



**PERBAIKAN FAKTOR DAYA DALAM JARINGAN 3 *PHASE*
MENGUNAKAN NEURAL NETWORK**

SKRIPSI

Oleh :

**Muhandis Al Farhany
NIM 141910201082**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PERBAIKAN FAKTOR DAYA DALAM JARINGAN 3 *PHASE*
MENGUNAKAN NEURAL NETWORK**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Elektro
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**Muhandis Al Farhany
NIM 141910201082**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas berkat rohmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan kasih sayang-Nya, akhirnya penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Karya ini merupakan sebuah langkah awal menuju kesuksesan yang yang besar. Pada akhirnya, penulis mempersembahkan karya ini kepada :

1. Nabi besar Muhammad Rasulullah SAW.
2. Keluarga besar Heri Musharoni ST.,MT. (Ayah), Lilik Nurlaili, S.Pd (Ibu), Barik Irfani Al Firdausi (Adik), Rifqi Amri Al Masyudi (Adik) dan saudara-saudara lainnya.
3. Para guru SD Al Furqan, SMP Negeri 2 Jember dan SMA Negeri 2 Jember serta para dosen perhuruan tinggi Universitas Jember.
4. Teman teman seperjuangan dalam pekerjaan di SMK Walisongo Rambipuji
5. Teman Teman seperjuangan pondok pesantren dan santri
6. Almamater kampus tercinta Universitas Jember
7. Dan seluruh teman-teman penulis yang saya kenal dan teman-teman yang membaca skripsi ini.

MOTTO

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti kami akan menambahkan (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku) maka sesungguhnya azabku sangat pedih”

(terjemahan QS. Ibrahim ayat 7)

“Wani Perih”

(Teknik Elektro 2014, Universitas Jember)

“Jika Doa Kita Terkabul Semua Maka Kita Tidak Akan Pernah Tahu Indahnya Berjuang”

(Muhandis)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhandis Al Farhany

NIM : 141910201042

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perbaikan Faktor Daya Dalam Jaringan 3 Phase Menggunakan Neural Network” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Juli 2018

Yang menyatakan

Muhandis Al Farhany

NIM.141910201082

SKRIPSI

**PERBAIKAN FAKTOR DAYA DALAM JARINGAN 3 PHASE
MENGUNAKAN NEURAL NETWORK**

Oleh

Muhandis Al Farhany
NIM 141910201042

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : RB. Moch. Gozali, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ” Perbaikan Faktor Daya Dalam Jaringan 3 Phase Menggunakan Neural Network” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari, tanggal : Minggu, 30 Juli 2018

Tempat : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Tim penguji,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

RB. Moch. Gozali, ST., MT.
NIP 196906081999031002

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 197008261997021001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.
NIP 197104022003121001

Samsul Bachri M., S.T., M.MT.
NIP 196403171998021001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

**PERBAIKAN FAKTOR DAYA DALAM JARINGAN 3 PHASE
MENGUNAKAN NEURAL NETWORK**

Muhandis Al Farhany

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Pabrik Beras PT. Dua Anak Kalisat Jember merupakan pabrik beras yang memiliki banyak beban dengan berbagai variasi beban. Banyaknya beban dan variasi beban induktif maupun kapasitif dalam jaringan tenaga listrik mengakibatkan kerugian daya. Kerugian daya ini di sebabkan oleh beberapa macam indikator salah satunya yaitu faktor daya atau $\cos \Phi$. Kerugian $\cos \phi$ dibagi menjadi 2 kondisi yaitu *lagging* dan *leading*. Kondisi *lagging* adalah kondisi dimana fase tegangan mendahului fase arus sebesar sudut ϕ . Sedangkan kondisi *leading* adalah kondisi dimana fase arus mendahului fase tegangan. Maka dari itu dibutuhkanlah kapasitor dan induktor untuk menyetabilkan faktor daya. Perbaikan faktor daya juga tidak jauh dari sebuah alat yang disebut kapasitor bank atau kumpulan *steps* kapasitor yang berfungsi untuk menaikkan daya reaktif dan induktor bank atau *steps* induktor yang berfungsi untuk mengurangi daya reaktif. Kemudian dengan dibantu dengan *artificial neural network* ini maka akan di dapatkan hasil optimal dalam perbaikan faktor daya seperti sisi kecepatan dalam memperbaiki *cosphi*. Semakin cepat waktu dalam memperbaiki faktor daya maka semakin kecil rugi-rugi daya yang diterima oleh intansi/pabrik. Terlihat dari hasil pengujiannya saat *setpoint cosphi* diatur hingga 0.95 kemudian *cosphi* awal diatur dari 0,1 hingga 0,9 maka didapatkan hasil dari pembacaan grafik bahwa untuk melakukan perbaikan daya dilakukan secara otomatis dengan waktu memperbaiki kurang dari 1 *second*. Dengan ini maka rugi rugi daya yang dialami saat membutuhkan daya reaktif atau saat mengurangi daya reaktif tidak begitu besar.

Kata Kunci: Perbaikan Faktor Daya, Kapasitor Bank, Induktor, *Lagging*, *Leading*, *Artificial Neural Network*

**IMPROVEMENT OF POWER FACTOR IN 3 PHASE USING
NEURAL NETWORK**

Muhandis Al Farhany

Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Jember University

ABSTRACT

Rice Factory PT. Dua Anak Jember is a rice factory that has many loads with various variations of load. The amount of load and variation of both inductive and capacitive loads in the power grid results in power losses. This power loss is caused by several kinds of indicators one of them is power factor or $\cos \Phi$. Cosp ϕ i losses are divided into 2 conditions: lagging and leading. The lagging condition is a condition where the phase voltage precedes the current phase by the angle ϕ . While the leading condition is a condition where the phase current precedes the phase voltage. Therefore the capacitors and inductors are required to stabilize the power factor. Power factor correction motion is also not far from a device called a capacitor bank or set of steps capacitor that serves to raise the reactive power and inductor bank or steps inductor that serves to reduce reactive power. Then with the help of artificial neural network this will be in get optimal results in power factor improvements such as speed side in improving cosp ϕ i. The faster the time to improve the power factor the smaller the power losses received by the intansi / factory. Seen from the test results when setpoint cosp ϕ i is set to 0.95 then the initial cosp ϕ i is set from 0.1 to 0.9 then the results obtained from the graph reading that to make power repairs is done automatically with time fixing less than 1 second. With this the loss of power experienced when requiring reactive power or when reducing reactive power is not so great.

Keywords : *Power Factor Correction, Capacitor Bank, Inductor, Lagging, Leading, Artificial Neural Network*

RINGKASAN

Perbaikan Faktor Daya Dalam Jaringan 3 Phase Menggunakan Neural Network; Muhandis Al Farhany, 141910201082; 2018; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Sistem Kelistrikan Pabrik Beras PT. Dua Anak Kalisat Jember dalam proses penggilingan dan melakukan pengeringan beras memiliki dua cara dalam mendapatkan suplai energinya. Suplai utama dalam pemenuhan energi menggunakan energi listrik PLN dan didukung dengan menggunakan genset yang dapat digunakan sewaktu listrik PLN padam. Daya utama yang disediakan oleh PLN dalam proses penggilingan dan pengeringan beras yaitu sebesar 197 KVA yang mana terdapat transformator 3 phase 400 KVA 20KV/400 V. Kemudian dengan transformator tersebut daya yang digunakan sebesar 197 KVA dengan daya sebenarnya atau true power yang digunakan dalam proses produksi beras sebesar 157,6 KW. Selanjutnya untuk tegangan yang digunakan seperti diketahui jika jaringan 3 phase memiliki tegangan sebesar 380 V dengan arus sebesar 300 A. Kemudian untuk $\cos \phi$ (Power Factor) yang sudah di standartkan oleh PLN, pabrik itu hanya dibatasi maksimal $\cos \phi$ 0,8.

Dalam perbaikan *Power Factor* baik dalam keadaan *lagging* maupun *leading* membutuhkan kapasitor dan induktor untuk mengendalikan daya reaktif. Untuk kondisi *lagging* maka diperlukan kapasitor untuk menambah daya reaktif karena beban induktif menyerap daya reaktif. Untuk kondisi *leading* maka diperlukan induktor untuk menambah daya reaktif karena beban kapasitif melepaskan daya reaktif . dengan digunakannya kombinasi antara induktor dan kapasitor maka untuk mencapai faktor daya yang diinginkan lebih akurat.

Neural Network (NN) adalah jaringan dari sekelompok unit pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan syaraf manusia. NN ini merupakan sistem adaptif yang dapat merubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi eksternal maupun internal yang mengalir melalui jaringan tersebut. Secara sederhana NN adalah sebuah alat pemodelan data statistik non-linear. NN dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara *input* dan *output* untuk menemukan pola-pola pada data. Tujuan menggunakan NN untuk mendapatkan hasil optimal dalam perbaikan faktor daya secara automasi dan mepercepat waktu perbaikan faktor daya.

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa Perbaikan faktor daya dapat sangat optimal apabila mengkombinasikan fungsi kapasitor dengan fungsi induktor. Fungsi kapasitor sebagai penambah daya reaktif dan fungsi induktor sebagai pengurangan daya reaktif dapat membuat hasil lebih presisi. Terbukti pada saat melakukan simulasi untuk *cosphi* yang bersifat leading untuk menaikkan ke setpoint *cosphi* diperlukan kapasitor dan setelah diaktifkan timbul kelebihan daya reaktif sehingga perlu induktor sebagai pengurangan daya reaktif. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dalam perbaikan faktor daya maka perlu diperhatikan besarnya kebutuhan kapasitor atau induktor serta dibutuhkan waktu yang cepat dalam mengaktifkannya. Hal ini dikarenakan semakin cepat dalam mengaktifkan 2 komponen tersebut maka semakin kecil juga lama kerugian yang dialami pabrik akibat kurangnya faktor daya.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim,

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan ridhon-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbaikan Faktor Daya Dalam Jaringan 3 Phase Menggunakan Neural Network”. Selama penyusunan penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak RB. Moch. Gozali, ST., MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak RB. Moch. Gozali, ST., MT. dan Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dengan sepenuh hati untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., dan Bapak Samsul Bachri M., S.T., M.MT. selaku dosen penguji yang sudah memberikan banyak saran agar tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Kedua Orang tua Ayahanda Heri Musharoni dan Ibunda Lilik Nurlaili, yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis selama ini;
6. Saudara kandungku adik laki-laki Barik Irfani Al Firdausi dan Rifqi Amri Al Masyhudi yang senantiasa menjadi motivasi dan inspirasi;

7. KETEK UJ (Keluarga Teknik Elektro Universitas Jember) angkatan 2014 yang selalu mendampingi dan memberi semangat kapan dan dimanapun aku berada;
8. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu Teknik Elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 30 Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
SKRIPSI	v
PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1.PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2.Tinjauan Pustaka	4
2.1 Jaringan Listrik	4
2.2 Daya Listrik	5
2.3 Segitiga Daya	5
2.4 Hubungan Fasa.....	6
2.5 Bank kapasitor (Capacitor shunt).....	7
2.6 Perbaikan Faktor Daya.....	9
2.7 Neural Network (NN)	10
2.7.1 Arsitektur Neural Network	12
2.7.2 Fungsi Transfer	13
2.7.3 Aplikasi Neural Network	14
2.7.4 Backpropagasi Neural Network.....	15

BAB 3. Metodologi Penelitian	17
3.1 Prosedure Penelitian.....	17
3.2 Diagram Alir Penelitian	19
3.3 Diagram Alir Peramalan Beban	21
3.4 Peramalan Beban Menggunakan Software Matlab.....	22
3.5 Arsitektur <i>Training</i> dan <i>Testing Backpropagation Neural Network</i>	23
3.5.1 <i>Preprocessing</i>	23
3.5.2 Model Jaringan Syaraf Tiruan	23
3.5.3 <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	24
3.6 Perhitungan Arus dan Daya	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Sistem Kelistrikan Pabrik Beras PT. Dua Anak Kalisat Jember	26
4.2 Perbaikan Power Factor Sistem Tenaga Listrik.....	29
4.3 Hasil dan Analisa Data Pelatihan Perbaikan Power Factor pada Neural Network.....	34
4.4 Hasil dan Analisa Data Pengujian Perbaikan Power Factor pada Neural Network	37
BAB 5. PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54

