



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - EE 184801**

**EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI RELAY SOFTSTARTER  
MOTOR POMPA LOADING LSWR TERHADAP RELAY DISTRIBUSI  
DAN RELAY PROTEKSI GENERATOR 900-06-GE.06 PT  
PERTAMINA (PERSERO) RU II PRODUCTION SUNGAI PAKNING**

Abraham MTC  
NRP 07111745000028

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - EE 184801**

**EVALUATION OF SOFSTARTER RELAY PROTECTION  
LSWR LOADING PUMP MOTOR COORDINATION AGAINST  
DISTRIBUTION RELAY AND PROTECTION RELAY OF  
GENERATOR 900-06-GE.06 PT PERTAMINA (PERSERO) RU  
II PRODUCTION SUNGAI PAKNING**

Abraham MTC  
NRP 07111745000028

Advisor  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

Departement of Electrical Engineering  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “*Evaluasi Koordinasi Proteksi Relay Softstarter Motor Pompa Loading LSWR terhadap Relay Distribusi dan Relay Proteksi Generator 900-06-GE.06 PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning*” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap dalam daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2019



Abraham MTC  
NRP. 07111745000028

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI RELAY  
SOFTSTARTER MOTOR POMPA LOADING LSWR  
TERHADAP RELAY DISTRIBUSI DAN RELAY  
PROTEKSI GENERATOR 900-06-GE.06  
PT PERTAMINA (PERSERO) RU II PRODUCTION  
SUNGAI PAKNING**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.Eng. dan Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP : 196603181990404001 NIP : 198109052005011002



***(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)***



**EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI RELAY  
SOFTSTARTER MOTOR POMPA LOADING LSWR  
TERHADAP RELAY DISTRIBUSI DAN RELAY  
PROTEKSI GENERATOR 900-06-GE.06  
PT PERTAMINA (PERSERO) RU II PRODUCTION  
SUNGAI PAKNING**

Abraham MTC

07111745000028

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.

Dosen Pembimbing II : Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

**ABSTRAK**

**Abstrak :**

Gangguan listrik dapat terjadi pada saat sistem menyalurkan energi listrik dari sumber hingga beban. Gangguan internal berasal dari peralatan listrik itu sendiri, salah satunya adalah arus *starting* motor. Sedangkan gangguan eksternal dapat disebabkan oleh beberapa factor, seperti gangguan hubung singkat atau beban lebih. Semua gangguan yang terjadi dapat merusak peralatan sistem tenaga listrik sehingga mengganggu pasokan listrik ke konsumen.

PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning memiliki motor pompa P3B yang bertugas untuk memompa minyak LSWR (*Low Sulphur Waxy Residue*) dari tangki kilang menuju kapal tangki. Motor Induksi saat di-*start* akan menarik arus 6 sampai 12 kali lipat dari arus beban penuh motor. Pada tugas akhir ini akan mengatur *setting* relay *softstarter* motor P3B agar saat kondisi *start*, arus *starting* tidak mencapai batas proteksi relay *overcurrent*. Jika arus *starting* mencapai titik tersebut maka relay *overcurrent* akan bekerja, walaupun seharusnya tidak boleh bekerja, karena relay *overcurrent* membaca sebagai gangguan dan akan membuat sistem tenaga listrik tidak bekerja secara normal karena ada pemutusan arus secara mendadak. Perusahaan ini menetapkan waktu pengecekan relay setiap 3 tahun untuk melihat kondisi *setting* relay dan melakukan *setting* ulang setiap 5 tahun sekali.

**Kata kunci :** Koordinasi Proteksi, *starting motor*, dan *softstarter*



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **EVALUATION OF COORDINATION PROTECTION LSWR LOADING PUMP MOTOR SOFTSTARTER RELAY AGAINST DISTRIBUTION RELAY AND PROTECTION RELAY OF GENERATOR 900-06- GE.06 PT PERTAMINA (PERSERO) RU II PRODUCTION SUNGAI PAKNING**

Abraham MTC  
0711174500028

Advisor I  
Advisor II

: Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
: Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRACT**

### **Abstract :**

Electrical interference can occur when the system delivers electrical energy from the source to the load. Internal interference derived from the electrical equipment itself, one of which is the current of the starting motor. While external interference can be caused by several factors, such as short circuit or overload. All interference that occurred can damage the electrical system equipment so it can disrupts the electricity supply to costumers.

PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning has a P3B pump motor to pump LSWR (Low Sulfur Waxy Residue) oil from the refinery tank to the tanker. The induction motor when start will draw a current 6 to 12 times the full load current of the motor. In this final project, the setting of the P3B motor softstarter relay will be set so at the start, the starting current does not reach the overcurrent relay protection limit. If the starting current reaches this point, the overcurrent relay will work, although it should not work, because the overcurrent relay reads as interference and will make the power system does not work normally because there was a sudden termination of the current. This company sets a relay checking time every 3 years to see the condition of the relay settings and to reset them every 5 years.

**Keywords :** *Protection Coordination, Starting motor, and Softstarter*

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul ***“Evaluasi Koordinasi Proteksi Relay Softstarter Motor Pompa Loading LSWR terhadap Relay Distribusi dan Relay Proteksi Generator 900-06-GE.06 PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning”***.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat kerja keras dan juga dukungan berbagai pihak yang telah membantu penulisan tugas akhir ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih, terutama kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah melancarkan semua urusan penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Antony Sihombing dan Ibu Elen Ledorty Simatupang selaku kedua orangtua penulis yang selalu memberi nasehat serta doa kepada penulis agar dimudahkan dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T., selaku Dosen Pembimbing I serta Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, saran serta bimbingan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir dan selama perkuliahan
4. Teman – teman, kerabat, dan orang terdekat yang selalu memberikan motivasi dan mengajarkan disiplin waktu hingga terselesaikannya Tugas Akhir.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, yang juga memberikan banyak dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa naskah tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Terima Kasih.

Surabaya, Mei 2019  
Penulis,

Abraham MTC

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Batasan Masalah .....	1
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Metodologi.....	2
1.5 Sistematika.....	2
1.6 Relevansi.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Motor Listrik.....	5
2.2 Metode Start Motor.....	7
2.2.1 Metode Start dengan DOL ( <i>Direct On Line</i> ) .....	7
2.2.2 Metode Start dengan Sofstarter.....	8
2.3 Relay Proteksi .....	9
2.3.1 Elemen – Elemen Relay Proteksi.....	12
2.3.2 Syarat Pemilihan Relay.....	13
2.4 Relay Proteksi Arus Lebih .....	14
<b>BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT PERTAMINA (PERSERO) RU II PRODUCTION SUNGAI PAKNING</b> .....	<b>19</b>
3.1 Sistem Kelistrikan.....	19
3.2 Sistem Distribusi dan Pembebanan.....	20
3.3 Motor P3B dan Softstarter .....	21



<b>BAB IV EVALUASI RELAY MOTOR TERHADAP RELAY DISTRIBUSI DAN RELAY GENERATOR.....</b>	<b>24</b>
4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan.....	24
4.2 Analisa Hubung Singkat.....	24
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>31</b>
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran.....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>35</b>
<b>RIWAYAT PENULIS.....</b>	<b>41</b>

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema aliran daya pada motor.....	5
Gambar 2. 2 Konstruksi motor induksi 3 fasa sangkar tupai.....	6
Gambar 2. 3 Skema <i>starting</i> DOL.....	8
Gambar 2. 4 <i>Softstarter</i> motor.....	9
Gambar 2. 5 <i>Relay</i> SR750 ABB.....	10
Gambar 2. 6 Karakteristik <i>Instataneous Relay</i> .....	15
Gambar 2. 7 Karakteristik <i>Definite Time Relay</i> .....	15
Gambar 2. 8 Karakteristik <i>Invers Time Relay</i> .....	16
Gambar 3. 1 Motor pompa <i>loading</i> LSWR P3B	21
Gambar 3. 2 Panel <i>Motortronics softstarter</i> dan <i>incoming</i> P3B	22
Gambar 3. 3 <i>Single Line Diagram</i> perusahaan	23
Gambar 4. 1 <i>Single Line Diagram</i> GE.6 sampai motor P3B.....	25
Gambar 4. 2 Kurva eksisting dan kesalahan koordinasi proteksi motor P3B.....	26
Gambar 4. 4 Kurva setelah <i>resetting</i> koordinasi relay proteksi motor P3B.....	30

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kode dan Lambang Relay dalam standar ANSI dan IEC ....	11
Tabel 2. 2 Pemakaian $\alpha$ dan $\beta$ sesuai jenis kurva yang digunakan.....	17
Tabel 3. 1 Pembangkit Listrik yang Digunakan .....	19
Tabel 3. 2 <i>Nameplate</i> Generator.....	19
Tabel 3. 3 Beban listrik sistem .....	20
Tabel 3. 4 <i>Nameplate</i> Motor P3B LSWR ITY .....	21
Tabel 3. 5 Jenis <i>Softstarter</i> .....	22

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Nameplate</i> Generator .....	35
Lampiran 2 <i>Nameplate</i> Motor P3B LSWR ITY.....	36
Lampiran 3 Motor P3B LSWR ITY.....	37
Lampiran 4 Spesifikasi <i>softstarter</i> (1).....	38
Lampiran 5 Spesifikasi <i>softstarter</i> (2).....	39
Lampiran 6 Spesifikasi <i>softstarter</i> (3).....	40

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rele arus lebih merupakan suatu jenis rele yang bekerja berdasarkan besarnya arus masukan, apabila besarnya arus masukan melebihi suatu harga tertentu yang dapat diatur maka rele ini bekerja. Arus kerja dideteksi menurut gulungan sekunder dari trafo arus (CT) <sup>[1]</sup>. Pengaman bekerja dengan cara memisahkan bagian yang mengalami gangguan dengan yang tidak mengalami gangguan agar sistem dapat menjalankan operasinya dan dapat meminimalisir kerusakan pada peralatan.

