

1. Kontaktor

Kontaktor merupakan sebuah sakelar (Switch) yang digerakkan dengan magnet. Kontaktor dapat memutuskan dan menghubungkan suatu rangkaian listrik dengan prinsip kerja elektromagnetik . Apabila pada kumparan kontaktor dialiri arus listrik yang sesuai dengan nilai nominalnya, maka kumparan tersebut akan memiliki gaya magnetic dan akan menarik inti besi yang dihubungkan ke kontak-kontak dari kontaktor tersebut.

Untuk mencari rating kontaktor yang digunakan dalam rangkaian listrik adalah minimal 120% dari arus nominal dari rangkaian. Berdasarkan rumus :

$P = V \times I \times \cos \varphi$, dalam hal ini diambil besaran dari rating genset:

$$I_{nominal} = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

$$I_{nominal} = \frac{3000}{220 \times 0,8} = 17,045 \text{ Ampere}$$

Maka rating arus minimal untuk kontaktor adalah

$$I_{nominal} = 120\% \times 17,045 \text{ Ampere}$$

$$I_{nominal} = 20,454 \text{ Ampere}$$

Berdasarkan perhitngan rating arus kontakro diatas, maka pada control ini digunakan kontaktor MITSUBISHI tipe S-k10 dengan rating pada teganagn 2220 Volt, 3 fasa. Dengan kata lain daya yang dapat disalurkan oleh kontaktor mencapai 6 kW. Kemungkinan ini diambil karena kami memperkirakan akan adanya penambahan daya Genset (sumber tenga cadangan) sampai kurang lebih 7500 VA.

2. Relay Kontrol (Control Relay)

Relay kontrol merupakan sakelar elektromagnetis yang dapat membuka dan menutup beberapa kontak. Sama seperti kontaktor, apabila kumparan relay diberi arus (*energized*) maka relay akan menarik kontak-kontaknya dan akan menutup rangkaian listrik.

Pada rancangan kontrol ini, digunakan 3 buah relay OMRON yaitu 1 buah relay MK2P-I 220 Yolt AC dan 2 buah relay MK3PN 220 Yolt AC. Relay MK2P-I 220 volt AC pada rancangan ini dinamakan Rl 1, yang berfungsi sebagai pendeteksi ada atau tidaknya sumber tenaga listrik utama (PLN ON). Relay MK3PN 220 volt AC pada rancangan ini dinamakan :

- a. 23, yang berfungsi sebagai sebuah *switch* yang meng-onkan kontak-kontak pada *switch* Genset (*ENGINE ON*)

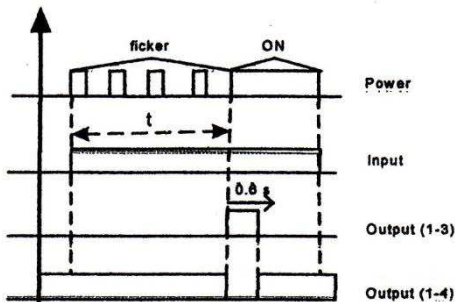
- b. R27, yang berfungsi sebagai sebuah *switch* yang akan men-stater motor genset (*START*) Pada gambar 4.2 akan diperlihatkan bentuk fisik dari relay OMRON seri MK3PN yang merupakan relay daya (*power relay*).

3. Timer

Pada dasarnya timer juga termasuk dalam kelompok relay kontrol, oleh karena itu sering sekali sebuah timer didentikkan dengan sebuah time-delay relay atau relay penunda waktu yang akan menutup dan membuka kontak-kontaknya sesuai dengan waktu yang diinginkan. Fungsi timer kemudian berkembang lagi dan tidak sebatasnya sebagai penunda waktu, akan tetapi sebagai pemberi interval waktu pemberi tegangan berbentuk pulsa dan sebagainya.