DAFTAR GAMBAR

2.1 Karakteristik beban kapasitif dan karakteristik beban induktif.....5

2.2 Arus dan tegangan sefasa8

2.3 Arus dan tegangan *Lagging*.....9

2.4 Arus dan tegangan *Leading*..... 12

2.5 Bank kapasitor terhubung dengan lilitan tersier transformator 17

2.6 Bank kapasitor terhubung dengan bus tegangan tinggi..... 18

2.7 Perbaikan faktor daya..... 22

2.8 Bentuk dasar *neuron*..... 24

2.9 Arsitektur *single layer network* 25

2.10 Arsitektur *Multi layer network* 31

3.2 Diagram Alir Peramalan Beban 33

3.3 Diagram Alir Perhitungan 37

4.1 Hasil Pengujian Dengan Data Pelatihan..... 35

4.2 Neural Network Training 36

4.3 Rangkaian Steps Induktor 37

4.4 Rangkaian Induktor 37

4.5 Block Paramater QL..... 38

4.6 Rangkaian Steps Kapasitor..... 39

4.7 Rangkaian Kapasitor 39

4.8 Block Paramater QC..... 40

4.9 Rangkaian Pembaca Faktor Daya atau Pendeteksi Fasa 41

4.10 Rangkaian *Input Output* Dengan Kontrol *Artificial Neural Network* 41

4.11 *Block Parameter Saturation*..... 42

4.12 *Block Parameter Cosphi Generator Range cosphi 0.1 sampai 0.3*..... 43

4.13 Grafik Hubungan *Time, Cosphi Dan Relay Number* pada *Cosphi 0.1*..... 44

4.14 Grafik Hubungan *Time, Cosphi Dan Relay Number* pada *Cosphi 0.2*.....45

4.15 Grafik Hubungan *Time, Cosphi Dan Relay Number* pada *Cosphi 0.3*.....45

4.16 *Block Parameter Cosphi Generator Range cosphi 0.4 sampai 0.6*..... 46

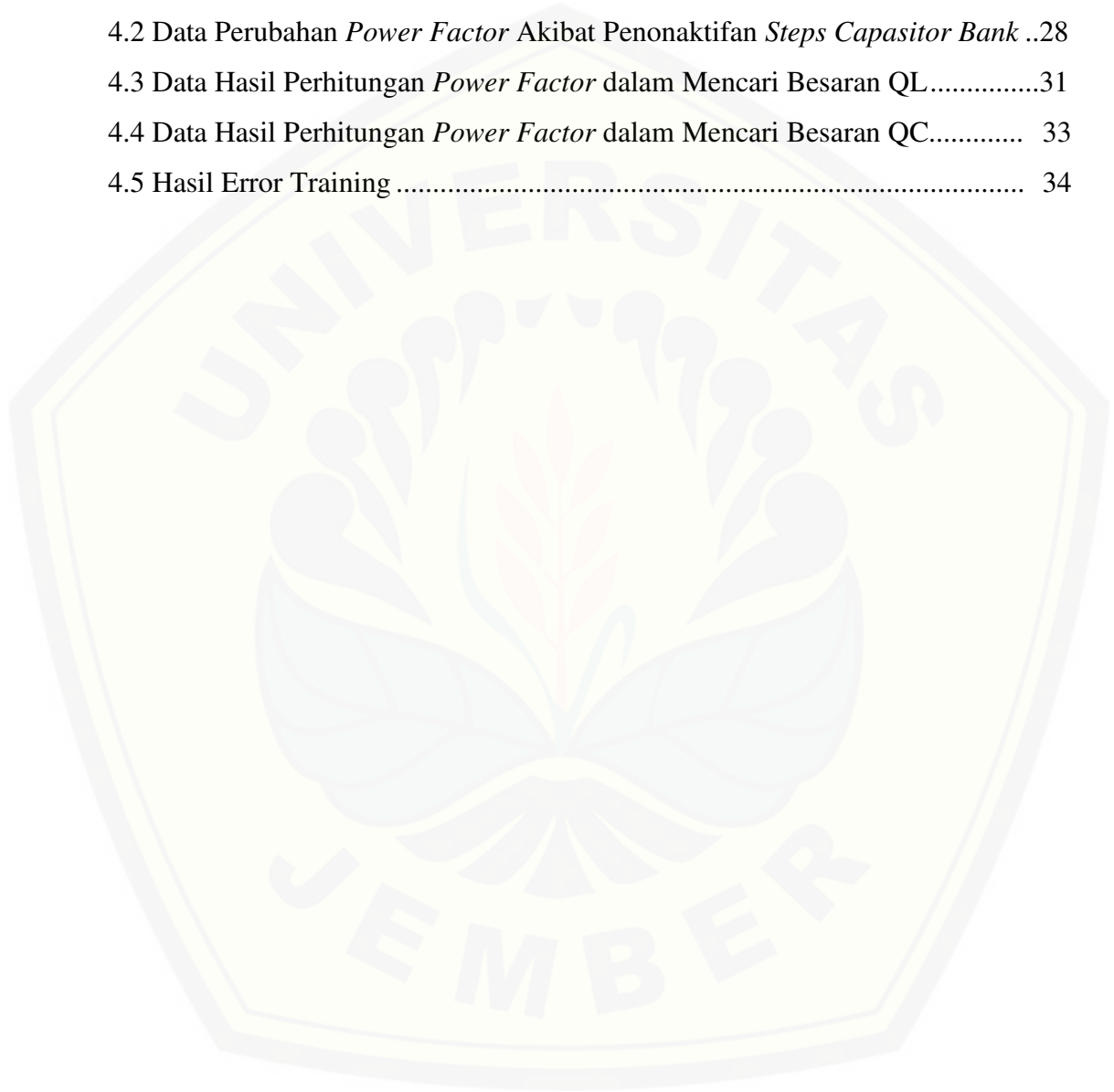
4.17 Grafik Hubungan *Time, Cosphi Dan Relay Number* pada *Cosphi 0.4*..... 47

4.18 Grafik Hubungan <i>Time</i> , <i>Cosphi</i> Dan <i>Relay Number</i> pada <i>Cosphi</i> 0.5.....	48
4.19 Grafik Hubungan <i>Time</i> , <i>Cosphi</i> Dan <i>Relay Number</i> pada <i>Cosphi</i> 0.6.....	48
4.20 <i>Block Parameter Cosphi Generator Range cosphi</i> 0.7 sampai 0.9.....	49
4.21 Grafik Hubungan <i>Time</i> , <i>Cosphi</i> Dan <i>Relay Number</i> pada <i>Cosphi</i> 0.7.....	50
4.22 Grafik Hubungan <i>Time</i> , <i>Cosphi</i> Dan <i>Relay Number</i> pada <i>Cosphi</i> 0.8.....	51
4.23 Grafik Hubungan <i>Time</i> , <i>Cosphi</i> Dan <i>Relay Number</i> pada <i>Cosphi</i> 0.9.....	51



DAFTAR TABEL

4.1. Data <i>Power Plant</i> Pabrik PT. Dua Anak Kalisat Jember.....	27
4.2 Data Perubahan <i>Power Factor</i> Akibat Penonaktifan <i>Steps Capacitor Bank</i> ..	28
4.3 Data Hasil Perhitungan <i>Power Factor</i> dalam Mencari Besaran QL.....	31
4.4 Data Hasil Perhitungan <i>Power Factor</i> dalam Mencari Besaran QC.....	33
4.5 Hasil Error Training	34









BAB 1. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Sejauh ini permintaan akan beban semakin lama semakin meningkat. Peningkatan ini tidak lepas dari kebutuhan kebutuhan yang semakin banyak, khususnya pada bidang industri. Apalagi dengan tuntutan untuk mendapatkan hasil produksi yang banyak maka industripun akan menambah komponen komponen produksi. Dalam perindustrian tidak akan lepas dari beberapa komponen komponen seperti motor dan beban lainnya. Beban beban ini membutuhkan energi listrik yang besar. Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C). Besarnya pemakaian energi listrik itu disebabkan karena banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. Di mana beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada rectifier, motor induksi (AC) dan lampu TL, sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif. (elektroindonesia,200)

Banyaknya beban dan variasi beban induktif dalam jaringan tenaga listrik mengakibatkan kerugian daya. Kerugian daya ini di sebabkan oleh beberapa macam indikator salah satunya yaitu faktor daya atau $\cos \Phi$. Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya *unity*, faktor daya terbelakang (*lagging*) dan faktor daya terdahulu (*leading*). Faktor daya *unity* adalah keadaan dimana arus sephasa dengan tegangan. Untuk faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah kondisi dimana beban rangkaian bersifat induktif sehingga fase arus akan tertinggal dari tegangan sedangkan faktor daya terdahulu (*leading*) adalah kondisi dimana beban rangkaian bersifat kapasitif sehingga fase arus akan mendahului dari tegangan. Banyaknya beban dan variasi beban induktif mengakibatkan daya reaktif yang tinggi sehingga faktor daya akan rendah dan arus yang mengalir pada sistem jaringan listrik akan menjadi tinggi sehingga muncullah kerugian daya.

Oleh karena itu faktor daya perlu diperbaiki. Selain untuk mengurangi kerugian daya, perbaikan ini digunakan untuk mengurangi biaya pengopasian listrik, meningkatkan kapasitas sistem dan mengurangi tegangan jatuh. Cara memperbaiki atau mengurangi rugi daya yang disebabkan oleh faktor daya yang rendah yaitu dengan menggunakan kapasitor bank. Pemasangan kapasitor dapat menghemat daya reaktif. Pemasangan kapasitor ini dilakukan pada beban yang bersifat induktif atau ketika fasa keadaan *lagging*. Untuk beban yang bersifat kapasitif atau ketika fasa keadaan *leading* perlu diberi induktor untuk mengkondisikan tegangan dan arus kembali dalam keadaan sefasa atau *unity*

Dalam pemasangan kapasitor bank secara konvensional yang terjadi sekarang ini adalah apabila faktor daya mengalami penurunan baik *leading* maupun *lagging* untuk mengembalikan kembali faktor daya ke keadaan resitif maka kapasitor tadi dipasang satu persatu sesuai dengan kebutuhan untuk mengembalikan faktor daya ke posisi normal. Akan tetapi hal ini akan mengakibatkan proses dari sistem pengembalian kondisi $\cos \phi$ ke kondisi normal menjadi lambat sehingga memakan waktu yang lama dan juga mengurangi efisiensi kerja.

Oleh sebab itu, dalam tugas akhir ini dibuatlah sebuah simulasi perbaikan faktor daya dalam jaringan 3 *phase* menggunakan *Neural Network* dengan program matlab yang bertujuan untuk menganalisis faktor daya dalam keadaan *leading* maupun dalam keadaan *lagging* dengan menggunakan program Matlab2009a dengan sistem kontrol kecerdasan *Neural Network*. Dengan harapan dapat mengatasi faktor daya untuk mengurangi kerugian daya dan mempercepat proses dari sistem pengembalian kondisi $\cos \phi$ ke kondisi normal dengan bantuan sistem kontrol kecerdasan *Neural Network*.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang rangkaian simulasi pendeteksi *phase* / fasa
2. Bagaimana merancang kontrol dalam simulasi pendeteksi fasa dengan kecerdasan *Neural Network Backpropagation*

3. Bagaimana mengatasi Faktor daya yang kurang akibat *leading* ataupun *lagging*

3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi peramalan beban dilakukan dengan menggunakan *software Matlab*
2. Tidak membahas sistem proteksi dan harmonisa pada kapasitor
3. Beban yang digunakan seimbang
4. Penelitian hanya membahas pengaruh kapasitor terhadap profil tegangan, $\cos \phi$ dan aliran daya pada sistem yang digunakan pada PT. Dua Anak Kalisat

4. Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis faktor daya dalam keadaan *leading* dan *lagging*.
2. Mengatasi faktor daya yang mengalami *leading* dan *lagging* untuk mengurangi kerugian daya.
3. Mempercepat proses dari sistem pengembalian kondisi $\cos \phi$ ke kondisi normal dengan bantuan sistem kontrol kecerdasan *Neural Network*.

5. Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Dapat digunakan sebagai referensi untuk mengerjakan penelitian tentang implementasi alat pendeteksi *phase / fasa*
2. Mampu menerapkan ilmu pengetahuan yang didapat selama perkuliahan

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan materi pengumpulan pendapat atau teori yang telah ada yang berkaitan dengan masalah yang dibahas, membandingkan dan memilih teori yang paling relevan untuk memecahkan masalah, membahas atau menilai kelemahan dan keunggulan teori-teori dan menentukan teori-teori sebagai dasar analisis selanjutnya dan dapat dijelaskan di bawah ini antara lain.

2.1 Jaringan Listrik

Sistem penyaluran energi listrik terbagi dalam beberapa bagian yang disebut dengan Sistem Tenaga Listrik (STL), sistem tenaga listrik adalah rangkaian instalasi penyaluran listrik yang terbagi menjadi 4 bagian. Pembangkitan adalah proses dimana listrik dibangkitkan, listrik adalah suatu energi dimana energi hanya bisa dirubah, maka energi listrik berasal dari perubahan energi, bisa dari energi apapun contohnya diantara lain adalah PLTA (Pusat Listrik Tenaga Air) dari energi air, PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap) dari uap panas, PLTD (Pusat Listrik Tenaga Diesel) yang memakai bahan bakar minyak, dan masih banyak lagi (Ramdan Febriana, 2016).

Transmisi adalah proses penyaluran listrik dari pembangkitan, tegangan dari pembangkitan di naikkan menjadi tegangan standar transmisi di Indonesia yaitu ada 70 kV, 150 kV yang diklasifikasikan sebagai Tegangan Tinggi (TT) dan 500 kV, yang diklasifikasikan sebagai Tegangan Ekstra Tinggi (TET). Tujuan tegangan dinaikkan agar mengurangi rugi-rugi daya akibat panjangnya saluran, makin tinggi tegangannya maka makin berkurang rugi daya yang terjadi. Tegangan yang akan diturunkan pada Distribusi biasanya tegangan 150 kV dan 70 kV, sedangkan 500 kV dipakai untuk penyaluran.

Distribusi adalah proses penyaluran dari transmisi hingga ke konsumen, Distribusi terbagi menjadi distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer adalah penyaluran listrik dari transmisi yang telah diturunkan tegangannya oleh trafo step-down menjadi 20 kV yang diklasifikasikan sebagai tegangan menengah (TM), dan disalurkan melalui penyulang-penyulang (feeder).

Konsumen adalah pemakai jasa tenaga listrik, konsumen terbagi menjadi beberapa bagian tergantung tegangan yang dipakai oleh konsumen tersebut. Konsumen biasa (untuk rumah tinggal atau kantor) biasanya memakai tegangan rendah yang disebut Konsumen TR dengan tegangan pakai 380/220 Volt, konsumen TR ini menerima suplai listrik dari Saluran Distribusi Sekunder (Ramdan Febriana, 2016).

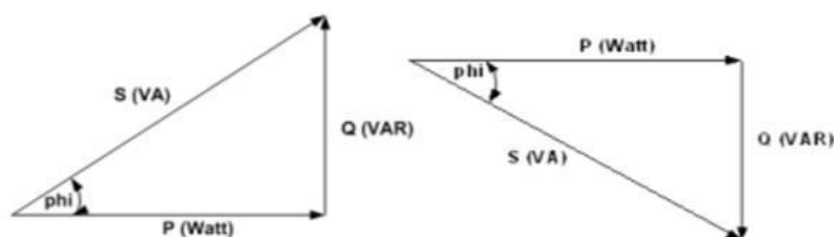
2.2 Daya Listrik

Daya ialah banyaknya perubahan energi terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus. Daya listrik dapat dibagi menjadi 3 yaitu daya nyata (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Daya nyata P merupakan daya sebenarnya yang dibutuhkan oleh beban-beban/peralatan rumah tangga. Satuan daya nyata adalah watt (W).

- Daya reaktif Q adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada bebanbeban induktif. Satuan dari daya reaktif adalah volt ampere reaktif (VAR)
- Daya semu merupakan resultan antara daya nyata dan daya reaktif. Satuan dari daya semu adalah volt ampere (VA).
- Faktor daya ($\cos \phi$) merupakan suatu konstanta pengali dengan nilai 0 sampai 1, yang menunjukkan seberapa besar daya nyata yang diserap oleh beban resistif dari daya semu yang ada pada suatu beban total.

2.3 Segitiga Daya

Daya semu (S) merupakan resultan dari dua komponen, yaitu daya nyata (P) dan komponen daya reaktif (Q). Hubungan ini disebut dengan segitiga daya dan dalam bentuk vektor dapat digambarkan



Gambar 2.1. (a) karakteristik beban kapasitif. (b) karakteristik beban induktif.

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa untuk menentukan daya semu (S), daya nyata (P) dan komponen daya reaktif (Q) menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \cos \varphi \quad (1)$$

$$Q = \sqrt{P^2 + S^2} \quad (2)$$

$$S = V \cdot I \quad (3)$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (4)$$

dimana :

P : Daya Nyata (Watt)

Q : Daya Reaktif (VAR)

S : Daya Semu (VA)

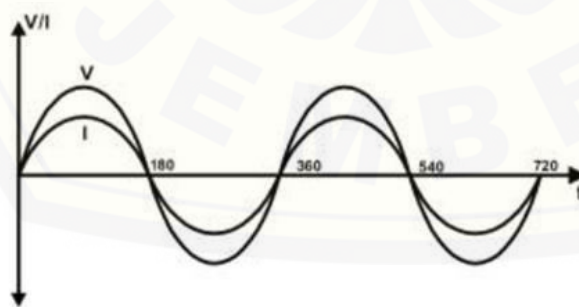
Cos φ : Faktor Daya

V :Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

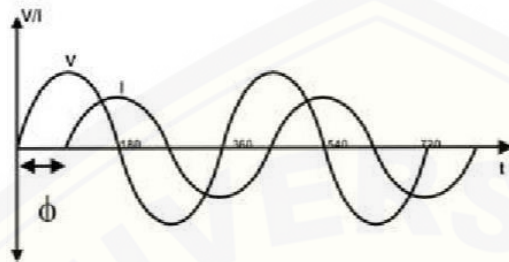
2.4 Hubungan Fasa

Ada tiga kemungkinan hubungan fasa antara arus dan tegangan dalam satuan rangkaian, yaitu arus dan tegangan sefasa seperti pada gambar 5. Faktor daya sefasa atau *unity* adalah keadaan saat nilai cos φ adalah satu dan tegangan sefasa dengan arus. Faktor daya *Unity* akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni



Gambar 2.2 Arus dan tegangan sefasa

Kemudian untuk faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi berikut yaitu beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif dan keadaan dimana fase tegangan mendahului fase arus sebesar sudut ϕ . Keadaan gelombang sinusoidal ketika terjadi *lagging* seperti gambar 6.



Gambar 2.3 Arus dan tegangan *Lagging*

Kemudian untuk faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi berikut yaitu beban/ peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif dan keadaan dimana fase arus mendahului fase tegangan sebesar sudut ϕ . Keadaan gelombang sinusoidal ketika terjadi *lagging* seperti gambar 7.



Gambar 2.4 Arus dan tegangan *Leading*

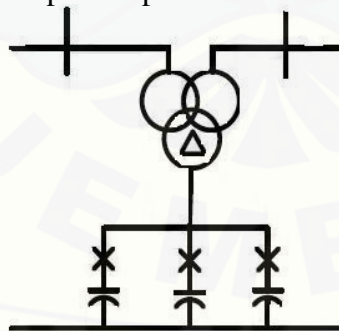
2.5 Bank kapasitor (*Capacitor shunt*)

Bank kapasitor digunakan secara luas pada sistem distribusi untuk perbaikan faktor daya dan pengaturan tegangan feeder. Pada saluran transmisi, kapasitor bank berguna untuk mengkompensasi rugi-rugidan memastikan tegangan terjaga pada levelnya pada saat beban penuh.

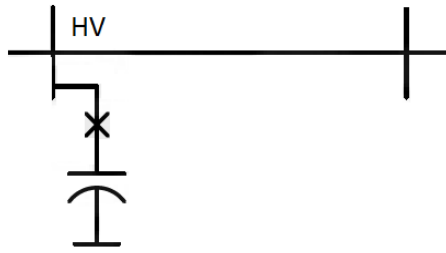
Beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif, yang kemudian akan dapat menimbulkan jatuh tegangan di sisi penerima. Dengan melakukan pemasangan bank kapasitor, beban akan mendapatkan suplai daya reaktif. Kompensasi yang dilakukan oleh bank kapasitor, akan dapat mengurangi penyerapan daya reaktif sistem oleh beban. Dengan demikian jatuh tegangan yang terjadi dapat dikurangi.

Pengaturan tegangan dengan menggunakan bank kapasitor, selain dapat memperbaiki nilai tegangan juga dapat meningkatkan nilai faktor daya. Sebab dengan memasang bank kapasitor, akan dapat mengurangi penyerapan daya reaktif oleh beban. Dengan berkurangnya nilai daya reaktif yang diserap oleh beban, akan dapat meningkatkan nilai faktor daya.

Kapasitor bank dengan switch mekanik (MSCs) dipasang di gardu utama pada area beban. Proses *switching* sering dilakukan secara manual dengan *relay* tegangan untuk melindungi *switch* ketika tegangan melebihi batasnya. Untuk stabilitas tegangan, kapasitor bank berguna untuk mendorong generator terdekat beroperasi dengan faktor daya mendekati satu. Jika dibandingkan dengan SVC, kapasitor bank memiliki keuntungan yaitu biayanya yang murah. Bank kapasitor dengan ukuran yang tepat dapat dihubungkan langsung dengan bus tegangan tinggi atau dengan bagian lilitan tersier transformator. Gambar berikut adalah pemasangan bank kapasitor pada sistem:



Gambar 2.5 Bank kapasitor terhubung dengan lilitan tersier transformator

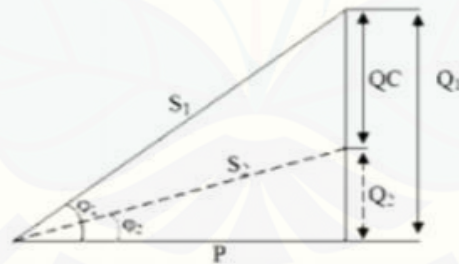


Gambar 2.6 Bank kapasitor terhubung dengan bus tegangan tinggi

Dengan pemasangan bank kapasitor, nilai arus induktif yang mengalir ke beban akan berkurang. Sebab beban mendapatkan suplai daya reaktif dari komponen bank kapasitor.