Motor listrik adalah motor yang mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik yang digunakan pada dunia industri adalah motor induksi. Namun yang menjadi permasalahan pada motor induksi adalah *starting* motor induksi menarik arus yang cukup besar, karena menggerakkan rotor dari keadaan diam<sup>[2]</sup>. Arus *starting* yang besar akan menimbulkan jatuh tegangan pada sistem kelistrikan dan merusak peralatan listrik yang ada disekitarnya. Tetapi dengan adanya *softstarter* motor, maka arus *starting* menjadi lebih kecil  $\pm 50\%$  dari arus *starting* tanpa bantuan *softstarter* <sup>[2]</sup>.

Masalah yang terdapat pada PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning adalah ketika motor pompa minyak LSWR (*Low Sulphur Waxy Residue*) P3B dan kondisi beban seluruhnya menyala, maka akan terjadi *blackout*. Tugas Akhir ini merupakan evaluasi koordinasi relay proteksi generator dan proteksi distribusi terhadap relay *softstarter* motor pompa minyak LSWR P3B untuk menghilangkan trip yang terjadi pada HVCB saat adanya arus *starting* motor sehingga relay proteksi dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi proteksi sebagai pengaman.

### 1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah

1. Setting *overcurrent relay*.
2. Pengaruh *softstarter* terhadap *setting* relay.

### 1.3 Tujuan

Pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui dampak arus *starting* motor P3B terhadap koordinasi proteksi.
2. Mengetahui kemampuan sistem proteksi ketika *starting* motor pompa P3B.

### 1.4 Metodologi

1. Studi Literatur  
Hal ini mencakup pencarian sumber – sumber terpercaya dari buku, jurnal dan informasi yang berhubungan dengan arus *starting* dan koordinasi proteksi.
2. Pengumpulan Data  
Mengumpulkan data – data yang diterima dari perusahaan untuk di analisis.
3. Pemodelan Sistem  
Membuat *single line diagram* (SLD) menggunakan *software* ETAP 16.0.0 sesuai dengan data yang telah diterima.
4. Analisis dan Simulasi Sistem  
Melakukan simulasi *setting* koordinasi dan membuat analisis terkait dengan permasalahan yang ada.
5. Penyusunan Laporan  
Laporan ditulis berdasarkan pada analisis data dan kesimpulan yang diambil setelah dilakukan simulasi.

### 1.5 Sistematika

Penyelesaian Tugas Akhir ini dilakukan dengan sistematika sebagai berikut:

1. BAB I  
Dalam bab ini menguraikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan dan relevansi dari tugas akhir.

2. **BAB II**  
Dalam bab ini berisi tentang materi tentang teori hubung singkat, rele pengaman, dan teori lainnya yang memiliki hubungan dengan tugas akhir.
3. **BAB III**  
Pada bab ini menjelaskan sistem sistem kelistrikan dan spesifikasi peralatan listrik yang terdapat di PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning.
4. **BAB IV**  
Bab ini berisi tentang pembahasan analisa dari data-data yang telah diproses dalam perhitungan dan simulasi
5. **BAB V**  
Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan.

## **1.6 Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menjadi acuan pembaca apabila penelitian yang diambil mengenai koordinasi proteksi dengan pengaruh *starting motor* IEEE yang berlaku.
2. Menjadi acuan apabila ada mahasiswa yang tertarik dan ingin meneruskan tugas akhir ini dengan metode modifikasi.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB II DASAR TEORI

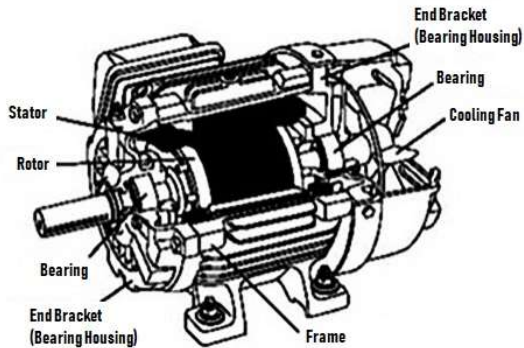
### 2.1 Motor Listrik

Motor listrik merupakan mesin 3 fasa yang digunakan untuk mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik dengan skema aliran daya sebagai berikut :



**Gambar 2. 1** Skema aliran daya pada motor

Motor induksi terdiri dari suatu bagian yang tidak berputar (stator) dan bagian yang bergerak memutar (rotor). Bagian stator terdapat ruangan tempat kawat (konduktor) masing – masing fasa. Stator terdiri dari plat – plat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi.<sup>[7]</sup>



**Gambar 2. 2** Konstruksi motor induksi 3 fasa sangkar tupai

Untuk memperjelas prinsip kerja motor induksi tiga fasa, maka dapat dijabarkan dalam langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tegangan tiga fasa yang diberikan pada belitan stator menghasilkan arus yang mengalir pada tiap – tiap fasanya.
2. Amplitudo fluks yang dihasilkan pada fasa stator berubah secara sinusoidal dan arahnya tegak lurus terhadap belitan.
3. Medan putar yang berputar dengan kecepatan sinkron ( $n_s$ ), besarnya nilai  $n_s$  ditentukan oleh jumlah kutub  $p$  dan frekuensi  $f$ .
4. Akibat fluks yang berputar tersebut maka timbul tegangan induksi pada belitan stator.
5. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka tegangan induksi tersebut akan menghasilkan arus dan menimbulkan gaya magnet yang membuat rotor berputar.
6. Perbedaan kecepatan medan putar antara stator dan rotor disebut slip.
7. Jika kecepatan putaran rotor ( $N_r$ ) sama dengan kecepatan medan putar stator ( $N_s$ ), maka slip bernilai nol. Hal ini membuat tidak ada fluks yang memotong belitan rotor sehingga pada belitan rotor tidak diinduksikan tegangan, tidak ada arus yang mengalir pada belitan rotor, sehingga rotor tidak berputar, karena tidak ada gaya yang terjadi pada rotor.<sup>[6]</sup>

## 2.2 Metode Start Motor

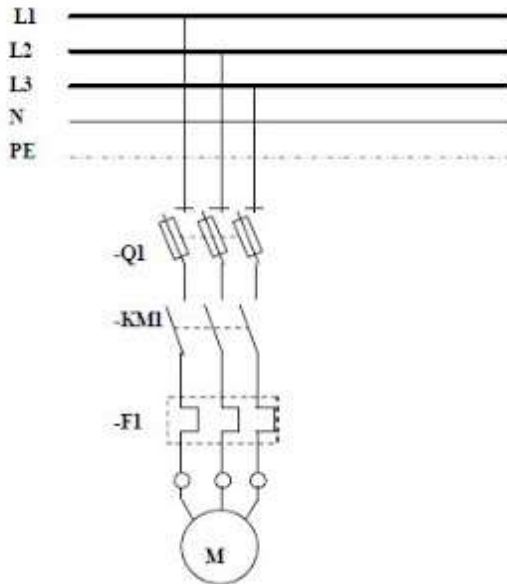
Saat motor induksi dijalankan maka akan membutuhkan arus mula yang besar, hal ini dikarenakan kondisi slip seratus persen. Kondisi ini sama seperti kondisi *Locked Rotor Current* (LRC), dimana arus akan menjadi sangat tinggi akibat impedansi yang sangat kecil. Kenaikan arus dapat mencapai 6 sampai 12 kali arus nominal motor. Arus *starting* ini mengakibatkan penurunan tegangan pada bus disekitar motor, yang dikenal dengan nama *sag*. Fenomena *sag* ini adalah merupakan suatu fenomena penurunan tegangan rms dari nilai nominalnya yang terjadi dalam waktu yang singkat, sekitar 10 ms sampai beberapa detik. IEC 61000-4-30 mendefinisikan *voltage sag (dip)* sebagai penurunan besar tegangan sementara pada titik di bawah nilai *threshold*-nya. IEEE Standard 1159-1995 mendefinisikan *voltage sag* sebagai variasi tegangan rms dengan besar antara 10% sampai 90% dari tegangan nominal dan berlangsung selama 0,5 siklus sampai satu menit.

