

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN T. ELEKTRO / T. ENERGI LISTRIK S-1**



**KOMBINASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-FUZZY DYNAMIC
PROGRAMMING SEBAGAI ALGORITMA PENGATURAN
TEGANGAN PADA G.I. DISTRIBUSI SENGKALING-MALANG**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

JANTUR PRAYOGA

NIM. 99.12.098

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

MARET 2005

RECEIVED
JANUARY 1941
JANUARY 1941
JANUARY 1941

RECEIVED
JANUARY 1941
JANUARY 1941
JANUARY 1941

RECEIVED

RECEIVED
JANUARY 1941
JANUARY 1941
JANUARY 1941

RECEIVED

LEMBAR PERSETUJUAN

KOMBINASI *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-FUZZY DYNAMIC* *PROGRAMMING* SEBAGAI ALGORITMA PENGATURAN TEGANGAN PADA G.I. DISTRIBUSI SENGKALING-MALANG

SKRIPSI

*Disusun Guna Melengkapi dan Memenuhi Syarat-Syarat
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :
JANTUR PRAYOGA
NIM. 99.12.098



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 1039500274

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 1018800189

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

ABSTRAKSI

KOMBINASI *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-FUZZY DYNAMIC PROGRAMMING* SEBAGAI ALGORITMA PENGATURAN TEGANGAN PADA G.I. DISTRIBUSI SENGKALING-MALANG

(Jantur Prayoga, 99 12 098, Teknik Elektro Energi Listrik S-1, 58 Hal., 2005)

(Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)

Kata Kunci : Sistem distribusi, Kontrol tegangan, *Artificial Neural Network*, *Fuzzy Dynamic Programming*.

Kontrol tegangan pada Gardu Induk (GI) distribusi telah dilakukan penelitian dalam karya ilmiah ini. Yang bertujuan untuk menentukan profil tegangan yang baik dengan melakukan pengaturan setting tap transformator pada GI pada posisinya yang pantas untuk 24 jam. Untuk menjangkau sasaran ini, *Artificial Neural Network* (ANN) didesain pada sasaran awal pengiriman perintah penjadwalan untuk setting tap pada 24 jam sebelumnya dengan masukan pada ANN adalah daya aktif, daya reaktif pada trafo dan juga tegangan bus primer dan sekunder dan output yang diinginkan ialah penentuan *tap position* yang nantinya akan berdampak pada hasil keluaran tegangan pada sisi sekunder transformator. Selanjutnya perhitungan dilakukan oleh *Fuzzy Dynamic Programming* untuk proses komputasi. Kemudian dilakukan proses kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming* untuk optimasi pengaturan lebih lanjut. Untuk menunjukkan keefektifan dari tujuan metode ini yang dilakukan pada GI distribusi Sengkaling Malang yang menunjukkan hasil akhir tegangan keluaran sekitar 0,9515 pu sampai dengan 1,0172 pu dengan tingkat kesalahan prediksi sekitar 0,076 %.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmad-Nya dan ridlo-Nya semata maka penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Dengan penulisan skripsi ini sebagai karya ilmiah yang dibebankan oleh mahasiswa untuk jenjang strata satu (S-1) telah menambah kelengkapan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Institut Teknologi Nasional Malang.

Tentunya dalam penyusunan skripsi ini mungkin masih banyak kekurangan ataupun kesalahan yang terjadi karena adanya pendataan ataupun perhitungan yang kurang teliti, meskipun hal itu sejauh mungkin dari penulis berusaha dihindari. Terwujudnya skripsi ini juga tak luput dari bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Dosen Pembimbing.
3. Bapak Ir. Almizan Abdullah, MSEE selaku Dosen wali

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa mungkin masih banyak terdapat kekurangan , Oleh karena itu kritik dan saran yang sangat membangun kami harapkan guna menambah pengetahuan dan perbaikan.

Malang, Maret 2005

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman :

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK	x

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Pembahasan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Pembahasan	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4

BAB II. PENGATURAN TEGANGAN PADA GARDU INDUK DISTRIBUSI

2.1 Proses Penyampaian Tenaga Listrik Ke Pelanggan	6
--	---

2.2 Masalah-masalah operasi Sistem Tenaga Listrik	10
2.3 Hal-hal Yang Mempengaruhi Pengaturan Tegangan	11
2.4 Pengendalian Tegangan Pada gardu Induk distribusi	12
2.4.1. Pengubah sadapan Berbeban	13
2.5 Ketentuan Pengaturan Tegangan Pada Gardu Induk Distribusi	17

BAB III. ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-FUZZY DYNAMIC PROGRAMMING