2.6 Perbaikan Faktor Daya

Sebuah kapasitor daya atau yang dikenal dengan kapasitor bank harus mempunyai daya Q_c yang sama dengan daya reaktif dari sistem yang akan diperbaiki faktornya. Jika keadaan ini dipenuhi, kapasitor bank akan memperbaiki faktor daya menjadi bernilai maksimum ($\cos \phi = 1$). Besarnya daya reaktif yang diperlukan untuk mengubah faktor daya dari $\cos \phi_1$ menjadi $\cos \phi_2$ dapat diketahui dan digambarkan sebagai berikut



Gambar 2.7 Perbaikan faktor daya

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa untuk mengetahui Daya Q_c atau daya reaktif kapasitif dapat menggunakan persamaan :

$$Q_c = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (6)$$

dimana :

Q_c : Jumlah daya reaktif yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya (VAR)

P : Daya Nyata (W)

$\tan \phi_1$: Sudut pada Daya Reaktif Awal

$\tan \phi_2$: Sudut pada Hasil Daya Reaktif Kapasitif

kemudian untuk mengetahui besar dari kapasitor perphasa yang digunakan untuk memperbaiki faktor daya menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta C = \frac{Q_c}{3V^2 2\pi f} \quad (7)$$

dimana :

ΔC : Besar nilai kapasitor perphasa

Q_c : Jumlah daya rektif yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya

(VAR)

V^2 : Tegangan apabila menggunakan 1 fasa (Volt)

$3 V^2$: Tegangan apabila menggunakan 3 fasa (Volt)

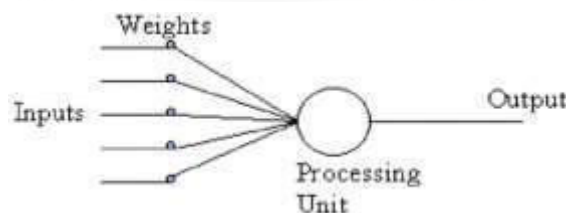
f : Frekuensi

2.7 *Neural Network* (NN)

Secara umum *Neural Network* (NN) adalah jaringan dari sekelompok unit pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan syaraf manusia. NN ini merupakan sistem adaptif yang dapat merubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi eksternal maupun internal yang mengalir melalui jaringan tersebut. Secara sederhana NN adalah sebuah alat pemodelan data statistik non-linear. NN dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara *input* dan *output* untuk menemukan pola-pola pada data.

Secara mendasar, sistem pembelajaran merupakan proses penambahan pengetahuan pada NN yang sifatnya kontinuitas sehingga pada saat digunakan pengetahuan tersebut akan dieksploitasikan secara maksimal dalam mengenali suatu objek. *Neuron* adalah bagian dasar dari pemrosesan suatu *Neural Network* (Noviana, 2008).

Dibawah ini merupakan bentuk dasar dari suatu *neuron*.



Gambar 2.8 Bentuk dasar *neuron* (Noviana, 2008)

Keterangan Gambar 6.4 di atas adalah sebagai berikut:

1. *Input*= merupakan masukan yang digunakan baik saat pembelajaran maupun dalam mengenali suatu objek.
2. *Weight* = beban yang selalu berubah setiap kali diberikan *input* sebagai proses pembelajaran.
3. *Processing Unit*= merupakan tempat berlangsungnya proses pengenalan suatu objek berdasarkan pembebanan yang diberikan.
4. *Output* = keluaran dari hasil pengenalan suatu objek.

Metode *neural network* merupakan salah satu metode yang terbaik dalam peramalan beban. Dibandingkan dengan metode yang lain, *neural network* memiliki nilai eror peramalan yang lebih kecil. Seperti pada penelitian Peramalan Beban Puncak Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Jaringan Syaraf tiruan (Triwulan, 2013). Pada penelitian tersebut membandingkan hasil peramalan beban menggunakan JST dan koefisien beban, hasilnya lebih baik menggunakan JST karena eror persen yang di hasilkan JST rata-rata sebesar 0,12 % dengan akurasi 99,88%. Sedangkan eror persen yang dihasilkan oleh metode koefisien beban sebesar 1,85% dengan akurasi sebesar 98,15 %. Pada penelitian lain yaitu Peramalan Beban Jangka Panjang Sistem Kelistrikan Kota Palu Menggunakan Metode Logika *Fuzzy* (Massarang, 2015), penelitian tersebut membandingkan hasil peramalan *fuzzy* dengan RUPTL PLN tahun 2015-2024. Hasil peramalan tersebut memiliki selisih yang cukup besar yaitu sebesar 9,8820% .

Beberapa keuntungan penggunaan *neural network* dalam suatu sistem adalah:

1. Perangkat mampu untuk mengenali suatu objek secara non-linier.
2. Mempermudah pemetaan *input* menjadi suatu hasil tanpa mengetahui proses sebenarnya.
3. Mampu melakukan pengadaptasian terhadap pengenalan suatu objek.
4. Perangkat yang memiliki toleransi terhadap suatu kesalahan dalam pengenalan suatu objek.
5. *Neural network* mampu diimplementasikan pada suatu *hardware* atau perangkat keras.

Suatu sistem *neural network* mempunyai beberapa parameter yang menentukan keberhasilan sistem, yaitu:

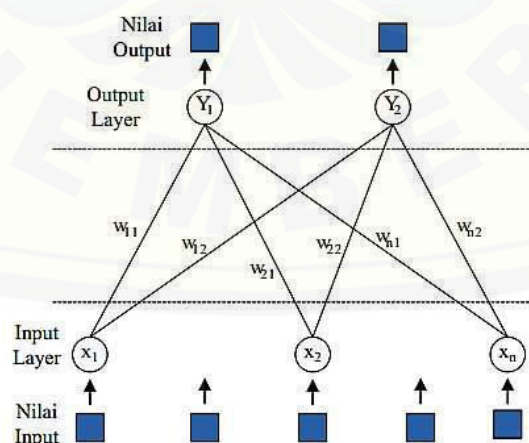
1. Pola hubungan antar *neuron* (disebut arsitektur jaringan).
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *training/learning/algorithm*) dan fungsi aktivasi.

2.7.1 Arsitektur Neural Network

Beberapa arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam neural network antara lain:

1. Jaringan Layar Tunggal (*single layer network*)

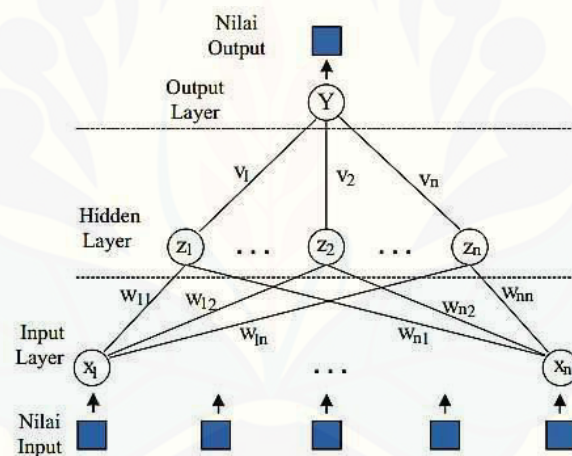
Jaringan dengan lapisan tunggal terdiri dari 1 *layer input* dan 1 *layer output*. Setiap *neuron* yang terdapat di dalam *layer input* selalu terhubung dengan setiap *neuron* yang terdapat pada *layer output*. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui *hidden layer*. Contoh algoritma JST yang menggunakan metode ini yaitu *adaline* dan *perceptron*. Pada Gambar 2.5 diperlihatkan arsitektur *single layer network* dengan n buah *input layer* (X_1, X_2, \dots, X_n) dan dua buah *output layer* (Y_1, Y_2) dengan bobot masing-masing yang menghubungkan antara *input layer* dengan *output layer* ($W_{11}, W_{12}, W_{21}, W_{22}, W_{n1}, W_{n2}$).



Gambar 2.9 Arsitektur *single layer network* (Siregar, 2013)

2. Jaringan Layer Jamak (*Multi Layer Network*)

Jaringan dengan lapisan jamak memiliki ciri khas tertentu yaitu memiliki 3 jenis *layer* yaitu *layer input*, *layer output*, dan *layer* tersembunyi. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks dibandingkan jaringan dengan lapisan tunggal. Namun, proses pelatihan sering membutuhkan waktu cenderung lama. Contoh algoritma *neural network* yang menggunakan metode ini yaitu *backpropagation*. Pada Gambar 2.10 diperlihatkan arsitektur *multi layer network* dengan n buah *input layer* (X_1, \dots, X_n), n buah *hidden layer* (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) dan sebuah *output layer* (Y) dengan bobot yang menghubungkan *input layer* dengan *hidden layer* ($W_{11}, W_{12}, W_{1n}, W_{n1}, W_{n2}, W_{nn}$) dan bobot yang menghubungkan *hidden layer* dengan *output layer* (V_1, V_2, \dots, V_n).



Gambar 2.10 *Multi layer network* (Siregar, 2013)

2.7.2 Fungsi Transfer

Karakter dari *neural network* tergantung atas bobot dan fungsi *input – output* (fungsi transfer) yang mempunyai ciri tertentu untuk setiap unit. Fungsi ini terdiri dari 3 kategori yaitu :

1. *Linear Units*, Aktifitas *output* adalah sebanding dengan jumlah bobot *output*.
2. *Threshold Units*, *Output* diatur satu dari dua tingkatan tergantung dari apakah jumlah *input* adalah lebih besar atau lebih kecil dari nilai ambang.

3. *Sigmoid Units, Output* terus menerus berubah-ubah tetapi tidak berbentuk linear. Unit ini mengandung kesamaan yang lebih besar dari sel syaraf sebenarnya dibandingkan dengan linear dan *threshold unit*, namun ketiganya harus dipertimbangkan dengan perkiraan kasar.

Untuk membuat *neural network* agar dapat melakukan beberapa kerja khusus, harus dipilih unit-unit yang akan dihubungkan antara satu dengan yang lain dan harus bisa mengatur bobot dari hubungan tersebut secara tepat. Hubungan tersebut akan menentukan apakah mungkin suatu unit mempengaruhi unit yang lain. Bobot menentukan kekuatan dari pengaruh tersebut (Nasution, 2009).

2.7.3 Aplikasi Neural Network

Saat ini *neural network* banyak dipakai dalam berbagai sistem. Beberapa aplikasi neural network adalah sebagai berikut:

1. Pengenalan Pola (*Pattern Recognition*)

Neural network dapat dipakai untuk mengenali pola (misal huruf, angka, suara atau tanda tangan) yang sudah sedikit berubah. Hal ini mirip dengan otak manusia yang masih mampu mengenali orang yang sudah beberapa waktu tidak dijumpainya (mungkin wajah atau bentuk tubuhnya yang sudah sedikit berubah).

2. *Signal Processing*

Neural network (model *Adaline*) dapat dipakai untuk menekan *noise* dalam saluran telpon.

3. Peramalan

Neural network juga dapat dipakai untuk meramalkan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan pola kejadian yang ada di masa yang lampau. Peramalan ini dapat dilakukan mengingat kemampuan *neural network* dapat membuat generalisasi dari apa yang sudah ada sebelumnya. *Neural network* juga dapat menyelesaikan masalah dalam bidang kontrol dan kedokteran. (Siregar, 2013).

2.7.4 Backpropagation Neural Network

Backpropagation merupakan salah satu dari beberapa metode yang digunakan dalam *neural network* dan yang paling sering digunakan dalam berbagai bidang aplikasi, seperti pengenalan pola, peramalan dan optimisasi. Hal ini dikarenakan metode ini menggunakan pembelajaran yang terbimbing. Pola masukan dan target diberikan sebagai pasangan data. Bobot-bobot awal dilatih dengan melalui tahap maju untuk mendapatkan *error* keluaran yang selanjutnya *error* ini digunakan dengan tahap mundur untuk memperoleh nilai bobot yang sesuai agar dapat memperkecil nilai *error* sehingga target keluaran yang dikehendaki tercapai.

Tujuan dari model ini adalah untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan mengenali pola yang digunakan selama proses pelatihan berlangsung serta kemampuan jaringan memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang berbeda dengan pola masukan selama pelatihan.