Hal – hal yang perlu diperhatikan sebelum mengoperasikan motor induksi adalah :

1. Besar LRC motor.
2. Letak motor yang harus sesuai dengan tegangan nominalnya.
3. Jika LRC besar, maka tidak boleh menggunakan metode DOL, tetapi harus memakai metode *softstarter*, atau yang lainnya.

### 2.2.1 Metode Start dengan DOL (*Direct On Line*)

Penggunaan metoda ini sering dilakukan untuk motor-motor AC yang mempunyai kapasitas daya yang kecil. Pengertian start *direct on line* atau start secara langsung adalah motor yang akan dijalankan langsung di *switch on* ke sumber tegangan jala-jala dengan tidak perlu mengatur tegangan pada saat *starting*.



**Gambar 2. 3** Skema *starting* DOL

### 2.2.2 Metode Start dengan Sofstarter

Softstarter menggunakan *thyristor* sebagai komponen utamanya untuk memperhalus start dari motor dengan mengatur tegangan yang masuk ke motor. Awalnya motor hanya diberikan tegangan yang rendah sehingga arus dan torsi rendah. Pada level ini motor hanya sekedar bergerak perlahan dan tidak menimbulkan kejutan. Selanjutnya tegangan akan dinaikan secara bertahap sampai ke nominal tegangannya dan motor akan berputar dengan kondisi rpm yang nominal. Setelah motor mencapai rpm nominal maka *softstarter* tidak digunakan lagi, karena alat ini digunakan hanya saat *start* saja





**Gambar 2. 4** *Softstarter* motor

### **2.3 Relay Proteksi**

Relay Proteksi adalah suatu peralatan listrik yang dirancang untuk bekerja secara otomatis mendeteksi adanya gangguan ataupun perubahan besaran-besaran listrik berupa besaran langsung maupun yang telah dikonversi seperti arus, tegangan, frekuensi dan lain sebagainya kemudian dapat memberi informasi dalam bentuk alarm ataupun perintah. Rele mengirim sinyal kepada *circuit breaker* agar dapat memutuskan atau menghubungkan penyaluran energi listrik dalam sistem.




























**Gambar 2. 5** Relay SR750 ABB

Transformator arus (CT) berfungsi sebagai alat pengindera yang merasakan apakah keadaan yang diproteksi dalam keadaan normal atau mendapat gangguan. Sebagai alat pembanding sekaligus alat pengukur adalah relay, yang bekerja setelah mendapatkan besaran dari alat pengindera dan membandingkan dengan besar arus penyetelan dari kerja relay. Apabila besaran tersebut tidak setimbang atau melebihi besar arus penyetelannya, maka kumparan relay akan dengan cepat sesuai dengan waktu tunda untuk memberikan perintah pada *circuit breaker*. Sebagai sumber energi/penggerak adalah sumber arus searah atau batere. Didalam pengaturan dari sebuah rele harus dilakukan dengan benar dan tepat agar tidak mengalami kesalahan operasi saat terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik. Beberapa jenis

relay proteksi, kode dalam standar ANSI dan lambing dalam IEC dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** Kode dan Lambang Relay dalam standar ANSI dan IEC

<b>Nama Relay</b>	<b>Kode ANSI</b>	<b>Lambang IEC</b>
<i>Over Speed Relay</i>	12	
<i>Under Speed Relay</i>	14	
<i>Distance Relay</i>	21	
<i>Over Temperature Relay</i>	26	
<i>Under Voltage Relay</i>	27	
<i>Over voltage Relay</i>	59	
<i>Directional Overpower Relay</i>	32	
<i>Negative Sequence Relay</i>	46	
<i>Negative Sequence Voltage Relay</i>	47	
<i>Thermal Relay</i>	49	
<i>Instantaneous Overcurrent Relay</i>	50	
<i>Inverse Time Overcurrent Relay</i>	51	
<i>Inverse Time Earth Fault Overcurrent Relay</i>	50G	

<i>Definite Time Earth Fault Overcurrent Relay</i>	51N	
<i>Voltage Restrained / Controlled Overcurrent Relay</i>	51V	
<i>Power Factor Relay</i>	55	
<i>Neutral Point Displacement relay</i>	59	
<i>Earth fault Relay</i>	64	
<i>Directional Overcurrent Relay</i>	67	
<i>Directional EarthFault Relay</i>	67N	
<i>Phase Angle Relay</i>	78	
<i>Autoreclose Relay</i>	79	
<i>Underfrequency Relay</i>	81U	
<i>Overfrequency relay</i>	81O	
<i>Differential Relay</i>	87	

### 2.3.1 Elemen – Elemen Relay Proteksi

Elemen – elemen ini membuat relay dapat bekerja secara sistematis. Kelengkapan peralatan utama dan pendukung dalam relay adalah sebagai berikut:

1. Elemen Pendeteksi  
Peralatan pendukung seperti trafo arus (CT), trafo tegangan (PT), indikator temperatur dan lain sebagainya berfungsi merasakan besaran-besaran seperti tegangan, frekuensi, arus, temperatur dan lain sebagainya sesuai peruntukan proteksi relay.
2. Elemen Pembanding  
Elemen pembanding adalah pengolah data yang diterima dari elemen pendeteksi kemudian membandingkannya dengan data maupun batasan-batasan nilai yang sudah ditentukan.
3. Elemen eksekutor  
Elemen eksekutor ini adalah bagian dari proteksi relay yang memberi tanda maupun perintah ke peralatan lainnya seperti kumparan pemutus (*tripping coil*), kumparan penyambung (*close coil*), perangkat control maupun pengolah data lainnya.
4. Kabel rangkaian (*wiring system*)  
Bagian ini merupakan rangkaian listrik yang menghubungkan rangkaian sekunder, rangkaian pemutus dan rangkaian peralatan pendukung.
5. Sumber energi  
Sumber energi umumnya menggunakan listrik AC dan DC sistem.

### 2.3.2 Syarat Pemilihan Relay

Dalam memilih proteksi relay yang akan dipergunakan perlu diperhatikan beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Handal  
Memiliki kualitas tinggi yang dapat berfungsi dengan baik dalam waktu yang lama dan situasi lingkungan kerja yang ditentukan. Untuk menjaga kehandalan proteksi relay perlu

diperhatikan batasan-batasan yang ditentukan pada proteksi relay itu sendiri dan tetap melakukan perawatan, pemeriksaan dan pengujian secara berkala.

2. Akurasi tinggi

Untuk menjamin keamanan dan keselamatan peralatan yang dilayani proteksi relay harus memiliki tingkat keakurasian yang tinggi atau sesuai dengan tingkat kebutuhan proteksi peralatan yang dilayani.

3. Peka/ Reaksi Cepat (Sensitif).

Relay proteksi harus dapat bekerja dengan cepat jika terjadi gangguan untuk memperkecil kemungkinan kerusakan maupun meluasnya efek berantai (*domino effect*).

4. Selektif

Dalam kondisi adanya gangguan relay proteksi harus sangat selektif dalam melakukan eksekusi sehingga tidak perlu memutus jalur ataupun peralatan yang tidak terdampak.

5. Mudah

Mudah dalam pemasangan, pengoperasian, perawatan dan kalibrasi.

6. Ekonomis

Dengan biaya minimal tidak mengurangi tingkat keakurasian, kehandalan kemudahannya.

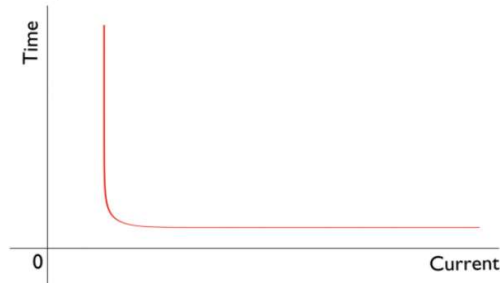
## 2.4 Relay Proteksi Arus Lebih

Rele arus lebih (over current relay/OCR) merupakan peralatan proteksi yang berguna untuk mendeteksi kondisi tidak normal pada sistem dengan melihat besar arus yang mengalir. Rele arus lebih memiliki berbagai macam fungsi diantaranya sebagai rele beban lebih dan rele arus lebih pendeteksi gangguan.<sup>[9]</sup>

Karakteristik yang berlaku pada relay arus lebih antara lain adalah sebagai berikut

1. Relay Waktu Seketika (*Instataneous Relay*)

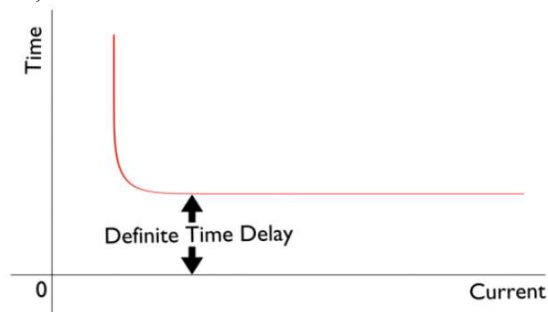
Relay yang bekerja dengan waktu tunda yang sangat singkat, yaitu 0,1 – 0,2 detik.