3.1 Jaringan syaraf tiruan (<i>Artificial Neural Network</i>)	20
3.1.1 Otak Manusia	20
3.1.2 Komponen Jaringan syaraf tiruan	21
3.2.3. Arsitektur Jaringan	23
3.2. Fungsi Aktifasi	26
3.3. Proses Pembelajaran.....	26
3.3.1. Pembelajaran terawasi (<i>supervised learning</i>)	27
3.3.2. Pembelajaran tak terawasi.....	28
3.4 Backproagation	30
3.4.1 Penurunan Algoritma Backpropagation.....	30
3.4.2. Algoritma Backpropagation.....	31
3.4.3 Diagram Alir Pemrosesan bobot input pada Backpropagation	34
3.5 Konsep Teori Fuzzy	35
3.5.1. Teori Himpunan Fuzzy	36
3.5.2. Definisi Teori Fuzzy	37
3.5.3. Operasi Himpunan Fuzzy	38

3.6. Teori Dynamic Programming	40
3.7. Algoritma	41
3.8. Diagram Alir (flow chart)	42

BAB IV. SIMULASI DAN ANALISA DATA

4.1 Pengaplikasian <i>Artificial Neural Network</i>	43
4.2 Simulasi <i>Neural Network Backpropagation</i>	43
4.3 Pendekatan kombinasi <i>Artificial Neural Network-Fuzzy</i> <i>Dynamic Programminng</i>	44
4.4. Data Yang Digunakan	45
4.5. Tampilan Program.....	48
4.6. Perhitungan dengan FDP.....	49
4.6 Perhitungan dengan metode kombinasi ANN-FDP	51
4.6. <i>Input Artificial Neural Network</i>	51
4.7. <i>Output Artificial Neural Network</i>	52
4.8. Training	53
4.9. Tampilan akhir program	57

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran-Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2-1 Skema Pusat Listrik	7
2-2 Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan	8
2-3 Batas Instalasi PLN Dan Instalasi Pelanggan	9
2-4 Sistem Tenaga Listrik Dengan Sebuah PLTU, PLTG, PLTD, PLTA Dan Delapan Buah Gardu Induk	9
2-5 Pengubah Sadapan Berbeban Dengan 5 Sakelar.....	14
2-6 Bagan Pengaturan Tegangan Secara Otomatis	16
2-7 Diagram Satu Garis Gardu Induk Distribusi	18
3-1 Susunan syaraf manusia	20
3-2 Struktur neuron jaringan syaraf.....	22
3-3 Jaringan syaraf dengan tiga lapisan.....	23
3-4 Jaringan syaraf dengan lapisan tunggal	24
3-5 Jaringan syaraf dengan banyak lapisan	25
3-6 Diagram alir pemrosesan bobot input	34
3-7 Diagram alir optimasi pengaturan pada metode ANN-FDP.....	42
4-1 Struktur jaringan multilayer feedforward.....	44
4-2 <i>Single line diagram</i> gardu induk Senkaling-Malang	47
4-3 Tampilan software Matlab 6.1	48
4-4 Tampilan listing program.....	48
4-5 Proses training pada program Matlab 6.1	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman :
2-1 Tabel posisi dan kerja sakelar pada pengubah sadapan berbeban.....	15
4-1 Besarnya daya aktif, daya reaktif, dan VI dalam satuan per unit [pu]	46
4-2 Hasil perhitungan FDP	50
4-3 Hasil perhitungan pada kombinasi ANN-FDP	52
4-4 Perkiraan nilai tap dengan metode pendekatan kombinasi ANN-FDP	55

DAFTAR GRAFIK

Grafik	halaman :
4-1 Hasil perhitungan FDP untuk tegangan	51
4-2 Hasil perhitungan berdasarkan ANN-FDP.....	53
4-3 Kurva perkiraan tab sebelum di <i>training</i>	56
4-4 Kurva perkiraan tab setelah di <i>training</i>	56

P E R S E M B A H A N

Syukur alhamdulillah ku panjatkan kepada *the only one* " ALLAH swt " yang telah menciptakan segala alam beserta isinya. Terimakasih ALLAH kau telah ciptakan aku dalam keadaan yang tak kurang satu apapun dan juga kau berikan aku kedua orang tua yang tabah dan taat kepada semua amanat-Mu. "*Bapak & Mak*" *kau ulurkan tanganmu ketika aku jatuh dan kau tunjukkan jalan ketika aku tersesat, sungguh semua perhatian dan kasih sayangmu bagaikan lentera hidupku yang tiada pernah mati walau sesaat, senantiasa kau berikan cahaya terangmu untuk menerangi jalan hidupku selama ini*" *Matur sembah nuwun*". Kini telah usai aku emban amanatmu, sertamerta ku persembahkan karyaku ini sebagai rasa syukurku. Yang aku banggakan saudaraku sekandung diantaranya Mbak Mamik Kiswarin, Mas Mamang Mawardi dan Adikku Estu Palupi kalian semua telah memberikan spirit dan motivasi aku untuk menyelesaikan studiku hingga jenjang strata satu (S-1) terimakasih saudaraku, moga kita semua dijadikan orang-orang yang berhasil lahir dan batin Amin. Buat kakak iparku Mas Johari (mbak mamik) dan Mbak Nurul Fadlina ST (mas mamang) terimakasih juga. Tak lupa keponakanku Asya Wisma Prastiwi (4 th) semoga kamu cepat gede dan pintar. Akhir kata, semoga dengan berakhirnya masa kuliahku di Institut Teknologi Nasional Malang ini dijadikan sebagai langkah awal yang baik dalam menuju kehidupan yang lebih baik lagi.