Pada rancangan kontrol ini digunakan 7 (tujuh) buah timer OMRON H3CR-A8, dengan tegangan kerjanya dan fungsi yang berbeda dari masing-masing timer tersebut. Timer pada rangkaian kontrol ini semuanya bertegangan 220 Volt AC

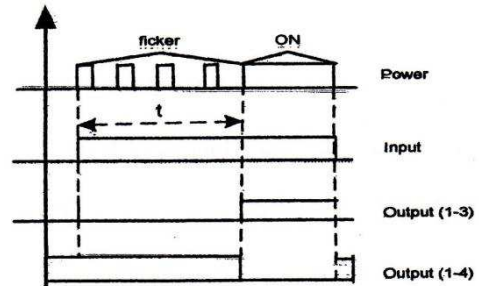
- a. R12T 220 Volt AC, Impuls output operation (mode J) atau keluam yang memiliki impuls selama 0,6 detik setelah kumparan timer di-energized, sesuai dengan waktu yang kita inginkan. Hal ini dapat kita lihat dari timing diagram timer R12T dibawah ini:



Timer ini berfungsi sebagai pendeteksi apakah Sumber Tenaga Listrik utama telah benar-benar menyala dan mampu untuk dibebani, yang

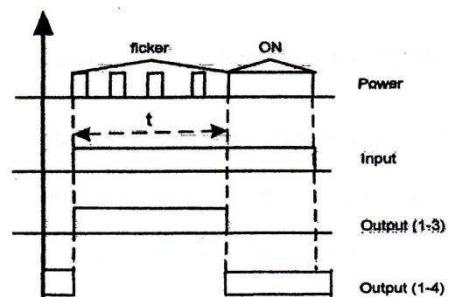
kemudian akan bekerja selama 0,6 detik untuk memastikan bahwa suply tenaga listrik dari kontaktor K42 (Genset) benar-benar terbuka (*interlock*).

- b. R21T 220 Volt AC, *Power On Delay* (mode A) atau penunda waktu operasi, setelah kumparan timer di-energized sesuai dengan waktu yang kita inginkan. Hal ini dapat kita lihat dari *timing diagram* timer R12T.



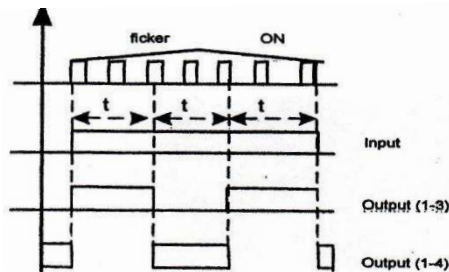
Timer ini berfungsi sebagai endeteksi pakatr Sumber Tenaga Listrik utama benar-benar telah padam, sehingga control strat genset dapat di mulai.

- c. R24T 12 Volt DC, *Power ON Operation* (mode E) atau yang bekerja hanya pada suatu interval waktu tertentu setelah kumparan timer di-energized, sesuai dengan waktu yang kita inginkan. Hal ini dapat kita lihat dari *timing diagram* timer R24T pada gambar 4.5 berikut:



Timer ini berfungsi sebagai pemutus *start* berulang yang terjadi pada kontrol start genset. *Setting* waktu pada timer R24T juga menentukan berapa kali kontrol *start* akan berulang, apabila *start* awal gagal mengopeasikan genset.

- d. R26T 220 Volt AC, *Signal On Flickerl On Stan Opemtion* (mode Bz) atau keluaran yang berbentuk pulsa (pengulangan perasi), selama kumparan timer di-enerrgized. Panjang tegangan pulsa pengulangan operasi start ini tergantung ada setting waktu pada timer R26T. Hal ini dapat kita lihat dari *timing diagram* timer R26T.



Timer ini berfungsi sebagai pemberi waktu start gensets. Waktu pada timer R26T menentukan berapa lama motor start genset akan bekerja. Setting waktu start pada timer R26T harus disesuaikan dengan waktu start diperbolehkan pada motor start agar kumparan motor start tidak terlalu panas yang mengakibatkan motor stater menjadi rusak.

- e. R41T 220 Volt AC, *Power On Delay* (mode A) atau penunda waktu operasi, setelah kumparan timer di-energized sesuai dengan waktu yang kita inginkan. Cara kerja timer R41T identik dengan cara kerja timer R21T, hanya saja timer R41T berfungsi sebagai pendeteksi apakah genset telah mencapai kecepatan putaran nominal dan bertegangan 220 Volt. R41T digunakan bertujuan agar genset tidak langsung dibebani pada pengoperasian awal. Sistem harus menunggu paling tidak 3 detik agar genset mencapai kecepatan nominalnya.

Keseluruhan timer tersebut ukuran/dimensi yang sama, Tirner H3CR-A8 mamiliki ukuran 48 x 48 x 81,6 mrm.