**Gambar 2. 6** Karakteristik *Instataneous Relay*

2. Relay Waktu Tertentu (*Definite Time Relay*)

Jika arus gangguan mencapai atau melebihi arus *setting* maka relay akan bekerja sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan,



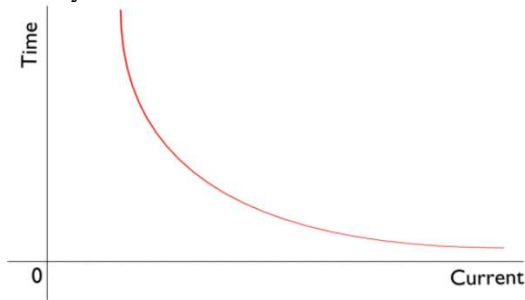
**Gambar 2. 7** Karakteristik *Definite Time Relay*

3. Relay Waktu Terbalik (*Invers Time Relay*)

Relay ini mempunyai karakteristik jika makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :

- a. Standar invers

- b. Very invers
- c. Extremely invers



**Gambar 2. 8** Karakteristik *Invers Time Relay*

Perhitungan arus gangguan hubung singkat, dipergunakan untuk nilai setelan arus lebih, terutama nilai setelan TMS (Time Multiple Setting) dari rele arus lebih dengan karakteristik jenis inverse. Nilai arus gangguan hubung singkat pada setiap lokasi gangguan diasumsikan lalu dipakai untuk memeriksa rele arus, apakah masih dapat dinilai selektif atau nilai setelan harus dirubah ke nilai lain yang memberikan kerja rele yang lebih optimum. Syarat – syarat yang harus dipenuhi dalam penyetelan waktu relay adalah :

1. Relay invers diatur sebesar 1,05 s.d. 1,3 × I<sub>Beban</sub>
2. Relay definite diatur sebesar 1,2 s.d. 1,3 × I<sub>Beban</sub>
3. Waktu minimum relay arus lebih pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik agar relay tidak trip akibat arus *inrush* trafo distribusi.
4. Perbedaan waktu trip relay adalah 0,2 – 0,4 detik

Pengaturan TMS dan waktu pada relay menggunakan standar invers yang menggunakan persamaan kurva waktu dan arus, yaitu :

$$TMS = \frac{t \times \left( \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1}{\beta} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left( \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1} \dots\dots\dots (2.2)$$



Dimana :

$t$  = Waktu trip (detik)

TMS = *Time Multiple Setting*

$I_{\text{fault}}$  = Besar arus gangguan (Amp), dimana :

$I_{\text{set}}$  = Besar arus setting (Amp), dimana :

**Tabel 2. 2** Pemakaian  $\alpha$  dan  $\beta$  sesuai jenis kurva yang digunakan

<b>Jenis Kurva</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>B</b>
<i>Standard Invers</i>	0,02	0,14
<i>Very Invers</i>	1	13,2
<i>Extremely Invers</i>	2	80
<i>Long Invers</i>	1	120

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# BAB III

## SISTEM KELISTRIKAN PT PERTAMINA (PERSERO) RU II PRODUCTION SUNGAI PAKNING

### 3.1 Sistem Kelistrikan

PT Pertamina (Persero) RU II Sungai Pakning adalah bagian dari PT Pertamina (Persero) RU II Dumai. Kilang Sungai Pakning dibangun pertama kali oleh *Refinery Associated Canada* pada 1968-1969. Unit proses yang dibangun adalah *Crude Distillation Unit* (CDU) dengan kapasitas *pengolahan Crude Oil* sebesar 25.000 barrel/hari. Pada 1975 kilang Sungai Pakning diambil alih oleh Pertamina, dan pada 1977-1982 dilakukan penambahan kapasitas menjadi 50.000 barel/hari. Kilang CDU Sungai Pakning menghasilkan produk *naphtha, kerosene, solar*, dan LSWR (*Low Sulphur Waxy Residue*).

Sistem kelistrikan kilang Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning dan perumahan karyawan bersumber dari pembangkitan generator sendiri. Tabel 3.1 menunjukkan tentang sumber kelistrikan PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning. Lampiran 1 dan tabel 3.2 menunjukkan *nameplate* dari generator yang digunakan.

**Tabel 3. 1** Pembangkit Listrik yang Digunakan

No.	Serial Generator	Kapasitas
1	900-06-GE-06	2500 kW
2	900-06-GE-07	2500 kW

**Tabel 3. 2** *Nameplate* Generator

Manufacture	The Ideal Electric and Manufacturing Company Mansfield, Ohio, USA
kW	2500
kVA	3125
Volt	3300
Ampere	547

RPM	1500
Power Factor	0,80
Wire	6
Hz	50
Duty	Cont

### 3.2 Sistem Distribusi dan Pembebanan

PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning memiliki sistem distribusi radial dengan level tegangan sebesar 3300 Volt, dapat dilihat *single line diagram* gambar 3.1. Jenis – jenis beban yang terkelompok menjadi beberapa bagian dapat dilihat pada tabel 3.3.

**Tabel 3. 3** Beban listrik sistem

No.	Outgoing Feeder		Daya (kW)
1.	CDU	Topping Unit 1/2	350,37
		LSWR Pump CDU P6B/C	114,25
2.	ITY	Feed Pump P1A/B	320
		Loading Pump P2A/B	250
		Loading Pump LSWR P3B	522
3.	Office	Maintenance & HSSE Office, Workshop	26,66
4.	UTL	Power Station Prod. Office & Lab.	27,42
		WDCP	87,6
		Boiler B3/B5	73,12
5.	Jetty & WTP	Jetty I/II, Firepump, WTP	191,94
6.	Housing	Housing I	121,87
		Housing II	197,27

### 3.3 Motor P3B dan Softstarter

Motor pompa *loading* LSWR P3B berfungsi untuk memompa minyak LSWR dari tangki pengumpul ke kapal tanker. Untuk *nameplate* motor P3B yang dapat dilihat pada tabel 3.4, lampiran 2, dan lampiran 3.



**Gambar 3. 1** Motor pompa *loading* LSWR P3B

**Tabel 3. 4** *Nameplate* Motor P3B LSWR ITY

Model	AEJH-S2 Squirrel Cage Induction Motor 3-Phase
HP	700
Starting	DOL
Starting Performance	$LRC \leq 770 \text{ A}$
Ampere	107
Efficiency	95,8 %
Power Factor	0,89
RPM	1485
Temp. Rise Limit Stator	80 °C

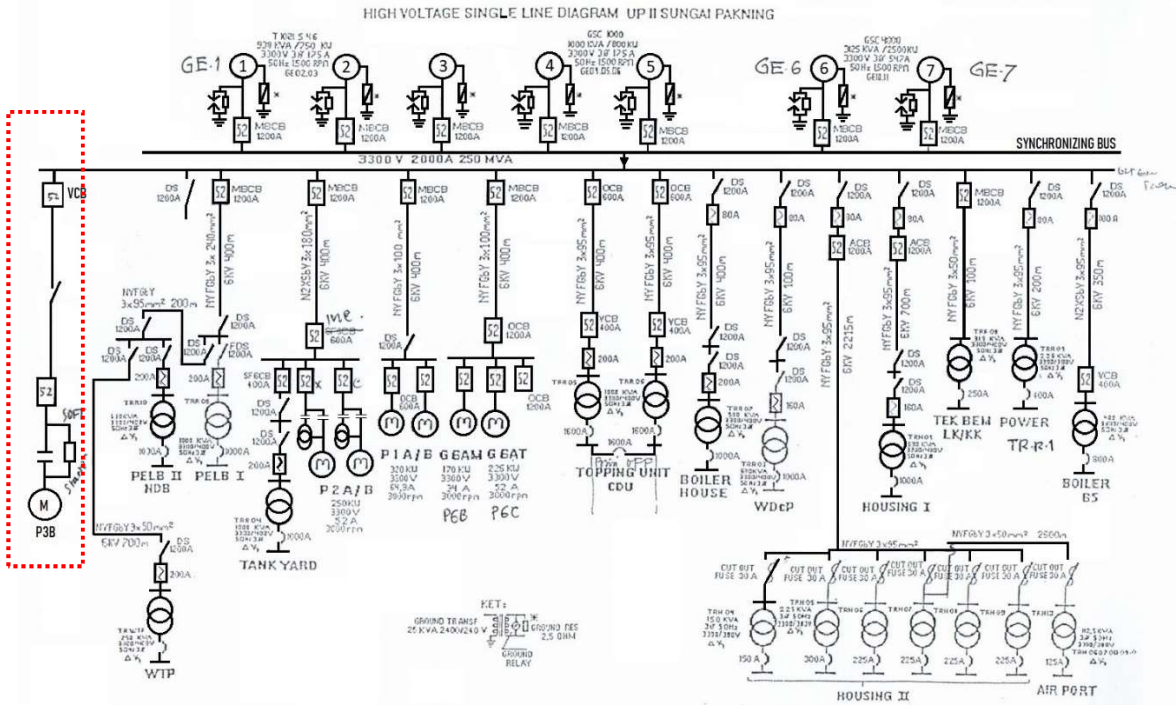
Karena arus *starting* motor melebihi arus nominal yang dimiliki generator, maka motor dipasang *softstarter* untuk membantu *start*. Jenis *softstarter* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.5 dan spesifikasi *softstarter* dapat dilihat pada lampiran 4, lampiran 5, dan lampiran 6.