“ MATUR SEMBAH NUWUN “

Kepada seluruh kru yang ikut membantu terselesaikannya Skripsi ini aku ucapkan “matur sembah nuwun” terima kasih banyak kakang & mbakyu diantaranya:

- Konco-koncoku alumni elektro ITN '99 diantaranya : Masduki ST, Agus Pranoto ST, Dwi Prasetyo ST, Zulhan F., ST, Warlim ST, Buddy Prasetyo ST, Tommy ST, Dudy ST.
- Bapak **Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT** selaku dosen pembimbing, makasih pak biar tampang bapak seram namun hati bapak bagaikan butiran salju. Dan satu lagi yang saya banggakan dari bapak yaitu bapak senantiasa mengerti akan kita para mahasiswa yang bisa menempatkan antara pendidik dan yang terdidik. Thank for everything...!
- *“my programmer”* Ugro Wiseno ST”. matur nuwun mas jasmu tak pernah kulupakan walaupun programku kurang sempurna toh akhirnya juga lulus kok..! makasih yo mas. Semoga mas Ugro dikasih rejeki lebih.
- Boeat temen-temenku seperjuangan *“gEng nya Boss”* Mr. Yusuf Ismail N., diantaranya Muhammad Ihsan *“Aconf”*, Dwi sumartono *“smackdown”*, Ahmad Zubaidi *“Obet”*, Arif *“the best”*, Joko, Nur, Andre, Mukti *“bowo”*. Terima kasih atas dukungan dan saranmu semuanya.
- Koncoku elektro *“special edition”* diantaranya: Bimo “matur nuwun yo bim..kamu selalu tak repotkan dengan motorku”, Samsul Hadi “cepetan skripsine di rampungne ojo pacaran terus...!”, Falkudin “ojo ngurusi manuk terus ayo tinggal dikit lagi kamu bisa..!”, Zakaria “jack makasih sepatunya sangat berjasa aku pakai dari seminar hasil ampai yudisium makasih yo..!, kalian semua tak akan ku lupa.
- *Koncoku cowok* yaitu: Bobby, Rully, Rofick, Tono, Fauji, Rahmad, Farid, Nurwahyudi, Jirin, Pam, Erwin, Mulyadi, Peter, Asrofi, Aang, Umam, Didik “Buluq”, Andi(ongis), Teguh, Sulik, Dadang, Vicky, Ruslan, Dhani, Roma “cemeng”, Doni “coky”, Mifta, Joko, Medyanto, Vidya, Sum, Robi, Dedi, Hanafi, Wahyu, Gandhi, Herman Felani, Made, Didit, Gita, Feri '97, Lukman '00 “mbah”, Mumun, Eko, Edi, dan *koncoku cewek* Fitri, Desy '96, Ina, Endah, Ayu, Diana, Widya, dan lainnya yang tak sempat ku sebutkan.

Terima kasih juga boeat orang2 yang sempat tinggal dengan aku selama di Malang:

1. **“Jl. Tapak Doro no.4”** th '99 s/d th '02 diantaranya: Bayu ST (elka ITN), Bagus ST (Fisika Unibraw), Rosa Andre ST (Elektro Unibraw), Sigit ST (mesin ITN), eyang Harti, Pak Dodi, mbak tien, Basuki, Alm. Eyang Darti dan Alm. Eyang kakung.
2. **“Jl. Bunga Merak no.1”** th '02 s/d th '03 diantaranya: Nanang '00 (elka ITN), Choirul ST (mesin Unibraw), tuan rumah mas Fajar (Poltek unibraw) dan mbak Endah SE.
3. **“ Jl. Candi Badut gg.I/26B”** '03 s/d th '05 yaitu: Ipunk(ITN)&Fitria(ABM), Johan(ABM), Agus(ABM)&Maya (Unmuh), Farid(ABM), Kholil&Toni(ABM).

Thank for all...!



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik memegang peran penting dalam memenuhi kebutuhan manusia. Untuk itu dalam penyediaan energi listrik perlu adanya suatu perencanaan operasi sistem tenaga listrik yang efisien dan handal untuk meminimalisasi rugi-rugi daya dan profil tegangan tetap terjaga. Dan variabel yang terkait langsung adalah pengaturan tegangan dan pengaturan daya reaktif. Untuk meningkatkan keamanan tegangan sistem daya dilengkapi dengan banyak alat pengontrol tegangan seperti generator, trafo pengubah tap, kapasitor/reaktor shunt, kondensor sinkron, dan static VAR kompensator. Baik pada beban yang bervariasi atau perubahan konfigurasi pada jaringan, kontrol *real time* dengan alat pengontrol dibutuhkan untuk mengurangi permasalahan yang disebabkan oleh gangguan.

Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik, kendala yang harus dihadapi pada pengaturan tegangan adalah besarnya tegangan di setiap bagian tidak sama. Hal ini disebabkan pengaturan tegangan di suatu tempat dipengaruhi oleh sumber-sumber daya reaktif setempat. Oleh karena itu pengaturan tegangan erat kaitannya dengan daya reaktif dalam sistem. Pada gardu induk distribusi, pengaturan tegangan dilakukan dengan cara mengatur posisi sadapan pengubah sadapan beban (*On Load Tap Changing = OLTC*) yang dilengkapi dengan pengatur tegangan otomatis atau memasang peralatan kompensator untuk memperoleh kinerja yang optimal.

Dengan demikian sangat diperlukan berbagai cara guna menjaga agar peralatan kontrol mampu bekerja secara optimal. Untuk itu berbagai metode seperti *Fuzzy Dynamic Programming* telah dicoba diterapkan pada gardu induk sebagai salah satu sub distribusi yang memegang peranan penting dalam penyaluran tenaga listrik. Namun tidak menutup kemungkinan munculnya metode baru akan diterapkan sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi.

Pada penulisan skripsi ini penulis mencoba menyajikan metode pendekatan kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming* yang diaplikasikan untuk mengatur tegangan melalui perkiraan *tap position* yang disajikan oleh kemampuan *Artificial Neural Network*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan hal tersebut permasalahan yang akan dibahas adalah seberapa besar tingkat akurasi antara tegangan *output* pada sisi sekunder dengan setting *tap position* ideal, agar nantinya tidak terjadi *mismatch* yang besar. Sehingga pengaturan tegangan dapat dilakukan dengan sempurna. Sehubungan dengan hal tersebut, maka skripsi ini disusun dengan mengambil judul :

” KOMBINASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-FUZZY DYNAMIC PROGRAMMING SEBAGAI ALGORITMA PENGATURAN TEGANGAN PADA G.I. DISTRIBUSI SENGKALING-MALANG ”.

1.3. Tujuan Pembahasan

Adapun tujuan pembahasan skripsi ini adalah bagaimana meningkatkan profil tegangan pada sisi sekunder melalui setting *tap* agar nilai tegangan mampu di setting pada nilai 1 pu pada setiap jamnya, dengan batas yang diijinkan sekitar

0,95 sampai dengan 1,05 pu yang akan di buktikan oleh metode pendekatan kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming*.

1.4. Batasan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini meliputi masalah pengaturan tegangan pada sistem distribusi. Pengaturan tegangan pada sistem distribusi akan berhubungan dengan pengaturan operasi peralatan-peralatan pengatur tegangan pada gardu induk distribusi.

Mengingat luasnya ruang lingkup pembahasan pengaturan tegangan pada beberapa pembatasan untuk lebih memudahkan formulasi dan solusi serta memfokuskan masalah yang akan dibahas, antara lain :

1. Analisa yang digunakan adalah menggunakan metode pendekatan kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming*.
2. Pembahasan hanya mencakup pengaturan tegangan pada gardu induk distribusi, sehingga pengaturan tegangan pada saluran penyulang (*feeder*) tidak dibahas.
3. Sistem diasumsikan dalam keadaan *steady – state*.
4. Variabel pengaturan hanya seputar setting tap dan tegangan sisi sekunder

1.5. Metode Pembahasan

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mencoba melakukan beberapa metode penelitian diantaranya yaitu studi literature dengan mengumpulkan sebanyak mungkin bahan-bahan pokok bahasan dari buku, makalah dan jurnal pendukung. Mengumpulkan data yang diperlukan sebagai inputan program simulasi untuk menampilkan proses komputasi yang dilakukan oleh metode

pendekatan kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming*. Setelah program simulasi (program Matlab 6.1) melakukan proses komputasi maka akan diketahui apakah metode yang digunakan tersebut konvergen. Sehingga nantinya bisa dikatakan bahwa perhitungan yang dilakukan telah teruji kebenarannya.

1.5. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan merupakan gambaran secara menyeluruh skripsi yang akan dibahas. Penyusunan skripsi ini dibagi menjadi lima (5) bab dengan pembahasan adalah sebagai berikut :

BAB I. Pendahuluan

Merupakan penjelasan secara singkat mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode pembahasan , dan sistematika pembahasan.

BAB II. Pengaturan Tegangan Pada Gardu Induk Distribusi

Merupakan teori penunjang yang memberikan penjelasan tentang hal-hal yang mempengaruhi pengaturan tegangan, pengendalian tegangan pada gardu induk distribusi, pengubah sadapan berbeban, kapasitor shunt, ketentuan pengaturan tegangan.