Algoritma *backpropagation* terdiri dari dua bagian antara lain sebagai berikut: (Oktaorora, 2011)

a. Algoritma Pelatihan *Backpropagation* (*Training Proccess*)

Di dalam proses pelatihan *backpropagation* terdapat tiga tahap. Tahap pertama ialah tahap maju (*feed-forward*). Pada tahap ini seluruh proses awal inisialisasi bobot-bobot *input* dilakukan. Pada tahap ini juga ditentukan angka pembelajaran (α), nilai toleransi *error* dan jumlah *epoch* (siklus setiap pola pelatihan) yang diperlukan selama proses komputasi berlangsung.

Setelah semua proses inisialisasi dilakukan, maka langkah selanjutnya ialah proses maju. Setiap unit masukan x_i akan mengirimkan sinyal masukan ke lapisan tersembunyi. Setelah dihitung dengan menggunakan fungsi aktivasi maka keluarannya akan dikirimkan ke lapisan di atasnya, yaitu lapisan *output*. Setelah nilai keluaran (y_k) diperoleh, maka dibandingkan dengan target keluaran sebenarnya (t_k). Selisih $y_k - t_k$ disebut dengan *error* (δ_k). Jika nilai *error* lebih kecil atau sama dengan dari nilai ambang maka proses iterasi dihentikan, tetapi jika tidak maka nilai *error* tersebut digunakan untuk memodifikasi bobot-bobot untuk mengoreksi kesalahan yang terjadi.

Tahap kedua adalah tahap mundur atau *backpropagation*. Pada tahap ini, nilai *error* (δ_k) yang diperoleh pada di lapisan *output* digunakan untuk mengoreksi bobot-bobot yang ada pada lapisan tersembunyi yang berhubungan langsung dengan lapisan *output*. Setelah itu nilai *error* (δ_j) di setiap unit pada lapisan tersembunyi juga dihitung untuk mengoreksi bobot-bobot yang menghubungkan lapisan *input* dengan lapisan tersembunyi.

Tahap ketiga adalah tahap pengoreksian bobot. Setelah seluruh bobot pada lapisan *input* dan lapisan tersembunyi dimodifikasi sesuai dengan besar faktor *error*nya, maka ketiga fase ini diulang secara terus menerus sampai kondisi berhenti dipenuhi. Kondisi berhenti yang dimaksud adalah jika jumlah *epoch* yang ditetapkan tercapai atau jika nilai *error* jaringan telah sama dengan atau lebih kecil dari nilai toleransi *error* yang ditetapkan sebelumnya. Pada tahap pelatihan, jaringan diharapkan dapat melatih seluruh data pelatihan yang diberikan untuk mendapatkan bobot akhir jaringan yang akan digunakan pada tahap pengujian.

b. Algoritma Pengujian *Backpropagation* (Testing Process)

Setelah proses pelatihan, *backpropagation* dapat digunakan untuk proses pengujian jaringan. Pada proses pengujian, tahap yang dilakukan hanya sampai tahap maju, tidak ada tahap mundur apalagi tahap modifikasi bobot.

Seluruh bobot *input* diambil dari nilai bobot terakhir yang diperoleh dari proses pelatihan. Pada tahap pengujian ini, jaringan diharapkan dapat mengenali pola berdasarkan data baru yang diberikan (*generalisasi*).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Dalam metodologi penelitian ini, dibuat langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan yaitu dengan mengambil materi dari beberapa buku, judul jurnal, *paper* maupun skripsi-skripsi yang telah ada sebelumnya, dijadikan acuan maupun referensi penelitian untuk dikembangkan lebih lanjut untuk menganalisa perbaikan faktor daya

2. Pengambilan data.

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data-data untuk menunjang penelitian.

Adapun data-data yang diambil yaitu:

- a. Sistem Kelistrikan dalam penggunaan kapasitor bank yang berada pada pabrik beras PT. Dua Anak Kalisat Jember
 - b. Data beban listrik berada pada pabrik beras PT. Dua Anak Kalisat Jember
 - c.
- #### 3. Pembuatan sistem peramalan *neural network* berbasis *backpropagation*.

Tahap ketiga ini adalah pembuatan sistem peramalan beban dengan menggunakan metode *backpropagation neural network*. Sistem peramalan ini dibuat dengan bantuan *software* Matlab..

4. *Training neural network*.

Setelah sistem perencanaan konfigurasi peramalan menggunakan *neural network* selesai, maka selanjutnya dilakukan *training* terhadap hasil dari metode *backpropagation neural network* dan akan muncul grafik serta data sebagai hasil peramalan tersebut. Tujuan dari pelatihan (*training*) adalah untuk melakukan proses pembelajaran dengan *backpropagation* untuk menentukan nilai bobot baru. *Data input*

dan data target dilatih untuk mendapatkan suatu nilai bobot baru. Parameter yang diperhatikan dalam inisialisasi pada jaringan adalah:

- a. Maksimum *error*
- b. Toleransi *error*
- c. Menentukan fungsi aktivasi
- d. Menentukan iterasi (*epoch*)
- e. Menentukan *hidden layer* dan *neuron*
- f. Menentukan fungsi pelatihan jaringan
- g. Menentukan *learning rate*

Semua tahapan pelatihan (*training*) ini akan dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan bobot terbaik dengan *error* terkecil. Bobot terbaik tersebut akan digunakan untuk melakukan perbandingan perhitungan kapasitas kabel bawah laut.

5. Analisis Hasil Peramalan dan Perhitungan

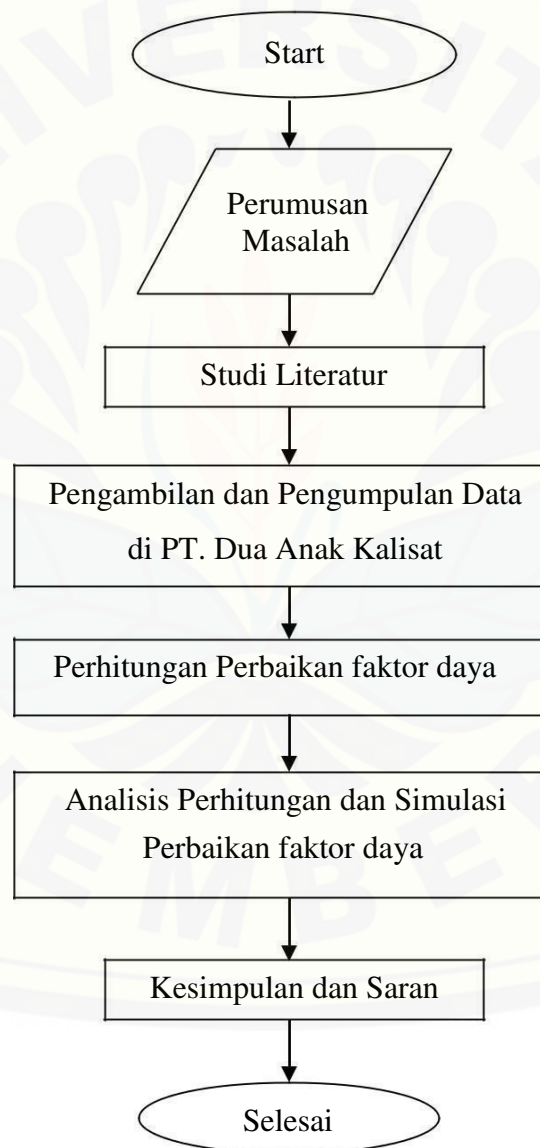
Data-data yang terkumpul tersebut selanjutnya diolah melalui perhitungan, dan analisis sehingga diperoleh hasil untuk parameter-parameter yang akan dibandingkan. Dalam penelitian ini dilakukan analisa tentang perbaikan faktor daya yang dilakukan dalam kondisi *lagging* dan *leading*.

6. Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan dan perbandingan serta analisis. Dan juga pemberian saran yang dimaksud untuk pertimbangan atas pengembangan selanjutnya. Pengambilan kesimpulan dan saran dilakukan setelah menganalisa data yang telah didapat.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan-tahapan yang harus dilakukan. Adapun tahapan-tahapan secara garis besar pada penelitian ini tersaji dalam diagram alir penelitian dibawah ini. Dari diagram alir penelitian gambar 3.1 di bawah ini selanjutnya akan di pisah menjadi 2 diagram alir lagi yaitu untuk peramalan beban dan perhitungan perubahan faktor daya



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Proses dari diagram alir penelitian yang ditampilkan pada gambar 3.1 diatas dimulai dengan perumusan masalah yaitu, bagaimana cara mengatasi Faktor daya yang kurang akibat leading ataupun lagging. Kemudian mencari literatur yang terkait permasalahan tersebut dan mempelajarinya. Adapun literatur yang digunakan merupakan literatur berupa jurnal penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti dan buku literatur tentang perbaikan faktor daya,.

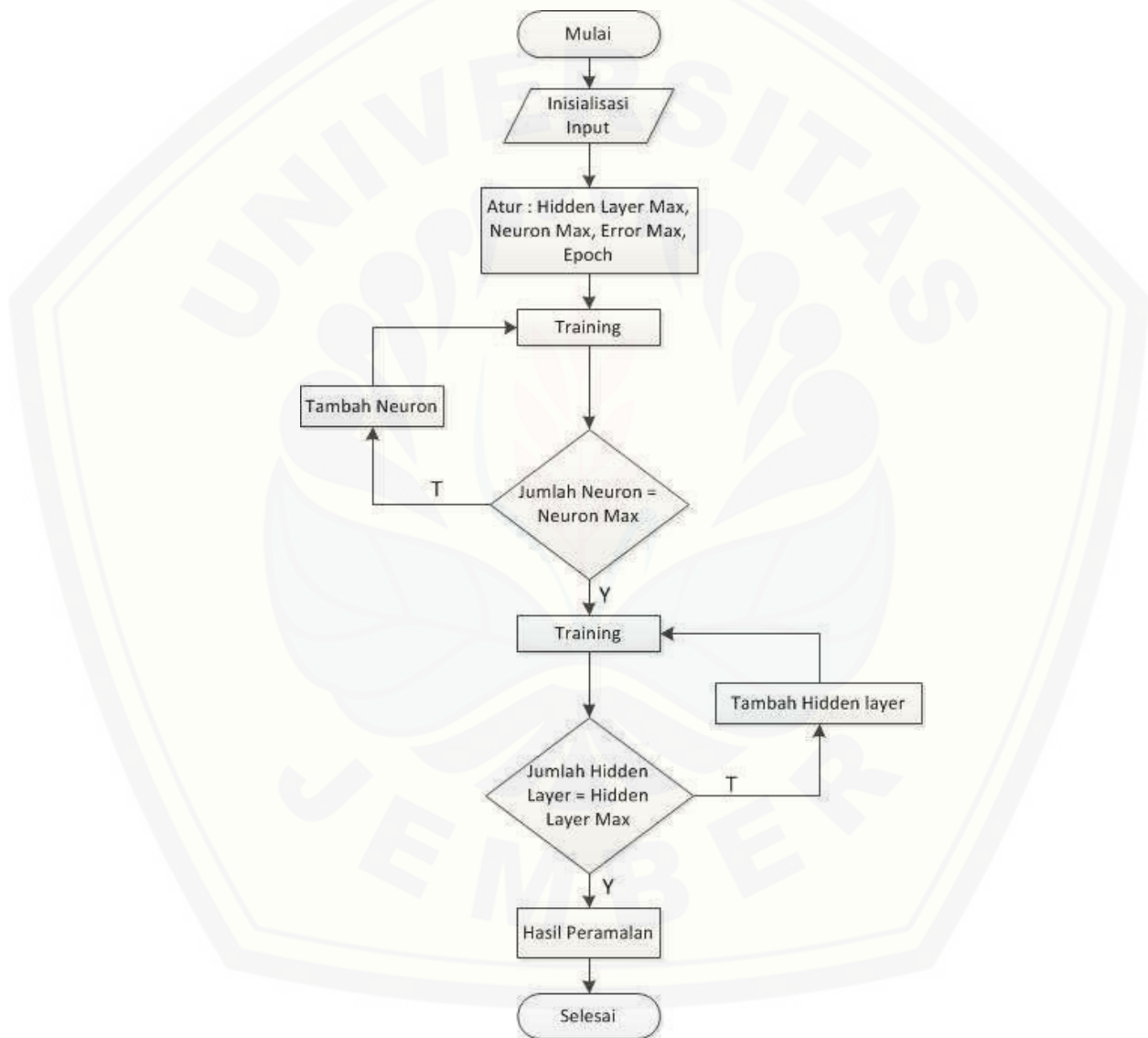
Tahap selanjutnya dalam penelitian ini yaitu pengambilan dan pengumpulan data. Adapun data yang digunakan yaitu berupa data primer milik PT. Dua Anak Kalisat. Data yang diambil ada dua macam yaitu data mengenai pembebanan listrik di pabrik tersebut yang berupa data beban motor yang digunakan dalam proses produksi penggilingan beras, serta data-data mengenai sistem kelistrikan dan data perubahan cos phi di kapasitor bank dalam berbagai keadaan.