**Tabel 3. 5** Jenis *Softstarter*

Nama	Motortronics Solid State AC Motor Control
Seri	MVC Plus Series Medium Voltage Softstarters
Volt	2300 – 7200



**Gambar 3. 2** Panel *Motortronics softstarter* dan *incoming P3B*



**Gambar 3. 3** Single Line Diagram perusahaan (kotak merah pada gambar menunjukkan posisi masalah)

## **BAB IV**

# **EVALUASI RELAY MOTOR TERHADAP RELAY DISTRIBUSI DAN RELAY GENERATOR**

### **4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan**

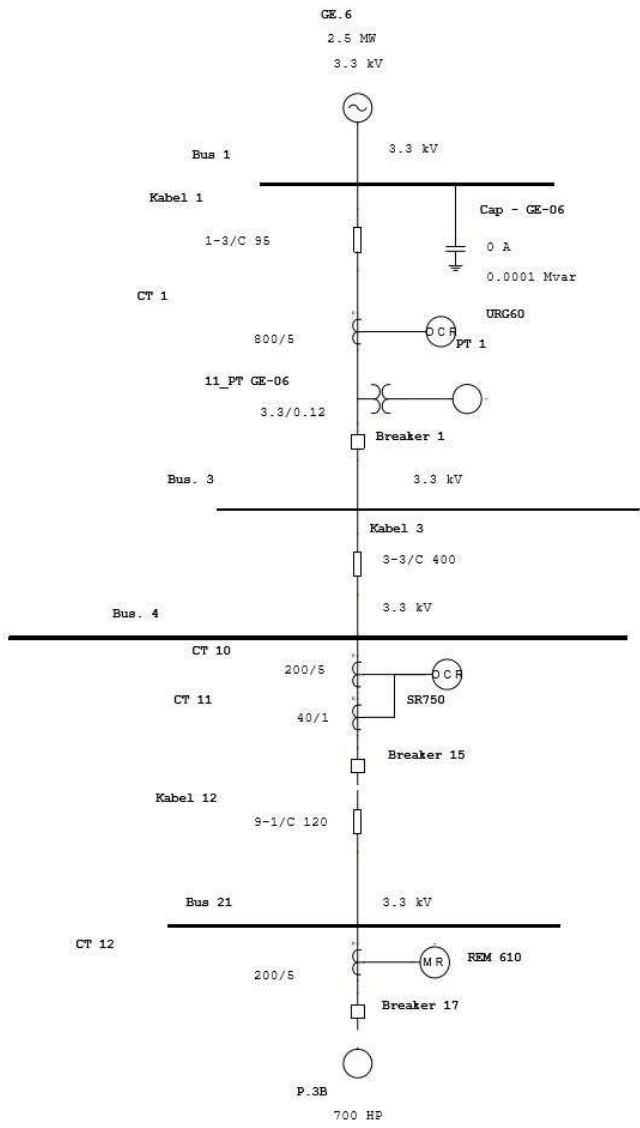
Pemodelan sistem adalah kegiatan yang tujuannya adalah untuk membuat bagian atau fitur tertentu dari suatu sistem lebih mudah untuk dipahami, didefinisikan, diukur, divisualisasikan, atau disimulasikan dengan merujuknya ke pengetahuan yang ada dan biasanya diterima secara umum. Pemodelan sistem disini menggunakan *software* ETAP 16.0.0. ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

Permasalahan yang diberikan oleh PT Pertamina (Persero) RU II Production Sungai Pakning adalah generator yang bekerja hanya 1 saja, yaitu GE.6 atau GE.7 saja (generator memiliki *nameplate* dan spesifikasi yang sama) dan motor gagal untuk *start* saat semua beban lain dalam kondisi bekerja. Pemodelan sistem kelistrikan dilakukan menggunakan *software* ETAP 16.0.0 dengan cara menggambar *single line diagram* (SLD) dan mengisi data – data peralatan yang digunakan ke dalam *software*. Pemodelan digunakan untuk memudahkan dalam analisis dan hubung singkat. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan analisis hubung singkat (*Short-circuit analysis*) motor P3B untuk menentukan koordinasi proteksi motor P3B hingga ke generator saat *starting*.

### **4.2 Analisa Hubung Singkat**

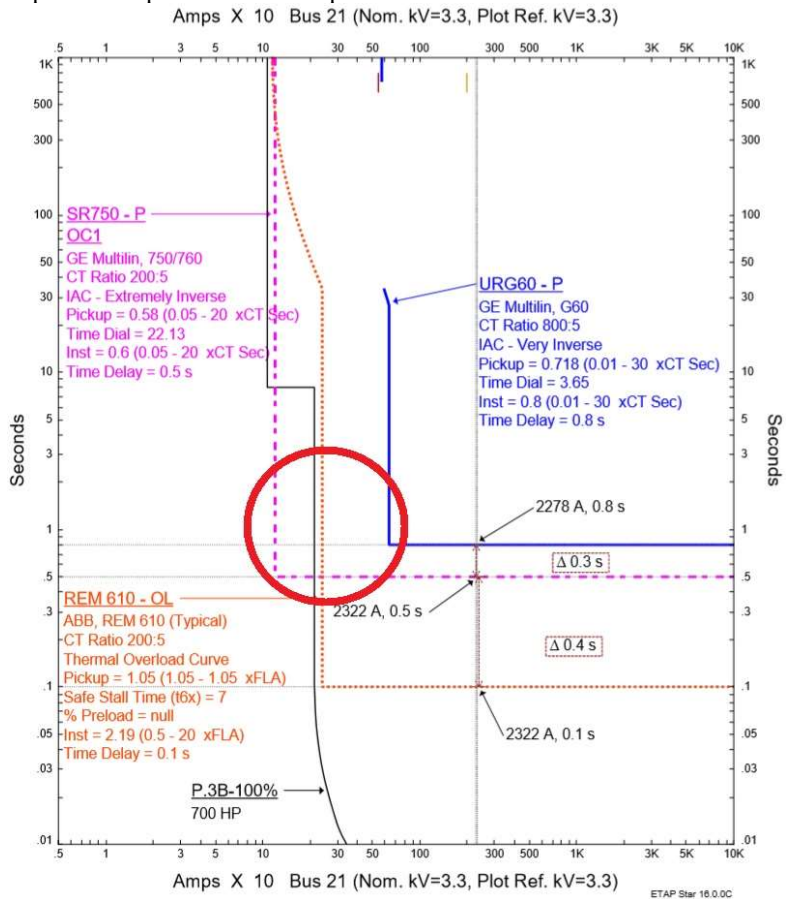
Koordinasi relay arus lebih menuju P3B memiliki 1 level tegangan 3300 Volt dengan melewati 3 buah relay, yaitu OCR URG60, OCR SR750, dan OLR REM610. Gambar *single line diagram* GE.6 ke motor P3B dapat dilihat pada gambar 4.2.





**Gambar 4. 1** *Single Line Diagram* GE.6 sampai motor P3B

Plot menggunakan software ETAP 16.0.0 dengan data eksisting relay dapat dilihat pada kurva TCC pada Gambar 4.3.



**Gambar 4. 2** Kurva eksisting dan kesalahan koordinasi proteksi motor P3B

Dari hasil plot kurva eksisting gambar 4.3 dapat dilihat adanya koordinasi proteksi yang kurang baik, yaitu :

1. Kurva SR750 berada disebelah kiri dari kurva *starting* motor dan kurva REM610.

2. Kurva REM610 terlalu dekat dengan kurva *starting* motor, membuat relay terlalu sensitif.
3. Kurva URG60 perlu di *resetting* agar dapat menyesuaikan dengan *setting* kurva SR750 yang baru.