BAB III. *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming.*

Merupakan penjelasan mengenai teori *Artificial Neural Network*, teori himpunan *fuzzy*, operasi himpunan *fuzzy*, pengambilan keputusan fuzzy serta aplikasi *fuzzy logic* pada pengaturan tegangan pada gardu induk distribusi, konsep teori *dynamic programming*. Proses perhitungan optimasi dengan metode kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming, Flowchart*.

BAB IV. Simulasi Dan Analisa Data

Merupakan Aplikasi Perhitungan dari *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming*, hasil perhitungan dan grafik perkiraan, *Flowchart* Program.

BAB V. Kesimpulan Dan Saran

Merupakan penutup dari penulisan akhir, berisi kesimpulan dan saran dari seluruh pembahasan.



BAB II

PENGATURAN TEGANGAN PADA GARDU INDUK DISTRIBUSI

2.1. Proses Penyampaian Tenaga Listrik ke Pelanggan^[4]

Sistem tenaga listrik merupakan gabungan dari beberapa komponen listrik dengan tujuan merubah energi dari bentuk lain ke energi listrik dan kemudian menyalurkannya dari pusat-pusat pembangkit ke pusat-pusat beban (konsumen).

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga komponen utama, yaitu :

1. Pusat pembangkit tenaga listrik
2. Jaringan transmisi tenaga listrik
3. Sistem distribusi tenaga listrik

Energi primer dari alam seperti bahan bakar (minyak bumi, batubara), air, panas bumi, angin dan surya dikonversikan menjadi energi mekanik oleh penggerak mula yang kemudian memutar generator untuk menghasilkan tenaga listrik. Proses ini dilakukan dalam pusat-pusat pembangkit listrik seperti : PLTA, PLTU, PLTG, PLTP, PLTG, PLTGU, dan PLTN.

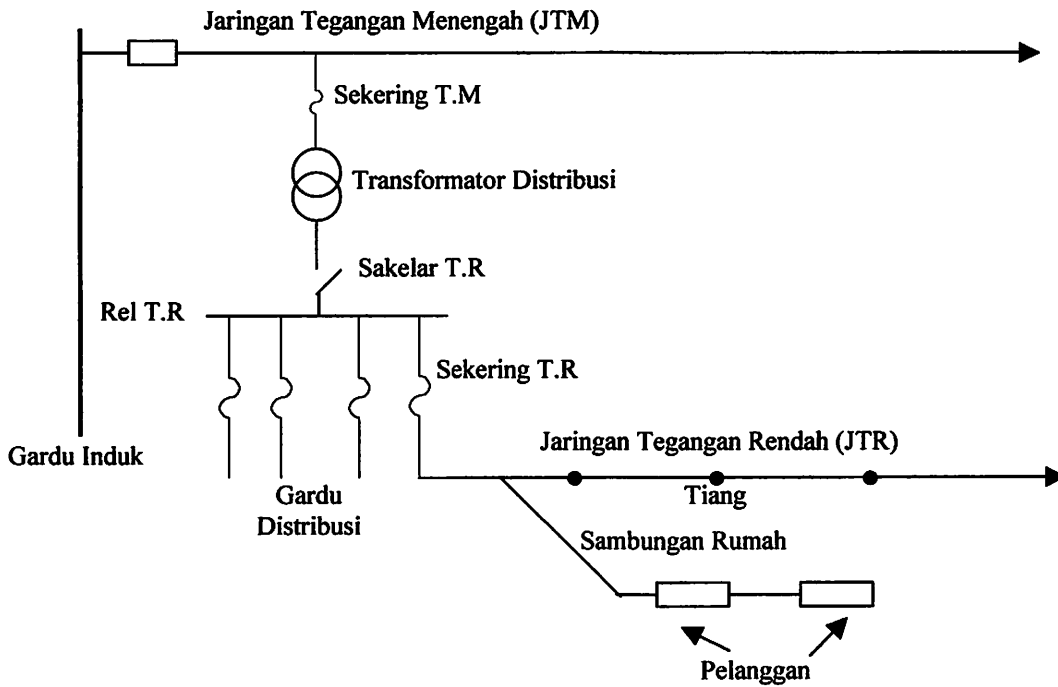
Tenaga listrik yang dibangkitkan dalam pusat-pusat pembangkit listrik terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step-up transformer*) yang ada di pusat listrik kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Hal ini digambarkan pada gambar 2.1. Saluran transmisi tinggi di PLN kebanyakan mempunyai tegangan 70 kV, 150kV, dan 500 kV.