Data-data mengenai beban dan juga perubahan cos phi di kapasitor bank yang sudah diperoleh selanjutnya akan dipergunakan sebagai data beban yang menggunakan metode *Backpropagation Neural Network*.. Sebelum melakukan simulasi pada program Matlab tersebut, dilakukan perhitungan kebutuhan daya reaktif dalam kondisi *lagging* maupun kondisi *leading* sebagai modal untuk melakukan simulasi dan juga sebagai perbandingan terhadap data yang sudah di dapatkan dari pabrik. Proses mengenai metode ini akan dijelaskan lebih lanjut pada bab 4.

Dan yang terakhir adalah melakukan pengambilan kesimpulan dan saran untuk memperbaiki penelitian selanjutnya.

3.3 Diagram Alir Perbaikan Faktor Daya

Untuk mengetahui besar nilai dari perbaikan faktor daya yang dilakukan di PT PT. Dua Anak Kalisat dilakukan suatu metode peramalan, peramalan pada penelitian ini menggunakan metode *Backpropagation Neural Network*. Dibawah ini akan disajikan gambar diagram alir dari peramalan beban menggunakan *software Matlab*.



Gambar 3.2 Diagram Alir Perbaikan Faktor Daya

Proses dari diagram alir pada gambar 3.2 diatas dimulai dengan inisialisasi *input* yang berupa data beban listrik di pabrik PT. Dua Anak Kalisat Jember dan memasukkannya dalam

serangkaian program. *Input* data yang berupa beban puncak dalam satuan Watt yang jumlahnya cukup besar akan di normalisasikan sehingga dapat diproses oleh software matlab. Selanjutnya memasukkan jumlah maksimal *hidden layer* yaitu 2, dan memasukkan jumlah *neuron* maksimal tiap layer sejumlah 10 buah, serta memasukkan nilai *epoch*. Setelah parameter yang diperlukan sudah di masukkan, selanjutnya yaitu tahap *training* atau tahap pelatihan jaringan. Pada tahap *training* ini data akan dilatih untuk mengenali target data yang diinginkan dan untuk meminimalisir nilai eror. Adapun proses dari pelatihan ini jaringan akan berjalan atau *running* dengan menggunakan satu *hidden layer* dan satu *neuron* pada awalnya. Kemudian jumlah *neuron* akan bertambah satu secara otomatis apabila proses *training* pertama sudah selesai, sehingga jumlah *neuron* pada pelatihan kedua sejumlah 2 buah. Begitupun seterusnya hingga jumlah *neuron* mencapai batas maksimal yang sudah ditentukan yaitu 10 buah. Apabila jumlah *neuron* sudah mencapai 10 buah maka secara otomatis jumlah *hidden layer* pada pelatihan berikutnya akan bertambah satu. Begitu seterusnya hingga tercapai jumlah maksimal *hidden layer* yang telah ditentukan yaitu 3 buah. Apabila jumlah *hidden layer* pada jaringan sudah berjumlah 3 buah dan nilai *neuronnya* sejumlah 10 maka proses *training* menggunakan metode *backpropagation neural network* sudah selesai

3.4 Peramalan Beban Menggunakan Software MATLAB

MATLAB adalah singkatan dari *matemathics labolatory* atau *matrix laboratory*. Dalam ilmu komputer, MATLAB didefinisikan sebagai bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengerjakan operasi matematika atau operasi aljabar matriks. MATLAB merupakan sistem interaktif yang menggunakan data dasar matriks. Selain itu di dalam MATLAB tersedia perangkat lunak Simulink. Manfaat penggunaan simulink adalah dapat digunakan untuk analisis maupun permodelan suatu sistem. Pada penelitian ini menggunakan simulink yang ada pada MATLAB 2013.

3.5 Arsitektur *Training dan Testing Backpropagation Neural Network*

Arsitektur yang digunakan pada *backpropagation* adalah *multilayer network*. Parameter *input* dan *output* berisi data beban tahunan. Fungsi transfer yang digunakan dalam *backpropagation* menggunakan coba – coba dari berbagai fungsi transfer, dan hasil terbaik yaitu ‘*logsig*’ untuk *layer input* dan ‘*purelin*’ untuk *layer output*. Berikut ini merupakan penjelasan tahapan proses dalam training *Backpropagation Neural Network*.

3.5.1 *Preprocessing*

Data input dan target ini kemudian dinormalisasi atau disebut dengan penskalaan data. Tujuan dari normalisasi data input dan target yaitu untuk mentransformasi data supaya kestabilan taburan data dapat dicapai. Menurut Siang (2009), normalisasi berguna untuk menyesuaikan nilai data dengan range fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan, selain itu normalisasi dapat digunakan untuk meningkatkan keakurasian dari hasil output serta memfasilitasi proses learning dari jaringan syaraf. Syntax yang dapat digunakan untuk menormalisasi data yaitu:

```
pn,meanp, stdp, tn, meant, stdt] = prestd(P, T)
```

Perintah `prestd` mampu menormalisasi input (P) dan target (T) sehingga keduanya memiliki $\text{mean} = 0$ dan $\text{standart deviasi} = 1$.

3.5.2 *Model Jaringan Syaraf*

Model jaringan syaraf tiruan yang diterapkan adalah *Multi Layer Perceptron* dengan dua lapis *hidden layer*. *Multi layer perceptron* merupakan jaringan yang memiliki banyak lapis. Fungsi aktivasi yang digunakan yaitu *logsig* dan *purelin*. *Logsig* merupakan fungsi aktivasi sigmoid biner dengan syntax $Y = \text{logsig}(a)$. Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1 (Ganatr dan Kosta 2010). Fungsi sigmoid biner digunakan untuk mengaktifkan neuron pada lapisan input untuk mengirimkan informasi melalui bobot-

bobotnya ke neuron pada lapisan tersembunyi. Sedangkan *purelin* merupakan fungsi aktivasi linear yang sering dipakai apabila kita menginginkan keluaran jaringan berupa sembarang bilangan riil (bukan hanya pada range 0-1 atau pada range -1 1 (Siang, 2009).

3.5.3 Training dan Testing

Fungsi pelatihan pada penelitian ini menggunakan *trainlm* (*train levenberg-Marquadt*). Merupakan fungsi pelatihan jaringan yang memperbarui nilai bobot dan bias sesuai dengan pengoptimalan *levenberg-Marquadt*. Sistem *training* ini merupakan algoritma *backpropagation* tercepat di toolbox, dan sangat disarankan sebagai algoritma supervisi pilihan pertama, meskipun memerlukan lebih banyak memori daripada algoritma lainnya. Berikut ini merupakan perintah yang digunakan untuk melakukan *training* :

```
[netWr,tr]= train(net, pn, tn)
```

netWr merupakan model jaringan syaraf yang akan terbentuk, *tr* adalah record dari proses training, *pn* dan *tn* merupakan matriks input dan target jaringan syaraf. Sedangkan untuk testing diawali menggunakan perintah sebagai berikut :

```
qn = trastd(datauji,meanp, stdp)
```

Perintah tersebut berfungsi untuk normalisasi data menyesuaikan dengan data input pelatihan. Perintah *trastd* melakukan *preprocessing* pada data *training* (P) dengan rata-rata dari data *training* (*meanp*) dan standar deviasi data *training* (*stdp*), *qn* sendiri merupakan hasil normalisasi data *testing*. Langkah selanjutnya ialah melakukan pengujian terhadap data hasil normalisasi menggunakan perintah berikut:

```
bn = sim(netWr, qn)
```

Fungsi *bn* pada perintah tersebut ialah menghasilkan hasil pengujian data normalisasi terhadap neural network yang sudah terbentuk. Setelah didapatkan hasil pengujian maka selanjutnya menggunakan perintah berikut untuk mengembalikan data hasil pengujian menjadi data asli atau bisa disebut dengan denormalisasi.

```
b = poststd(bn,meant, stdt)
```

Fungsi b merupakan nilai dalam bentuk denormalisasi dari sata testing, b_n merupakan output jaringan syaraf dari testing, μ adalah nilai mean dari proses normalisasi, σ adalah nilai standard deviasi dari proses normalisasi.

3.6 Perhitungan Arus dan Daya

Rangkaian listrik 3 fasa merupakan rangkaian listrik yang memiliki tiga buah keluaran simetris dan memiliki perbedaan sudut untuk setiap fasanya sebesar 120° .

Persamaan daya yang digunakan yaitu :

$$S = p + jQ \dots\dots\dots(3.1)$$

$$P = S \cos \phi \dots\dots\dots(3.2)$$

$$Q = S \sin \phi \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan :

$$S = \text{Daya Kompleks (VA)}$$

$$P = \text{Daya Nyata (Watt)}$$

$$Q = \text{Daya Reaktif (VAR)}$$

Kemudian dengan persamaan tersebut dikembangkan sebuah perhitungan yang digunakan dalam mencari Q_L dan Q_C untuk mendapatkan nilai kapasitor dan nilai induktor yang digunakan untuk memperbaiki faktor daya. Untuk menentukan induktor yang dibutuhkan perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$S_1 = \frac{P}{\cos \phi} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$Q_L = \sqrt{S_1^2 - P^2} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$L_{total} = \frac{Q_L}{\omega L} \dots\dots\dots(3.6)$$

Untuk menentukan induktor yang dibutuhkan perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$S_2 = S_1 \times \cos \phi \dots\dots\dots(3.7)$$

$$Q_C = \sqrt{S_2^2 - P^2} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$C_{total} = \frac{Q_C}{\omega C} \dots\dots\dots(3.9)$$

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa data pada bab sebelumnya maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Rangkaian pendeteksi fasa dalam jaringan 3 phase dilakukan pengujian hanya pada 1 fasa saja dengan ketentuan bahwa beban yang digunakan harus seimbang. Pengujian ini menggunakan analisa dig 0 yaitu dengan mnetransformasikan 3phase mnejadi 1 phase
2. Dalam kontrol simulasi pendeteksi fase, menggunakan metode *Backpropagation Neural Network* yang telah dilakukan pelatihan 1000 epoch dengan input simulasi berupa *error* dan *delta error*. Nilai *error* terbaik sebesar $3.16E-30$ dan nilai *delta error* terbaik sebesar $7.89E-29$
3. Perbaikan faktor daya dapat sangat optimal apabila mengkombinasikan fungsi kapasitor dengan fungsi induktor. Fungsi kapasitor sebagai penambah daya reaktif dan fungsi induktor sebagai pengurangan daya reaktif dapat membuat hasil lebih presisi. Contohnya saat $\cos\phi$ 0.6 dihasilkan hubungan bahwa untuk memperbaiki faktor daya menjadi $\cos\phi$ 0.95 maka diperlukan diperlukan 3 steps kapasitor dan juga muncul grafik induktor dengan waktu perbaikan dari 0.45s-0.5s atau 0.05 s.