Karena arus nominal generator GE.6 adalah 547 A, maka pada motor dipasang *softstarter*. *Softstarter* motor di atur sebesar 200% FLA, sehingga :

$$\text{LRC (default)} \leq 770 \text{ A}$$

$$\text{LRC ( pengaruh } \textit{softstarter} \text{ )} = 200\% \times 107 \text{ A} = 214 \text{ A}$$

Karena ada pengaruh *softstarter* maka arus *setting* untuk semua relay tidak boleh melewati 214 A agar tidak terjadi trip saat menyalakan motor listrik. Untuk melakukan *resetting* harus dilakukan perhitungan secara manual. Perhitungan manualnya adalah sebagai berikut :

### 1. REM 610 - OL

Merk	= ABB
Tipe	= REM 610
FLA motor	= 107 A
I <sub>SC</sub> min bus 23	= 2625 A
CT ratio	= 200 / 5

#### Instantaneous setting

##### Pick-up Setting

$$1,6 \times \textit{FLA motor} < I_{set} < 0,8 \times \textit{Isc min}$$

$$1,6 \times 107 \text{ A} < I_{set} < 0,8 \times 2625 \text{ A}$$

$$171,2 \text{ A} < I_{set} < 2100 \text{ A}$$

$$\frac{171,2 \text{ A}}{200} < \textit{Tap} < \frac{2100 \text{ A}}{200}$$

$$0,856 < \textit{Tap} < 10,5$$

$$\textit{Tap} = 3$$

$$t = 0,1 \text{ s}$$

### 2. SR750 - P

Merk	= GE Multilin
Tipe	= 750 / 760
FLA motor	= 107 A
I <sub>sc</sub> max	= 20 × I <sub>set</sub> <i>extremely invers</i> × Primer CT
	= 20 × 0,63 × 200
	= 2520 A

$$\begin{aligned} I_{sc} \text{ min} &= 2625 \text{ A} \\ \text{CT ratio} &= 200 / 5 \end{aligned}$$

Instantaneous setting

Pick-up Setting

$$\begin{aligned} 1,6 \times FLA &< I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ min} \\ 1,6 \times 35,6 \text{ A} &< I_{set} < 0,8 \times 2625 \text{ A} \\ 56,96 \text{ A} &< I_{set} < 2100 \text{ A} \\ \frac{56,96 \text{ A}}{200} &< Tap < \frac{2100 \text{ A}}{200} \\ 0,2846 &< Tap < 10,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tap} &= 1,92 \\ \Delta t &= 0,2 \text{ s} \\ t &= 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ s} \end{aligned}$$

Long Time Extremely Invers

LT Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \times FLA &< I_{set} < 1,4 \times FLA \\ 1,05 \times 107 &< I_{set} < 1,4 \times 107 \\ 112,35 &< I_{set} < 149,8 \\ \frac{112,35}{200} &< Tap < \frac{149,8}{200} \\ 0,561 &< Tap < 0,749 \end{aligned}$$

$$\text{Tap} = 0,7$$

Time Dial / Time Multiple Setting (TMS)

Jenis Kurva = *extremely invers*

$$t \text{ operasi} = 0,3$$

$$\begin{aligned} TMS &= \frac{t \times \left( \left( \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta} \\ TMS &= \frac{0,3 \times \left( \left( \frac{2520}{40} \right)^2 - 1 \right)}{80} \\ TMS &= 14,88 \end{aligned}$$

Dipilih TMS = 14.8

### 3. URG60 - P

Merk	= GE Multilin
Tipe	= G60
FLA	= 220,8 A
I <sub>SC</sub> max	= 20 × I <sub>set</sub> <i>extremely invers</i> × Primer CT
	= 20 × 0,38 × 800
	= 6080 A
I <sub>SC</sub> min	= 2625
CT ratio	= 800 / 5

#### Instantaneous setting

##### Pick-up Setting

$$\begin{aligned}
 1,6 \times FLA &< I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ min} \\
 1,6 \times 220,8 \text{ A} &< I_{set} < 0,8 \times 2625 \text{ A} \\
 353,28 \text{ A} &< I_{set} < 2100 \text{ A} \\
 \frac{353,28 \text{ A}}{800} &< Tap < \frac{2100 \text{ A}}{800} \\
 0,4416 &< Tap < 2,625
 \end{aligned}$$

Tap	= 0,702
Δt	= 0,2 s
t	= 0,3 + 0,2 = 0,5 s

#### Long Time Extremely Invers

##### LT Pickup

$$\begin{aligned}
 1,05 \times FLA &< I_{set} < 1,4 \times FLA \\
 1,05 \times 220,8 &< I_{set} < 1,4 \times 220,8 \\
 231,84 &< I_{set} < 309,12 \\
 \frac{231,84}{800} &< Tap < \frac{309,12}{800} \\
 0,2898 &< Tap < 0,3864
 \end{aligned}$$

Tap	= 0,38
-----	--------

#### Time Dial / Time Multiple Setting (TMS)

Jenis Kurva = *extremely invers*

t operasi = 0,5 s

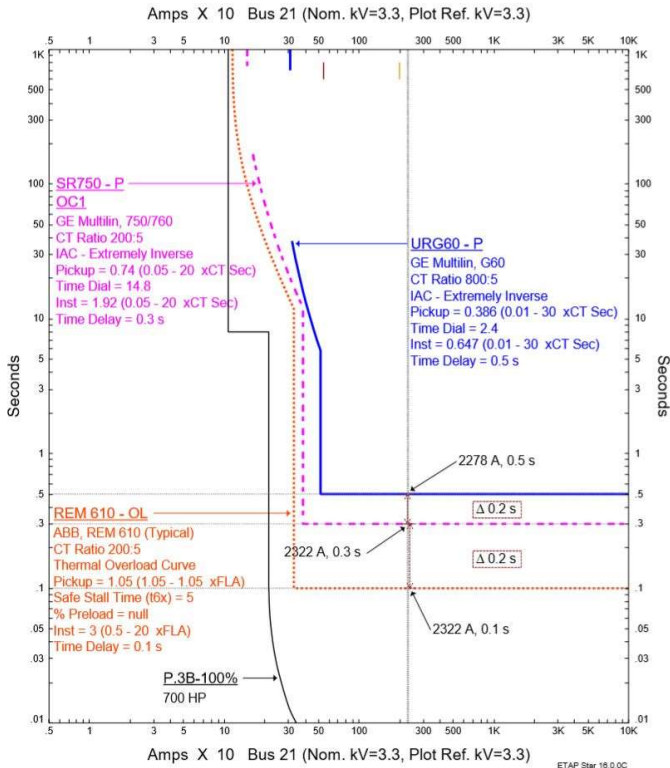
$$TMS = \frac{t \times \left( \left( \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta}$$

$$TMS = \frac{0,5 \times \left( \left( \frac{6080}{307,2} \right)^2 - 1 \right)}{80}$$

$$TMS = 2,441$$

Dipilih TMS = 2,4

Setelah hasil perhitungan didapatkan dan dimasukkan ke dalam input *setting* ETAP, maka terlihat plot kurva seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4. Dari gambar terlihat bahwa kurva SR750 sudah berpindah posisi ke sebelah kanan kurva REM610 tanpa bersentuhan dengan kurva manapun. Setting REM610 dan URG60 juga sudah diatur ulang agar tidak bersentuhan dengan *setting* SR750 yang baru.



Gambar 4. 3 Kurva setelah *resetting* koordinasi relay proteksi motor P3B

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan simulasi dan analisa dari data yang diperoleh, maka didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Besar arus yang masuk ke motor saat *start* menggunakan *softstarter* menjadi arus *starting* motor yang baru, karena fungsi dari *softstarter* ini sendiri adalah menjaga agar arus *starting* motor tetap dalam keadaan yang sesuai dengan *setting* yang diberikan.
2. Motor gagal untuk *start* saat semua beban lain dalam kondisi bekerja, meskipun sudah ada pengaruh dari *softstarter*, karena kurva SR750 berada disebelah kiri dari kurva *starting* motor, sehingga saat *start* akan dibaca sebagai gangguan oleh relay.
3. Motor juga gagal untuk *start* akibat dari *setting* relay REM610 yang terlalu sensitif, karena kurva relay terlalu dekat dengan kurva *starting* motor.
4. *Setting* relay yang baru menyelesaikan masalah motor ketika *start* relay membaca seolah – olah terjadi hubung singkat pada bus, yaitu dengan cara memperbaiki *setting* agar kurva yang dihasilkan tidak melewati kurva motor dan sesuai dengan standar IEE 242 – 2001.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat saya sampaikan di dalam Tugas Akhir ini yaitu :

1. Sebaiknya perlu dilakukan *resetting* pada relay yang digunakan dengan berpedoman pada standar IEEE 242 – 2001.
2. Jika *resetting* relay tidak dapat dilakukan dalam waktu dekat, maka beban – beban lain yang tidak terlalu penting harus diputuskan terlebih dahulu ketika motor P3B dinyalakan.