4. UPS (Uninterruptible Power Supply)

UPS fungsinya untuk memberikan supply arus ke relay, timer, dan sebagainya yang nantinya beban-beban tersebut akan menstarter Genset secara otomatis saat supply PLN mati. UPS ini merupakan alat yang bias menyimpan muatan L istrik yang mempunyai keterbatasan energi, dimana keterbatasan energy UPS tersebut bias di isi lagi /charger dari supply PLN ataupun Genset.

4.3. Mencari Perhitungan MCB dan FUSE

Untuk MCB yang akan digunakan dari PLN perfasanya yaitu:

$$P = 2200 \text{ watt}$$

$$V = 220 \text{ volt}$$

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \Phi}$$

$$I_n = \frac{2200}{220 \times 0,8} = 12,5 \text{ Ampere}$$

Untuk MCB yang akan digunakan dari genset yaitu :

$$P = 3000 \text{ Watt}$$

$$V = 220 \text{ Volt}$$

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \Phi}$$

$$I_n = \frac{3000}{220 \times 0,8} = 17,04 \text{ Ampere}$$

Untuk MCB yang akan digunakan dari UPS yaitu:

$$P = 600 \text{ Watt}$$

$$I_n = \frac{p}{v}$$

$$I_n = \frac{600}{220} = 2,72 \text{ Ampere}$$

Dan untuk FUSE yang digunakan sebagai Pengaman dari PLN yaitu

$$I_n \text{ dari PLN dikalikan } 110\%$$

Maka: $110\% \times 12,5 \text{ Ampere} = 13,75 \text{ Ampere}$

Dan untuk FUSE yang digunakan sebagai pengaman dari genset yaitu:

$$I_n \text{ dari genset dikalikan } 110\%$$

Maka : $110\% \times 17,04 \text{ Ampere} = 18,744 \text{ Ampere}$

Dan begitu juga untuk FUSE yang digunakan sebagai pengaman dari ups yaitu:

I_n dari UPS dikalikan 110%
Maka : $110\% \times 2,72 \text{ Ampere} = 2,992 \text{ Ampere}$

4.4. Deskripsi Kerja Rangkaian Kontrol

Kerja rangkaian kontrol *Changeover* ini terdiri dari dua tahap, sesuai dengan ada tidaknya supply sumber energi listrik. Tahap I merupakan kerja rangkaian kontrol mengoperasikan genset pada saat PLN padam. Tahap II merupakan kerja rangkaian kontrol menghentikan operasi genset pada saat PLN menyala kembali. Berikut ini akan diuraikan kedua tahap-tahap tersebut:

1. Tahap I (PLN padam)

Apabila sumber tenaga listrik utama (PLN) tidak tersedia (padam), maka secara otomatis kontak antara sumber PLN menuju beban akan terbuka. Disaat yang sama sistem akan mendeteksi apakah Sumber PLN benar-benar padam.

Beberapa saat kemudian, sistem akan mulai men-*starter* genset secara otomatis. Apabila *start* pertama gagal menyalakan mesin penggerak Generator (*primover*), maka sistem akan kembali men-*starter* Genset sampai mesin penggerak Generator berhasil memutar Genset dan mulai memberikan energi listrik. Bila tetap gagal, maka pengulangan start ini akan berhenti setelah beberapa kali mengulang start, sesuai dengan *setting* waktu yang diberikan dan start genset dapat dilakukan dengan cara manual oleh bantuan operator. Akan tetapi, bila rangkaian start berhasil menyalakan mesin penggerak, maka secara otomatis rangkaian *starter* akan berhenti.

Setelah Genset mulai berputar dan menghasilkan tegangan, sistem akan menunggu sampai mesin penggerak mencapai kecepatan nominal dan tegangan yang dihasilkan generator mencapai tegangan nominal (+2-4 detik). Setelah generator menghasilkan tegangan nominalnya disaat yang sama secara otomatis sistem akan menutup kontak dari tegangan keluaran Genset

menuju ke beban, maka beban akan menerima sumber tegangan dari genset. Lamanya proses dalam pengoperasian Genset sampai beban kembali tersupply oleh Genset sebagai sumber energi listrik cadangan adalah sekitar 6-8 detik (beroperasi pada start pertama).