5.2 Saran

Saran yang dianjurkan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dengan harapan mampu memperbaiki kekurangan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh hasil yang lebih optimal dilakukan pengujian *neural network* menggunakan metode selain *backpropagation* yaitu menggunakan metode *recurrent neural network*.



DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, M. F. (2014). ANALISIS KEBUTUHAN CAPACITOR BANK BESERTA IMPLEMENTASINYA UNTUK MEMPERBAIKI FAKTOR DAYA LISTRIK DI POLITEKNIK KOTA MALANG. *Jurnal ELTEK, Vol 12 Nomor 01, April 2014 ISSN 1693-4024* , 105-118.
- Rinaldo, J. S., & Warman, E. (2013). STUDI KUALITAS LISTRIK DAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA BEBAN LISTRIK RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN KAPASITOR. SINGUDA ENSIKOM , 64-69
- Ramasamy Natarajan, 2005. Power System Capacitors. United States of america. Taylor & Francis Group.
- Allan, Greenwood. 1991. Electrical Transient in Power System, John Willey and Sons. Inc.
- T. Longland C, 1984. Power Capacitor Handbook, London, Butterworth & G. Utd
- Roger C. Dugan, Mark F, MaGranaghan., Surya Santoso., H. Wayne Beaty, 2003. Electrical Power System Quality, USA, McGraw-Hill.
- Davarpanah, M., "Analysis of factors affecting station capacitor bank switching transients" (1971).Masters Theses. 7239.
- Fairchild, Application Note 42047 Power Factor Correction (PFC) Basic, www.fairchildsemi.com.
- Colorado Springs Utilities, Power Factor Correction, White paper #23, Feb 2009.
- EATON, Power factor Capasitors and Harmonic Filters, September 2011.www.eaton.com/consultant.
- Da, J. C. (2005). Analysis and Control of Large-Shunt-Capacitor-Bank Switching Transients IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 41, NO. 6 , 1444-1451
- Yani, A. (2017). Pemasangan Kapasitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya . Journal of Electrical Technology, Vol. 2, No. 3, Oktober 2017 , 31-35

- Wojciech Wysocki, Marcin Szlosek, Compensation of reactive power as a method for reducing energy losses, IEEE Journal, 2011.
- Helmi, Basem A., Merwyn D'Souza, Brian A. Bolz, The application of power factor correction kapasitors to reserve spare capacity of existing main transformers, IEEE Journal, 2013.
- Badra, K. M., Hasan, S., & Suherman. (2017). Analisis Penambahan Capacitor Bank Untuk Peningkatan Kapasitas Peleburan Di PT. Inalum. JITEKH, Vol 6, No 2 , 36-39.
- H. M. Pflanz and G. N. Lester, "Control of overvoltages on energizing capacitor banks," IEEE Trans. Power App. Syst., vol. PAS-92, no. 3, pp. 907–915, May/Jun. 1973.
- R. S. Bayless, J. D. Selmen, D. E. Traux, and W.E. Reid, "Capacitor switching transformer transients," IEEE Trans. Power Del., vol. 3, no. 1, pp. 349–357, Jan. 1988.

LAMPIRAN A

1. Perhitungan Nilai QL (Kebutuhan Induktor dalam Beban Kapasitif)

a. Perhitungan Daya Semu 1

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.1 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.1 = 1576000$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.2 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.2 = 788000$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.3 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.3 = 525333.33$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.4 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.4 = 394000$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.5 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.5 = 315200$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.6 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.6 = 262666.67$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.7 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.7 = 225142.86$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.8 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.8 = 197000$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.9 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S1 = P / \cos\varphi = 157600 / 0.9 = 175111.111$$

b. Perhitungan QL

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.1 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 157600^2)} = 1568100,201$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.2 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(788000^2 - 157600^2)} = 772079,1669$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.3 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 525333.33^2)} = 501136,1$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.4 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 394000^2)} = 361107$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.5 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 315200^2)} = 272971,2$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.6 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 2626667.67^2)} = 210133,3$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.7 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 225142.86^2)} = 160784,2$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.8 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 197000^2)} = 118200$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.9 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QL = \sqrt[2]{(S1^2 - P^2)} = \sqrt[2]{(1576000^2 - 175111.11^2)} = 76329,16372$$

c. Perhitungan Kebutuhan Induktor

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.1 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = QL/L = QL/L = 1568100,201/52533,33 = 30$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.2 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = QL/L = QL/L = 772079,1669/52533,33 = 15$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.3 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = QL/L = QL/L = 501136,0605/52533,33 = 10$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.4 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = QL/L = QL/L = 361106,9648/52533,33 = 7$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.5 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = QL/L = QL/L = 272971,2073/52533,33 = 5$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.6 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = \frac{Q^L}{L} = \frac{Q^L}{L} = \frac{210133,3333}{52533,33} = 4$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.7 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = \frac{Q^L}{L} = \frac{Q^L}{L} = \frac{160784,16}{52533,33} = 3$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.8 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = \frac{Q^L}{L} = \frac{Q^L}{L} = \frac{118200}{52533,33} = 2$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.9 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$L_{total} = \frac{Q^L}{L} = \frac{Q^L}{L} = \frac{76329,16372}{52533,33} = 1$$

2. Perhitungan Nilai QC (Kebutuhan Kapasitor dalam Beban Induktif)

a. Perhitungan Daya Semu 2

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.1 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 1576000 \times 0.95 = 1497200$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.2 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 788000 \times 0.95 = 748600$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.3 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 525333.33 \times 0.95 = 499066.67$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.4 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 394000 \times 0.95 = 374300$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.5 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 315200 \times 0.95 = 299440$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.6 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 2626667.67 \times 0.95 = 249533.33$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.7 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 225142.86 \times 0.95 = 213885.71$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.8 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 197000 \times 0.95 = 187150$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.9 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$S_2 = S_1 \times \cos\varphi = 175111.111 \times 0.95 = 166355.56$$

b. Perhitungan QC

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.1 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(1497200^2 - 157600^2)} = 1568100.2$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.2 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(748600^2 - 157600^2)} = 731822.52$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.3 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(499066.67^2 - 157600^2)} = 473529.07$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.4 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(374300^2 - 157600^2)} = 339503.65$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.5 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(374300^2 - 157600^2)} = 254610.59$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.6 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(249533.33^2 - 157600^2)} = 193466.08$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.7 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(213885.71^2 - 157600^2)} = 144600.62$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.8 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(187150^2 - 157600^2)} = 100932.47$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.9 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$QC = \sqrt[3]{(S_2^2 - P^2)} = \sqrt[3]{(166355.56^2 - 157600^2)} = 53257.965$$

c. Perhitungan Kebutuhan Kapasitor

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.1 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = \frac{QC}{C} = \frac{1568100.2}{50000} = 30$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.2 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = Q^C / C = 731822.52 / 50000 = 15$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.3 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = Q^C / C = 473529.07 / 50000 = 8$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.4 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = Q^C / C = 339503.65 / 50000 = 5$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.5 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = Q^C / C = 254610.59 / 50000 = 5$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.6 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = Q^C / C = 203466.08 / 50000 = 5$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.7 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = Q^C / C = 144600.62 / 50000 = 3$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.8 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

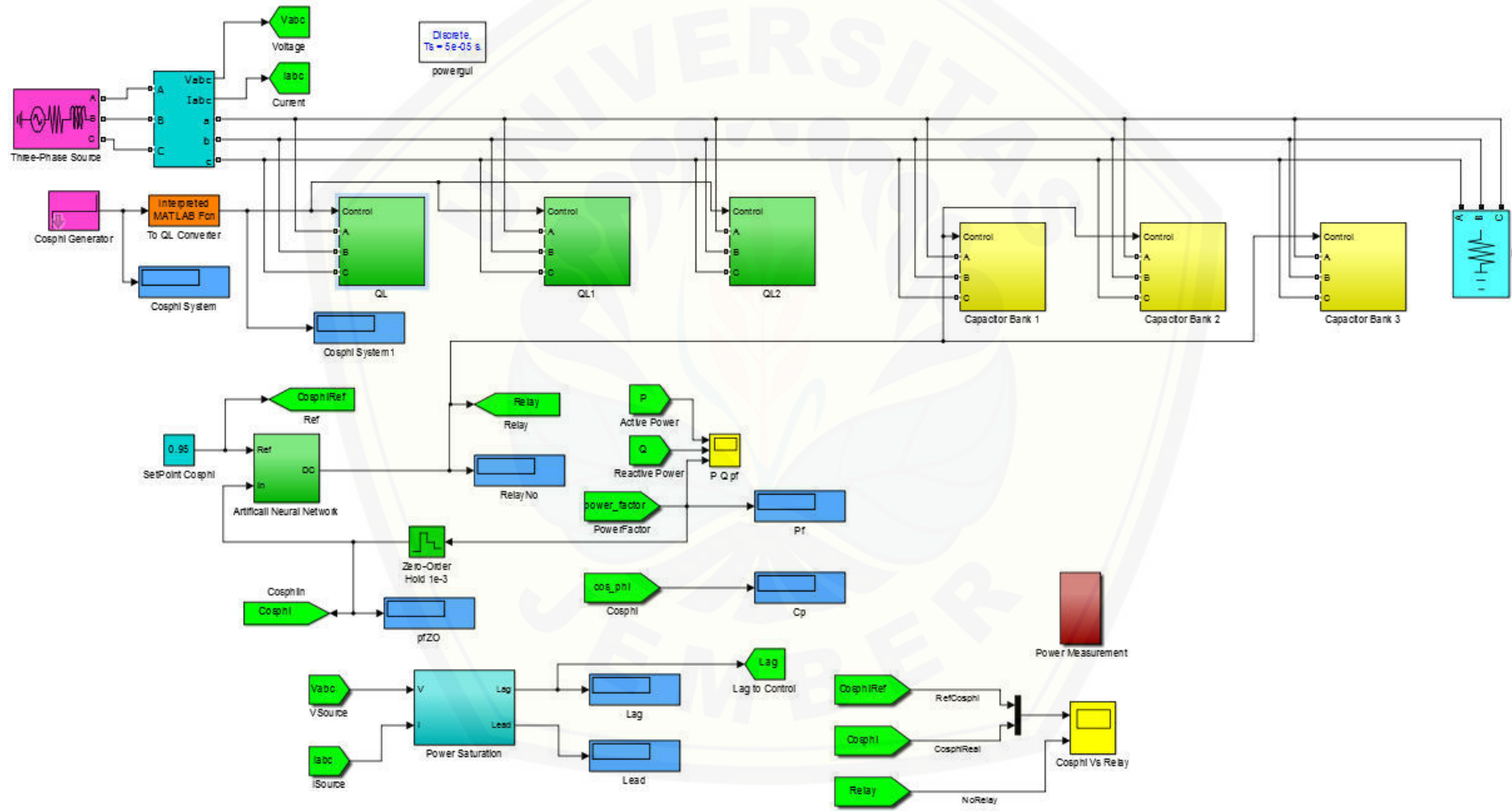
$$C_{total} = Q^C / C = 144600.62 / 50000 = 3$$