***(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)***

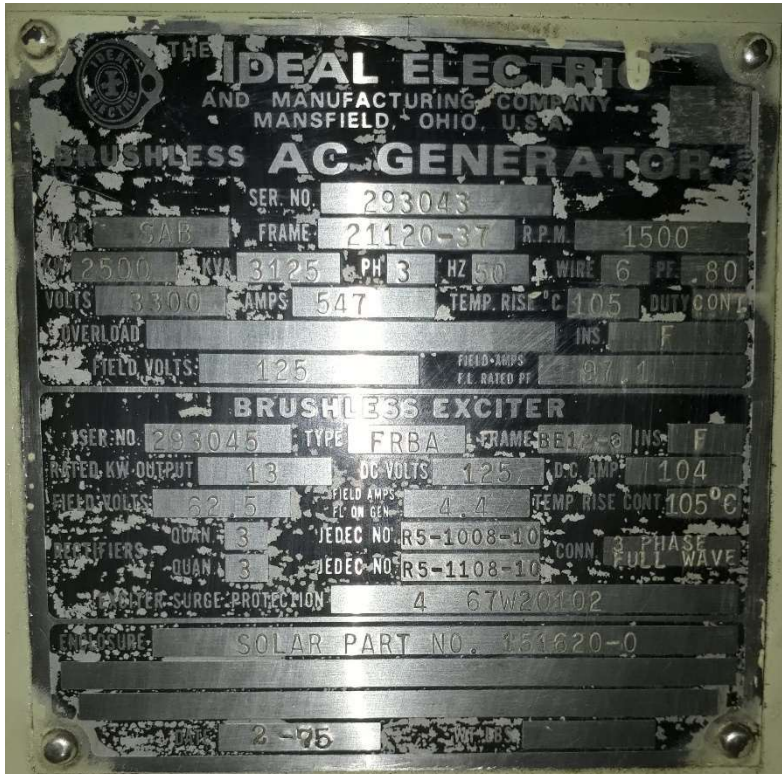


## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nanda Dicky Wijayanto, Adi Soeprijanto, Ontoseno Penangsang, **Koordinasi Proteksi Tegangan Kedip dan Arus Lebih pada Sistem Kelistrikan Industri Nabati**, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, September 2012.
- [2] W. Xiaoyu, Y. Jing, X. Wilsun, and F. Walmir, **Practical Power Quality Charts for Motor Starting Assessment**, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 26, No. 2, April 2011.
- [3] Rajiv Kumar, Douglas Reed, Robert Morris, and Samuel Terry, **Selective Coordination Short Circuit Higher Withstand Requirements in MCCs**, IEEE Transactions On Industry Applications, May / June 2011.
- [4] Raymond Catlett, Donald Martin, and Robert A. Wilson, **Improving Relay Protection Levels in Medium-Voltage Switchgear**, IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 50, No. 3, May / June 2014.
- [5] Lubomir Sevov, Dave Allcock, Ray Luna, and Jim Bowen, **Motor Reacceleration to Improve Process Uptime**, IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 52, No. 1, January / February 2016
- [6] David H. Sirait, **Analisis Starting Motor Induksi Tiga Phasa Pada PT. Berlian Unggas Sakti TJ. Morawa**, 2008.
- [7] Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, **Petunjuk Praktek Listrik Industri**, 1979.
- [8] Aztrid Nurmalitawati dan Amien Rahardjo, **Analisis Perbandingan Besarnya Arus Start Motor Induksi Berkapasitas Besar Terhadap Jatuh Tegangan Bus**, 2014.
- [9] Tiyono, **Perancangan Setting Rele Proteksi Arus Lebih Pada Motor Listrik Industri**, 2013.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## LAMPIRAN




Lampiran 1 Nameplate Generator

MOTDR POMPA LSWR 946-P3B ITY MAR.17.2008

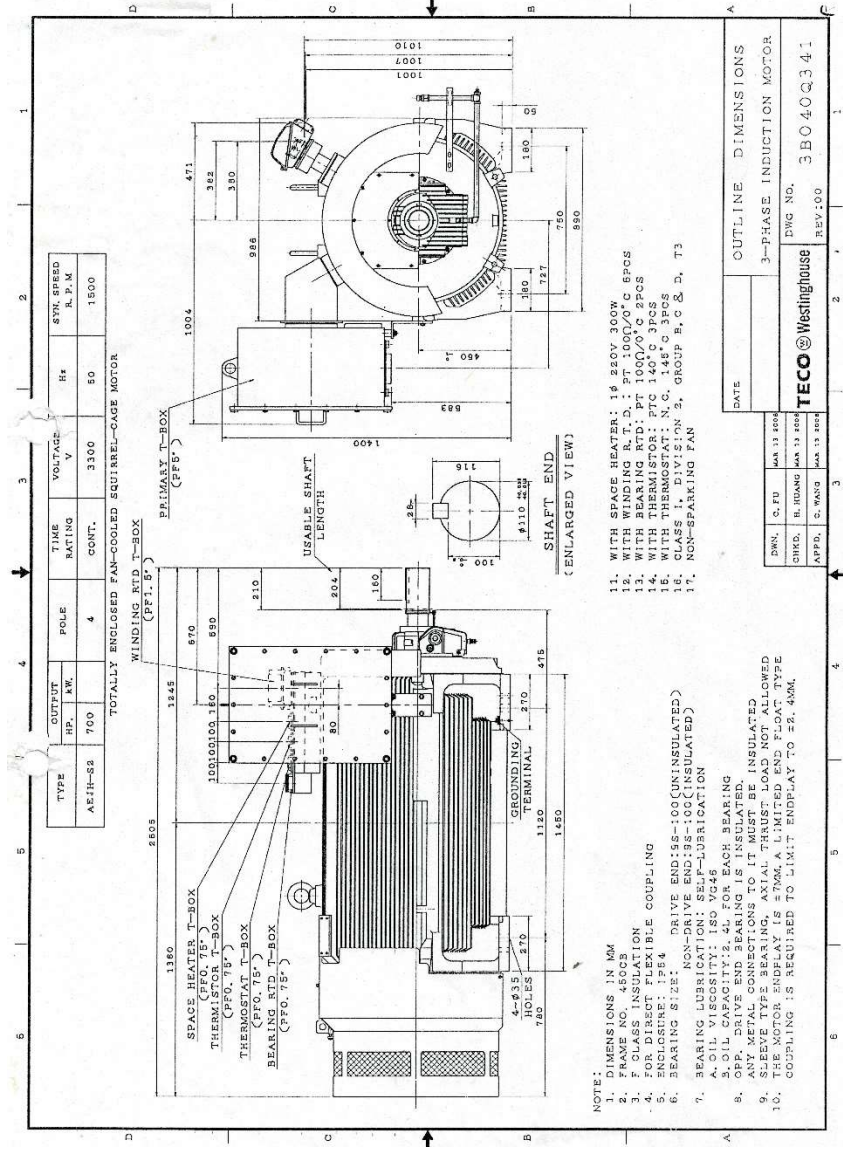
SPECIFICATION TABLE OF 3-PHASE SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR	CUSTOMER	TEK	USER
	INQ. NO.		EQUIPMENT
	JOB NO.	FD086019T1	MACHINE
	TOTAL SETS	1	ITEM NO.

Item	Terms	Description			
1	Model	AEJH-S2			
2	Code or Standard	Dimensions	Frame Assignment	Performance *	Test
		IEC	TECO Westinghouse	BS	BS
3	Rating	700 HP 4 Pole 3300 Volt 3 Phase 50 Hz			
4	Service Duty	Continuous Rating			
5	Starting Method	D.O.L.			
6	Rotation	Bi-Direction			
7	Drive Method	Direct Coupling			
8	Environment	Amb. Temp. : -20 ~ 40 °C			
		Humidity : Less Than 95 %RH			
		Altitude : Up to 1000 M			
9	Enclosure & Protection	IP54 : Totally Enclosure Indoor			
10	Cooling	IC411 : Self External Fan, Surface Cooling			
11	Mounting	IM1001 : HS, Foot			
12	Dimensions	Dr# 3B040Q341(REV.00) Frame No : 450CB			
13	Frame & Bracket	Frame : Cast Iron Bracket : Drive End: Steel Plate Opp. Drive End: Cast Iron			
14	Fan & Fan Cover	Fan : Aluminum Fan Cover : Steel Plate			
15	Terminal Box	Steel Plate			
16	Lead Terminals	(TLK70-10)X3			
17	Lubricant	Oil Viscosity : ISO VG46			
18	Painting	Color : MUNSSELL 7.5B 3.5/0.5			
19	Stator Winding	Ins. Class F			
20	Rotor Conductor	Al-Die Cast			
21	Starting Performance	LRC ≤ 770 Amp LRT/FLT 100 %			
22	Operating Performance  At Rated 3300 Volt	% Load	100	Break Down Torque	
		Amp.	107	220 %FLT	
		Eff. %	95.8	Temp. Rise Limit. (Res.)	
		P.F. %	89.5	Stator 80 °C	
		R.P.M.	1485		
23	Note	1. With Space Heater : 1φ 220V 300W 2. With Winding RTD : PT 100Ω/0°C 6pcs 3. With Thermistor : PTC 140°C 3pcs 4. With Thermostat : N.C. 145°C 3pcs 5. Class I, Division 2, Group B, C & D, T3 6. Non-Sparking Fan 7. With Bearing RTD : PT 100Ω/0°C 2pcs 8. Opp. Drive End Bearing is Insulated			

**CERTIFIED**  
ORDER NO. FD086019T1

APPD.	Ming	MAR. 17 2008	<b>TECO</b>  <b>Westinghouse</b>	DWG NO.	
CHKD.	Sandy	MAR. 17 2008		3A057H186-32420	
DWN.	CF WENG	MAR. 4 2008		REV.00	1/1

Lampiran 2 Nameplate Motor P3B LSWR ITY



TYPE	OUTPUT HP.	KW.	POLE	TIME RATING	VOLTAGE V	Hz	SYN. SPEED R. P. M.
AEH-82	700		4	CONT.	3300	50	1500

TOTALLY ENCLOSED FAN-COOLED SQUIRREL-CAGE MOTOR

NOTE:

1. DIMENSIONS IN MM
2. FRAME NO. 45023
3. INSULATION CLASS: F
4. FOR DIRECT STARTING
5. ENCLOSURE: IP54
6. BEARING SIZE: DRIVE END: 55-100 (UNINSULATED) NON-DRIVE END: 55-100 (INSULATED)
7. BEARING LUBRICATION: 20W-200 (LUBRICANT)
8. OIL CAPACITY: 2.4L FOR EACH BEARING
9. O.P.P. DRIVE END BEARING IS INSULATED.
10. ANY METAL CONNECTIONS TO IT MUST BE INSULATED.
11. THE MOTOR IS NOT ALLOWED TO BE USED AT FULL LOAD WITH A THROTTLE TYPE COUPLING. IS REQUIRED TO LIMIT ENDFLAY TO 52.40K.