2. Tahap II (PLN menyala kembali)

Apabila sumber PLN sudah kembali mensupply energi listrik (menyala), maka sistem akan memastikan apakah sumber energi dari PLN tersebut sudah benar-benar tersuplai. Karena apabila sumber PLN hanya berupa kilatan tegangan (*Short Flash*), sistem tidak akan mengalihkan sumber energi listrik dari Genset ke PLN. Selama PLN belum benar-benar tersupply energi listrik genset tetap bekerja sebagai sumber energi listrik cadangan.

Setelah sumber PLN benar-benar mensupply energi listrik, maka dalam hitungan kurang dari 1 detik sistem akan melepas kontak beban dari Genset, serta menghentikan kerja Genset. Disaat yang sama sistem juga menutup kembali kontak dari PLN menuju beban, maka beban kembali tersupply oleh sumber PLN.

4.5. Hasil Pengamatan

Setelah keseluruhan rangkaian kontrol selesai dikerjakan, maka selanjutnya rangkaian tersebut harus diperiksa terlebih dahulu, apakah telah sesuai dengan rancangan sebelumnya, sehingga kemungkinan kesalahan yang terjadi dapat diperkecil.

Setelah dilakukan pemeriksaan rangkaian, maka langkah berikutnya adalah mencoba rangkaian kontrol tersebut. Dari hasil uji coba dapat diketahui bahwa pada saat sakelar pilih S11 belum dioperasikan (posisi OFF), maka sebuah lampu tanda H 17 mengindikasikan bahwa sistem dalam keadaan *stand by* dan juga mengindikasikan tersedianya sumber tenaga listrik dari PLN.

Pada saat sakelar pilih S11 dioperasikan keposisi AUTO, maka aliran

listrik dari PLN akan memasuki sistem dan rele R11 akan menarik kontak-kontaknya dan lampu tanda H14 mengindikasikan bahwa PLN dalam keadaan ON. Pada saat yang bersamaan rele R11 juga mengoperasikan kontaktor K13 yang akan mengalirkan tenaga listrik menuju beban. Dengan menutupnya kontak utama K13, maka beban akan tersuplai oleh sumber tenaga listrik dari PLN.

Saat suplai tenaga listrik dari PLN terganggu (padam), maka suplai tenaga listrik ke beban menjadi tidak ada. Hal ini dapat ditandai dengan padamnya lampu H14 yang mengindikasikan PLN ON, karena kontak-kontak dari relay R11 terbuka dan demikian juga dengan kontaktor K13. Pada saat yang bersamaan, sistem akan mulai mendeteksi apakah PLN benar-benar padam dengan menunggu timer R21T bekerja selama 5 detik. Setelah diketahui bahwa PLN benar-benar padam, maka kontak-kontak timer R21T akan menutup rangkaian *start* dengan meng-onkan *switch* genset menggunakan relay R23 (*ENGINE ON*) yang diindikasikan oleh lampu tanda H29, diikuti dengan menutupnya kontak R24T dan motor *starter* bekerja dengan menutupnya kontak R26T dan R27 sebagai relay start, yang diindikasikan oleh lampu tanda H31 (*ENGINE START*)

Setelah Genset berhasil dinyalakan pada start awal, maka Genset tidak langsung dibebani. Sistem akan mulai menunggu genset mencapai kecepatan nominalnya oleh timer R41T selama 2 detik. Disaat yang sama, seluruh relay dan timer yang bekerja sebagai pengontrol rangkaian *start* akan berhenti bekerja kecuali R24T yang memastikan bahwa genset telah benar-benar menyala dan menyuplai tegangan listrik cadangan. Setelah R41T menunggu genset mencapai kecepatan nominalnya, maka secara otomatis sistem akan mengoperasikan kontaktor K42 yang akan menutup rangkaian beban yang akan disuplai oleh genset. Pada saat yang bersamaan, setelah genset menyuplai

tenaga listrik ke beban, maka R24T akan berhenti bekerja dan kondisi ini diindikasikan oleh lampu tanda H43 (*ENGINE ON*).

Apabila PLN menyala pada saat genset sedang beroperasi dan nyala PLN tersebut hanya berupa kilatan sesaat (*short flash*), maka sistem akan mendeteksi terlebih dahulu apakah sumber PLN benar-benar menyala dengan mengoperasikan timer R12T. R12T di set waktu 5 detik dengan asumsi ada waktu tersebut dapat diketahui bahwa sumber PLN telah benar-benar menyala. Apabila R12T telah bekerja selama 5 detik maka suplai genset akan diputuskan dengan dibukanya kontaktor K42 dan rangkaian control genset yang lainnya.