- Pada saat $\cos\varphi$ awal 0.9 dan $\cos\varphi$ awal 0.95

$$C_{total} = Q^C / C = 53257.965 / 50000 = 1$$

LAMPIRAN B

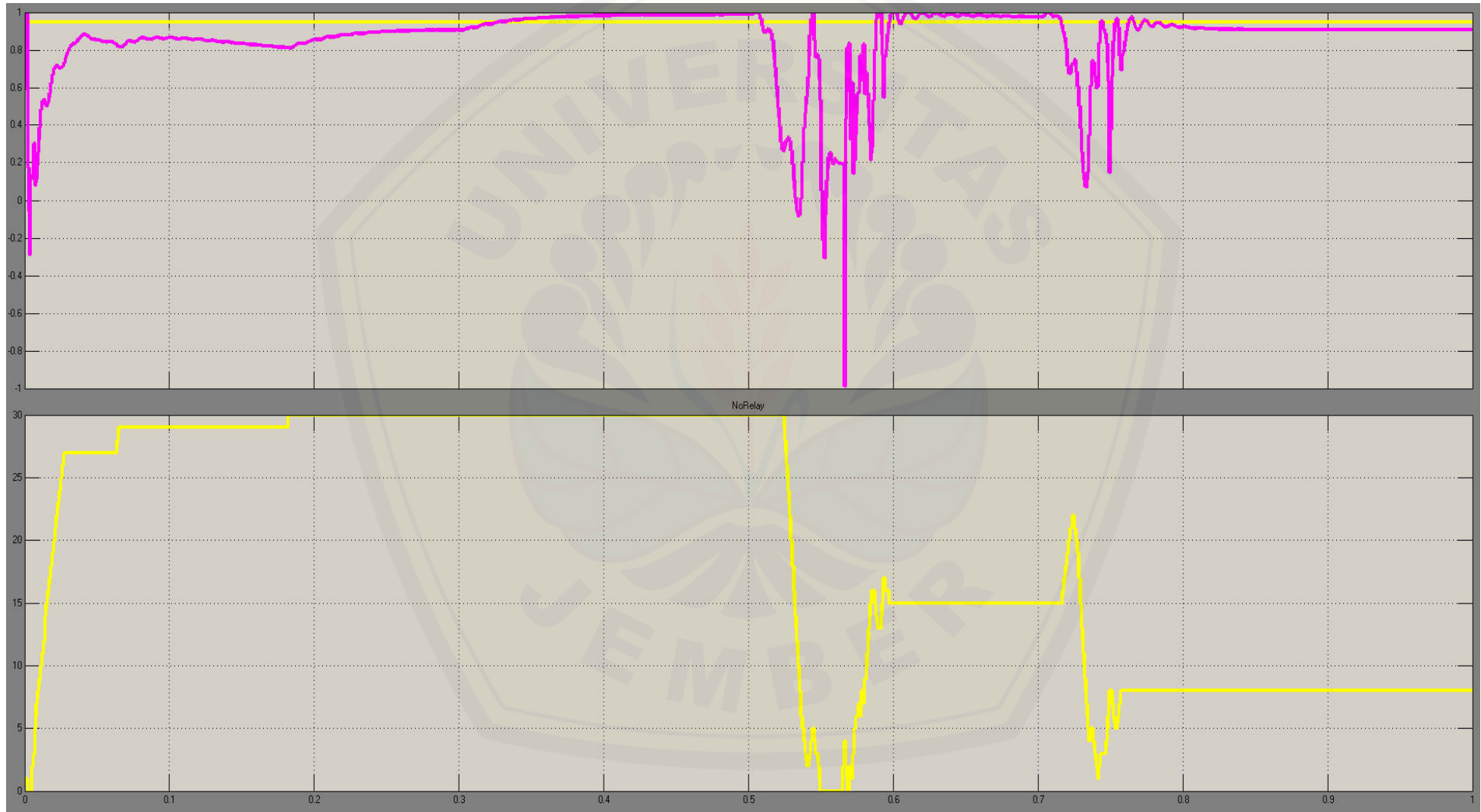
PEMODELAN MATHLAB DALAM SIMULASI PERBAIKAN FAKTOR DAYA



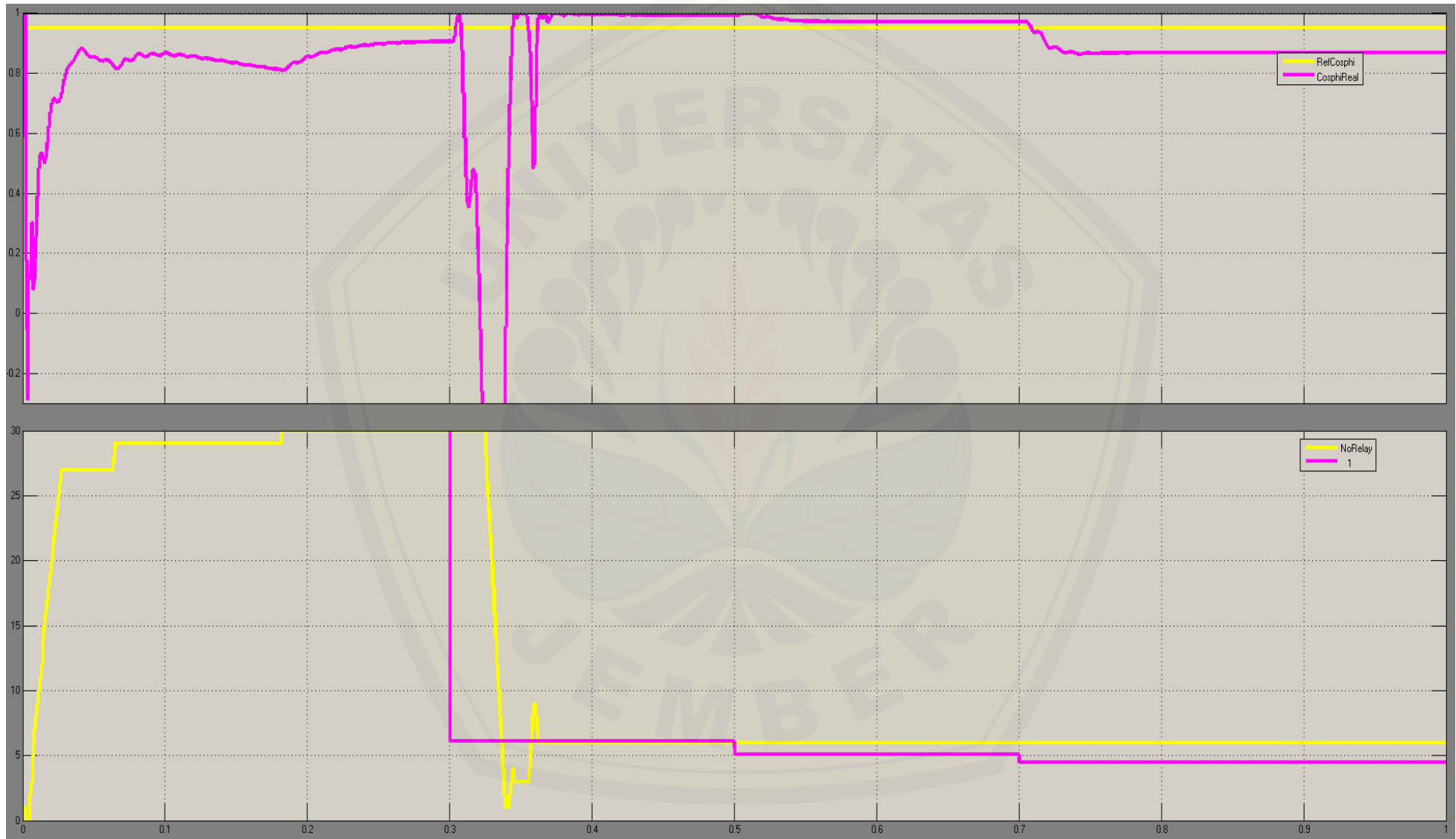
LAMPIRAN C

GRAFIK PENGUJIAN SIMULASI

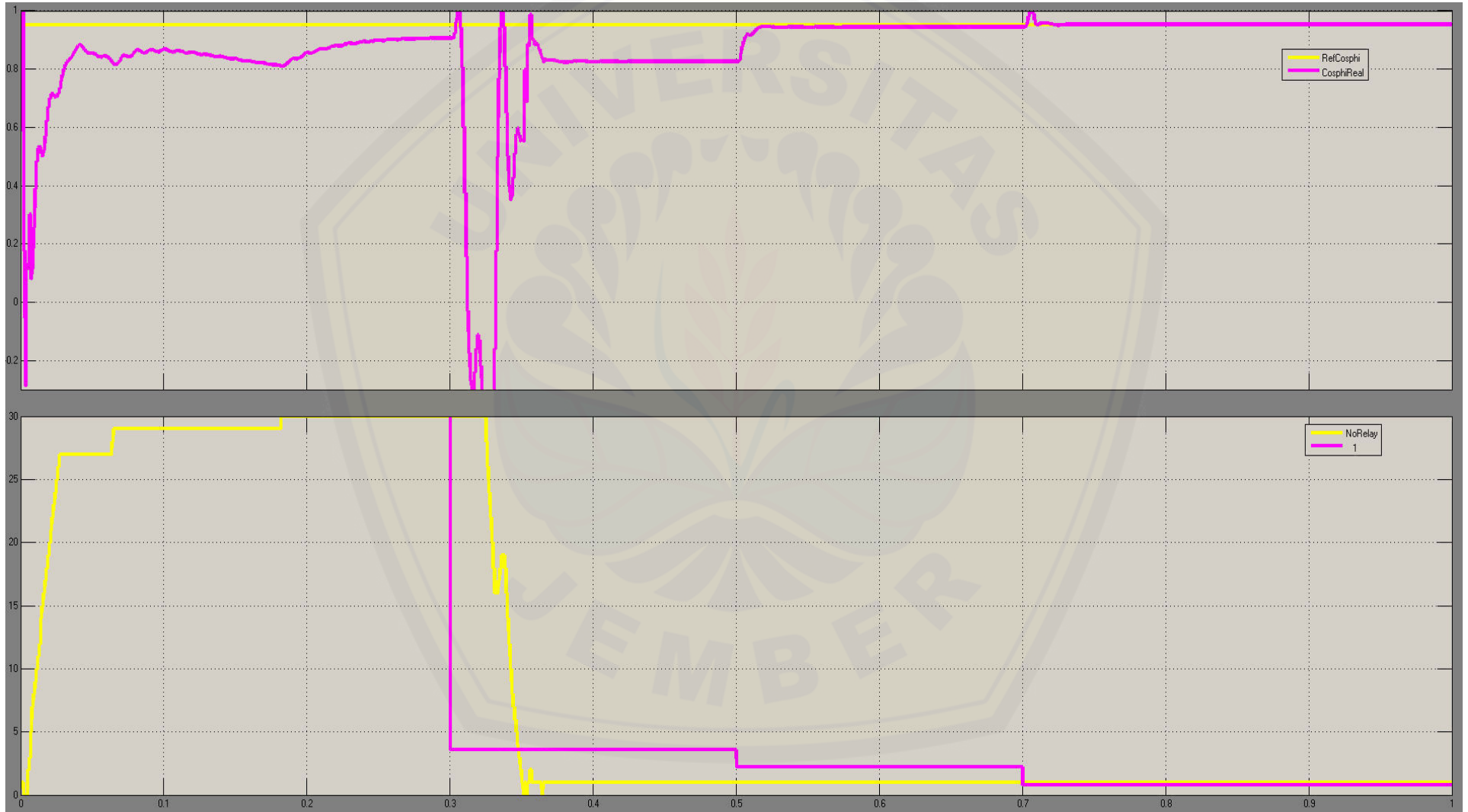
A. GRAFIK HUBUNGAN *TIME*, *COSPFI* DAN *RELAY NUMBER* PADA *COSPFI* 0.1 – 0.3



B. GRAFIK HUBUNGAN *TIME*, *COSPHI* DAN *RELAY NUMBER* PADA *COSPHI* 0.4 – 0.6



C. GRAFIK HUBUNGAN *TIME*, *COSPFI* DAN *RELAY NUMBER* PADA *COSPFI* 0.7 – 0.9



LAMPIRAN D

DOKUMENTASI PABRIK BERAS PT. DUA ANAK KALISAT



GAMBAR 1. INSTALASI KAPASITOR BANK



GAMBAR 2. KAPASITOR 50 KVAR DAN 25 KVAR



GAMBAR 3. TRANSFORMATOR PABRIK BERAS PT. DUA ANAK KALISAT