Gardu Induk

Jaringan distribusi

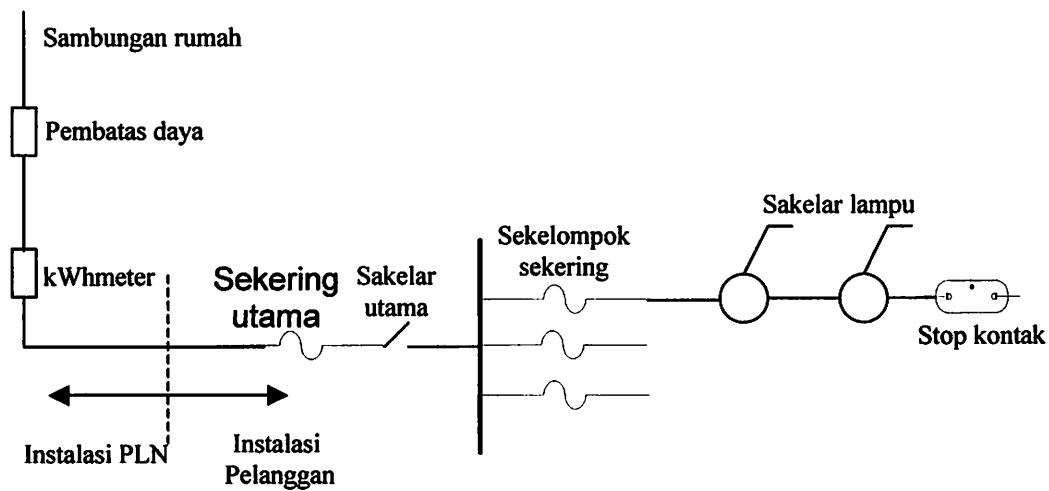
Setelah itu tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan 380/220 volt atau 220/127 volt, kemudian disalurkan ke rumah-rumah pelanggan PLN melalui sambungan rumah. Hal ini digambarkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2.
Jaringan distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR)
dan Sambungan Rumah ke Pelanggan^[4]

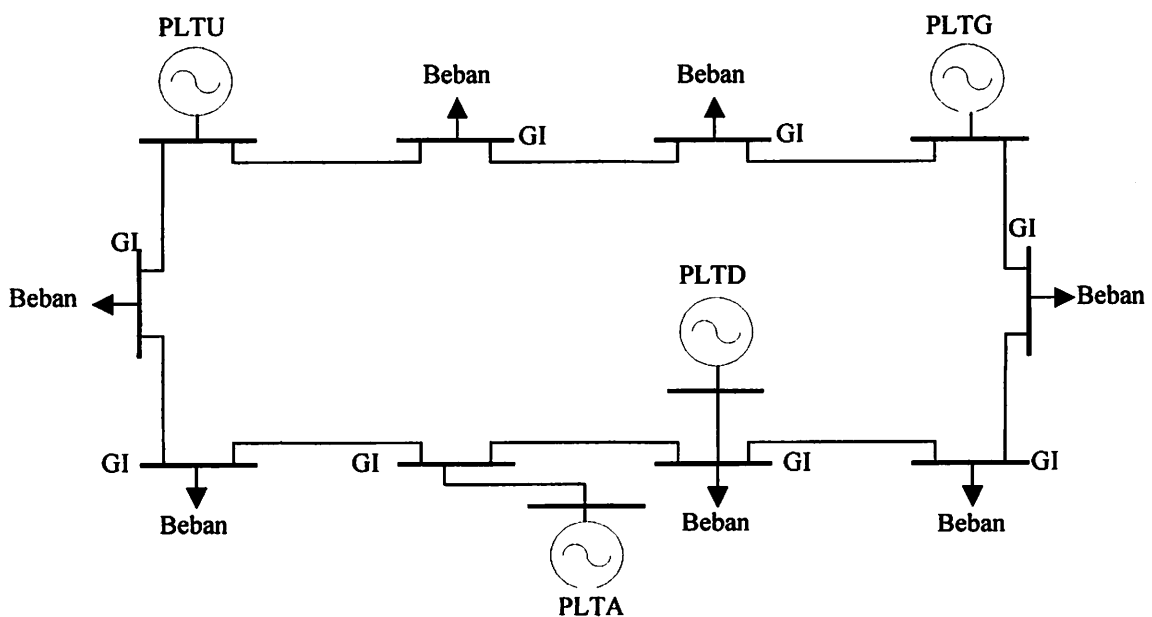
Setelah tenaga listrik melalui jaringan tegangan menengah (JTM), jaringan tegangan rendah (JTR) dan sambungan rumah (SR), maka tenaga listrik selanjutnya melalui alat pembatas daya dan kWh meter. Rekening listrik pelanggan tergantung kepada daya tersambung serta pemakaian kWh-nya, oleh karenanya lah PLN memasang pembatas daya dan kWhmeter.

Setelah melalui kWhmeter, seperti terlihat pada gambar 2.3. tenaga listrik kemudian memasuki instalasi rumah, yaitu instalasi milik pelanggan seperti lampu, setrika, lemari es, pesawat radio, pesawat televisi dan lain-lain.