Pada saat seluruh rangkaian control pengoperasian genset terbuka, maka suplai tenaga listrik kembali diberikan oleh PLN dan R12T akan bekerja selama 0,6 detik untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian pengontrol operasi genset telah terputus.

Keseluruhan hasil pengamatan tersebut merupakan pengamatan pada saat sistem dioperasikan pada posisi *Automatic* (*AUTO*). Apabila terjadi gangguan pada sistem atau terjadi kerusakan pada komponen ataupun pada genset maka sistem dapat dioperasikan pada posisi manual (*PLN*). Artinya, keseluruhan sistem tidak bekerja dan aliran arus PLN langsung diteruskan ke beban tanpa melalui kontaktor maupun komponen-komponen kontrol, sehingga kerusakan pada sistem *Changeover* ini tidak mengganggu seluruh sistem yang sedang digunakan.

Pada perancangan kontrol ini kami menggunakan UPS dimana fungsinya untuk memberikan supply arus ke relay, timer, dan komponen lainnya yang nantinya komponen-komponen tersebut akan menstarte Genset secara otomatis pada saat supply PLN padam. UPS ini merupakan alat yang bias menyimpan muatan Listrik yang mempunyai keterbatasan energi, dimana keterbatasan ataupun Genset.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari keseruruhan laporan Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. sebuah generator dapat membangkitkan gaya gerak listrik (ggl) apabila kumparan pada generator digerak-gerakkan dalam suatu medan magnet yang mempunyai kecepatan yang relatif terhadap kumparan itu sendiri. Besarnya ggl yang dibangkitkan itu tergantung pada besar beban dan faktor daya beban yang disebabkan pengaruh reaksi jangkar serta momen putar pada motor.
2. Perancangan kontrol *Automatic changeover system* ini dapat menggantikan pengoperasian manual *Changeover Switch* oleh operator, hanya menggunakan 2 (dua) buah kontaktor elektromagnetis, 5 buah relay dan 7 buah timer sebagai pengendali rangkaian start motor genset dan pengendali kedua kontaktor itu sendiri.
3. Perencanaasnu atup enyediast umbert enaga listrik cadangan (dalam hal ini Genset 3 fasa), harus dapat memasok daya pada beban puncak. Misalnya untuk menyediakan sumber tenaga listrik cadangan untuk Ruangan Laboratorium khususnya untuk beban Kontak-Kontak.
4. Perancangan *changeover* generating set 3 fasa dengan starter otomatis bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi kerja, dan efisiensi waktu pada suatu sistem instalasi listrik.

5.2. Saran

Berdasarkan praktik dan hasil pengamatan yang didapatkan, penulis memberikan beberapa saran, yaitu :

1. Hasil dari perancangan kontrol ini masih belum sempurna,

karena waktu yang dibutuhkan untuk menstarter genset sampai penyuplaian daya listrik ke beban membutuhkan waktu kira-kira 5 sampai 7 detik. Oleh karena itu kilanya mahasiswa yang akan datang dapat memperkecil rating waktunya.

2. Keterbatasan pasokan sumber tenaga listrik oleh PLN mengakibatkan sering terjadi pemadaman listrik, maka diharapkan masyarakat dan kalangan industri hendaknya menggunakan sistem *changeover* ini sebagai langkah dalam mengantisipasi pemadaman tersebut sehingga dapat meningkatkan produktifitas.
3. Alangkah lebih baiknya jika sistem *changeover* ini diterapkan pada sistem penerangan emergency, agar tidak mengganggu proses kegiatan belajar mengajar baik di gedung perkuliahan, hususnya pada Ruang Laboratorium maupun di gedung RC.
4. Untuk masa yang akan datang sebaiknya mahasiswa membuat proyek yang bermanfaat sebagai tugas akhir dan diharapkan mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu yang didapat selama dibangku perkuliahan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arens,B.P.M. Motor Bensin. Voorschoten : ERLANGGA
- [2] Lister, Eugene. 1993. Mesin dan Rangkaian Listrik, Jakarta : ERLANGGA
- [3] Margunadi,A. R. 1986. Penghantar umum Eletronik. Jakarta : P.T. DIAN RAKYAT
- [4] Wildi. Theodore. Elektrical Machine, Driver and Power System, Edisi Kedua Prentice-hall Intemational