11. WITH SPACE HEATER: 16 220V 300W
12. WITH WINDING R.T.D.: PT 100Ω/0°C CP50
13. WITH BEARING R.T.D.: PT 100Ω/0°C 2PCS
14. WITH THERMOSTAT: NTC 140Ω/0°C 3PCS
15. WITH THERMISTOR: NTC 140Ω/0°C 3PCS
16. CLASS 1. DIVISION 2. GROUP B, C & D, T3
17. NON-SPARKING FAN

DATE	OUTLINE DIMENSIONS		
	3-PHASE INDUCTION MOTOR		
	EWC NO. 3B040Q341		
DRAWN	C. FU	MAR 13 1982	TECO Westinghouse
CHEK.	B. HONG	MAR 13 1982	
APPR.	C. WANG	MAR 13 1982	

Lampiran 3 Motor P3B LSWR ITY

Advanced Motor Protection	
Two Stage Electronic Overload Curves	Starting: Programmable for Class 5 through 30 Run: Programmable for Class 5 through 30 when "At-Speed" is detected.
Overload Reset	Manual (default) or automatic
Retentive Thermal Memory	Overload circuit retains thermal condition of the motor regardless of control power status. Unit uses real time clock to adjust for off time.
Dynamic Reset Capacity	Overload will not reset until thermal capacity available in the motor is enough for a successful restart. Starter learns and retains this information by monitoring previous successful starts.
Phase Current Imbalance Protection	Imbalance Trip Level: 5 - 30% current between any two phases Imbalance Trip Delay: 1 -20 seconds
Over Current Protection (Electronic Shear Pin)	Trip Level: 100 - 300% of motor FLA Trip Delay: 1 - 20 seconds
Load Loss Trip Protection	Under Current Trip Level: 10 -90 % of motor FLA Under Current Trip Delay: 1 - 60 seconds
Coast Down (Back Spin) Lockout Timer	Coast Down Time Range: 1 - 60 minutes
Starts-per-hour Lockout Timer	Range: 1 - 6 successful starts per hour Time between starts: 1 - 60 minutes between start attempts
Programmable Outputs	
Type / Rating	Form C (DPDT), Rated 4 amps 240 VAC max, (960 VA)
Run Indication	Programmable
At Speed Indication	Programmable
Acceleration Adjustments	Programmable Ramp Types: Voltage or Current Ramp (VR or CR) Starting Torque: 0 - 100% of line voltage (VR) or 0 - 600% of motor FLA (CR) Ramp Time: 1 to 120 seconds Current Limit: 200 - 600% (VR or CR)
Dual Ramp Settings	4 Options: VR1+VR2; VR1+CR2; CR1+CR2; CR1+VR2 Dual Ramp Control: Ramp 1 = Default Ramp 2 = selectable via dry contact input
Deceleration Adjustments	Begin Decel Level: 0 - 100% of line voltage Stop Level: 0 to 1% less than Begin Decel Level Decel Time: 1 - 60 seconds
Jog Settings	Voltage Jog: 5 - 75%
Kick Start Settings	Kick Voltage: 10 - 100% Kick Time: 0.1 - 2 seconds
Fault Display	Shorted SCR, Phase Loss, Shunt Trip, Phase Imbalance Trip, Overload, Overtemp, Overcurrent, Short Circuit, Load Loss, Undervoltage or Any Trip
Lockout Display	Coast Down Time, Starts Per Hour, Time Between Starts, and Any Lockout
Event History	
Up to 60 Events	Data includes cause of event, time, date, voltage, power factor and current for each phase and ground fault current at time of event

## Lampiran 4 Spesifikasi *softstarter* (1)

<b>Type of Load</b>	Three phase AC induction motors or synchronous motors (see addendum)
<b>AC Supply Voltage</b>	2300, 3300, 4160, 7200 VAC +10% to -15%
<b>Nominal HP Ratings</b>	2300V      200 HP - 2500HP 3300V      200HP - 3000HP 4160V      250HP - 5000HP 6000/7200V    300HP - 7500HP 11 - 15KV    800HP - 15000HP (See 11 - 15kv manual)
<b>Unit Overload Capacity (Percent of motor FLA)</b>	125% - Continuous 500% - 60 seconds 600% - 30 seconds 1 Cycle: up to 14x FLA (internally protected by the programmable short circuit)
<b>Frequency</b>	50 or 60Hz, $\pm 2$ Hz hardware selectable
<b>Power Circuit</b>	6 SCRs, 12 SCRs, 18 SCRs (model dependent)
<b>SCR Peak Inverse Voltage Ratings</b>	6500V - 21000V (model dependent see Table 1 on page 4)
<b>Phase Insensitivity</b>	User selectable phase sequence detection
<b>Transient Voltage Protection</b>	RC snubber dv/dt networks (one per SCR power module)
<b>Cooling</b>	Convection fan for NEMA1 or NEMA12 units >400Amps
<b>Bypass Contactor</b>	Line rated vacuum contactor included as standard in all enclosed units
<b>Ambient Condition Design</b>	Chassis units: 0° to 50 °C (32° to 122°F) Enclosed units: 0° to 40°C (32° to 104°F) (optional - 20° to 50° C with heaters) 5 - 95% relative humidity 0 - 3300 ft. (1000m) above sea level without derating
<b>Control</b>	2 or 3 wire 120VAC (customer supplied) CPTs are included on standard units (optional on soft start only models)
<b>Auxiliary Contacts</b>	Multiple: Form C (contacts), rated 4 Amps, 240VAC max. 8 Relays (4 programmable): Form C contacts Fault Indicator: Form C contact
<b>BIL Rating</b>	2300V - 7200V    60KV 11000 - 15000V    110KV (see 11 - 15kv manual)
<b>Approvals</b>	UL Listed, Canadian UL (cUL) Listed thru 4160V (higher ratings pending)

## Lampiran 5 Spesifikasi *softstarter* (2)

Metering Functions	
Motor Load	Percent of FLA
Current Data	A, B, C Phase Current, Avg Current, Ground Fault (Option)
Thermal Data	Remaining thermal register; thermal capacity to start
Start Data	Avg Start Time, Avg Start Current, Measured Capacity to start, time since last start
RTD Data (Option)	Temperature readings from up to 12 RTDs (6 stator RTDs)
Voltage Metering	kW, kVAR, PF, kWH
Serial Communications	
Protocol	Modbus RTU
Signal	RS-485, RS-422 or RS232
Network	Up to 247 devices per mode
Functionality	Full operation, status view, and programming via communications port
Operator Interface	
LCD Readout	Alpha numeric LCD display
Keypad	8 function keys with tactile feedback
Status Indicators	12 LEDs include Power, Run, Alarm, Trip, Aux Relays
Remote Mount Capability	Up to 1000 circuit-feet from chassis (use twisted, shielded wire & power source)
Clock and Memory	
Operating Memory	SRAM loaded from EEPROM at initialization
Factory Default Storage	Flash EPROM, field replaceable
Customer Settings and Status	Non-volatile EEPROM, no battery backup necessary
Real Time Clock	Lithium ion battery for clock memory only

### Lampiran 6 Spesifikasi *softstarter* (3)



## RIWAYAT PENULIS



Nama : Abraham MTC  
TTL : Sungai Pakning, 24  
Maret 1995  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Kristen  
Alamat Rumah : Jl. Teratai, R08,  
Komperta, Sungai  
Pakning, Riau  
Telp/HP : 081276697888  
E-mail : mtcsabraham@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2001 – 2007 : SDS YKPP Sungai Pakning
- 2007 – 2010 : SMPS YKPP Sungai Pakning
- 2010 – 2013 : SMA Advent Purwodadi
- 2013 – 2016 : Bidang Studi Teknik Elektro Power,  
Program D3 Teknik Elektro, UGM
- 2017 – 2019 : Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Departemen Teknik Elektro ITS

### PENGALAMAN KERJA

- Magang di PT Indonesia Power Banjarnegara (2015)
- Kerja Praktek di PT Peramina (Persero) RU II Sungai Pakning (2018)

### PENGALAMAN ORGANISASI

- Sie Minat dan Bakat OSIS SMA Advent Purwodadi (2010-2011)
- Sie Kerohanian Keluarga Mahasiswa Advent Yogyakarta (2013-2014)