Gambar 2.3. Batas instalasi PLN dan instalasi pelanggan^[4]

Pusat-pusat listrik dan GI satu dengan lainnya dihubungkan oleh saluran transmisi sehingga terbentuk suatu sistem tenaga listrik seperti gambar 2.4. agar tenaga listrik dapat mengalir sesuai dengan kebutuhan (*demand*).



Gambar 2.4.
Sistem tenaga listrik dengan sebuah PLTU, sebuah PLTG, sebuah PLTD, sebuah PLTA dan delapan buah gardu induk (GI)^[4]

Setiap GI sesungguhnya merupakan pusat beban untuk daerah pelanggan tertentu, bebannya berubah-ubah sepanjang waktu sehingga daya yang di bangkitkan pusat-pusat listrik ikut berubah. Perubahan beban dan perubahan pembangkitan daya ini menyebabkan aliran daya dalam saluran transmisi dan jaringan distribusi berubah-ubah sepanjang waktu yang turut mempengaruhi mutu dan keandalan yang diukur dengan frekuensi, tegangan dan jumlah gangguan.

2.2. Masalah-Masalah Operasi Sistem Tenaga Listrik

Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik sering ditemui berbagai masalah. Hal ini disebabkan karena pemakaian tenaga listrik selalu berubah sepanjang waktu, biaya bahan bakar yang relatif tinggi serta kondisi alam dan lingkungan yang sering mengganggu jalannya operasi.

Berbagai masalah pokok yang harus dihadapi dalam pengoperasian sistem tenaga listrik adalah^[4] :

1. Pengaturan frekuensi dalam sistem

Sistem listrik harus dapat memenuhi kebutuhan (*demands*) akan tenaga listrik dari konsumen sepanjang waktu. Untuk itu daya yang dibangkitkan dalam sistem tenaga listrik harus selalu sama atau mendekati besarnya beban sistem, hal ini dapat diamati melalui frekuensi sistem.

2. Pemeliharaan peralatan

Peralatan yang beroperasi dalam sistem tenaga listrik perlu dipelihara secara periodik dan harus segera diperbaiki apabila mengalami kerusakan.

3. Biaya operasi

Biaya operasi khususnya biaya bahan bakar adalah biaya yang terbesar dari suatu perusahaan listrik sehingga perlu digunakan teknik-teknik optimasi untuk menekan biaya ini.

4. Perkembangan sistem

Beban selalu berubah sepanjang waktu dan juga selalu berkembang seiring dengan perkembangan kegiatan yang tidak dapat dirumuskan secara eksak. Untuk itu perlu pengamatan secara terus-menerus agar dapat diketahui langkah-langkah pengembangan sistem yang harus dilakukan supaya sistem dapat mengikuti perkembangan beban sehingga tidak akan terjadi pemadaman tenaga listrik dalam sistem.

5. Gangguan dalam sistem tenaga

Gangguan dalam sistem tenaga listrik adalah sesuatu yang tidak dapat sepenuhnya dihindari. Pada umumnya penyebab gangguan adalah kondisi alam dan lingkungan seperti petir, angin, dll.

6. Pengaturan tegangan dalam sistem tenaga

Tegangan merupakan salah satu unsur kualitas penyediaan tenaga listrik dalam sistem. Kualitas tegangan yang diinginkan adalah besarnya tegangan yang digunakan sesuai dengan tegangan yang didisain dari peralatan listrik konsumen, sampai pada batas tertentu.

2.3. Hal-hal Yang Mempengaruhi Pengaturan Tegangan

Secara umum pelayanan listrik yang diinginkan oleh para pelanggan adalah terjaminnya kelangsungan tenaga listrik secara terus menerus dengan mutu yang memadai. Salah satu kriteria dasar mutu listrik yang memadai adalah

tegangan yang ideal. Dalam sistem tenaga listrik yang terdiri dari banyak GI dan pusat listrik, setiap GI maupun pusat listrik terdapat sebuah simpul (*bus*). Tegangan dari simpul di GI dan tegangan dari simpul di pusat listrik akan membentuk profil tegangan sistem. Berbeda dengan frekuensi yang selalu sama di setiap bagian sistem, tegangan di setiap bagian sistem tidak sama. Hal ini disebabkan karena frekuensi hanya dipengaruhi oleh daya nyata dalam sistem, sedangkan tegangan dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu^[4] :

1. Daya reaktif beban
2. Daya reaktif yang didapat dalam sistem (selain generator, seperti kapasitor shunt, kondesator sinkron, reactor shunt dll)
3. Posisi sadapan (tap) transformator.

Pengaturan tegangan pada suatu titik (simpul) dalam sistem akan lebih mudah apabila pada titik tersebut terdapat sumber daya reaktif yang bisa diatur. Berbeda dengan pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan mengatur sumber daya nyata di mana saja dalam sistem. Oleh sebab itu pengaturan tegangan lebih sulit dibandingkan dengan pengaturan frekuensi.

2.4. Pengendalian Tegangan Pada Gardu Induk Distribusi

Pengendalian tegangan pada gardu induk distribusi di perlukan untuk menjaga agar tegangan distribusi masih dalam batas-batas yang diperbolehkan maka ini berarti tegangan perlu dikendalikan, misalnya menaikkan tegangan bila rendah dan menurunkan tegangan bila tinggi. Ada beberapa cara untuk memperbaiki pengaturan tegangan secara keseluruhan dari GI distribusi, antara lain^[1]:

1. Memakai alat pengatur tegangan pada gardu induk (GI).
2. Memasang kapasitor parallel (*shunt Capacitor*) pada gardu induk.

Transformator utama dalam gardu induk dilengkapi dengan pengubah sadapan berbeban (*On Load Tap Changing = OLTC*) yang bekerja secara otomatis terhadap setiap perubahan beban, sehingga tetap dapat dijaga agar tegangan yang diinginkan dapat tercapai. Bila beban meningkat, alat pengatur tegangan ini akan menaikkan tegangan penyulang JTM di GI untuk mengkompensir jatuh tegangan pada saluran distribusinya.

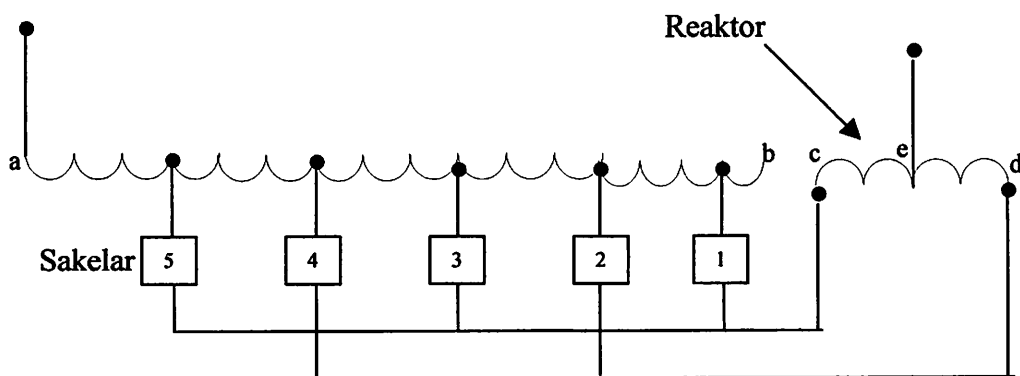
Kapasitor pada umumnya tidak dipasang seri pada saluran JTM, dan pada GI kapasitor dipasang hanya untuk mendapatkan faktor daya yang ekonomis. Biasanya instalasi kendalinya cukup rumit agar sakelarnya dapat berfungsi sebagai sakelar hubung otomatis. Pada hal tertentu, kapasitor yang dilengkapi dengan sakelar hubung otomatis, dapat menggantikan alat pengatur tegangan tipe pengubah sadapan berbeban yang konvensional untuk mengatur tegangan pada saluran JTM.

2.4.1. Pengubah Sadapan Berbeban

Untuk dapat mengendalikan tegangan primer jaringan distribusi dan menjaga tegangan sistem yang sampai pada pelanggan masih memenuhi syarat, sebagian besar GI dilengkapi dengan suatu alat pengatur tegangan. Pada transformator utama di GI yang memasok JTM, dilengkapi dengan pengubah sadapan berbeban, yang dapat mengubah besarnya tegangan tanpa harus memutus sirkuitnya. Sadapan (tap) ini dapat merubah perbandingan dari transformator. Sadapan dapat dipasang pada sisi tegangan tinggi maupun di sisi tegangan rendah.

Pemilihan antara kedua sisi ini didasarkan pada tegangan per lilitan, yang sedapat mungkin konstan. Pada umumnya dipasang pada tegangan tinggi (sisi primer) dengan maksud agar arus yang diputus relatif kecil.

Pada gambar 2.5. terlihat salah satu sirkuit dari pengubah sadapan berbeban. Belitan transformator ab disadap di lima tempat pada sakelar 1, 2, 3, 4, 5. Disini terdapat autotransformator reaktor cd dengan sadapan ditengah-tengahnya, yaitu titik e. Reaktor ini berfungsi mencegah hubungan singkat dari sadapan sewaktu terjadi peralihan hubungan. Urutan perubahan posisi sadapan secara garis besar dapat dilihat pada gambar 2.5. dengan bantuan tabel 2.1. Pada posisi pertama, sakelar 1 masuk, arus beban melewati $\frac{1}{2}$ belitan reaktor cd, yaitu ce. Untuk mengubah sadapan 1 posisi sakelar 2 dimasukkan, sementara sakelar 1 tetap masuk, arus beban terbagi dua arah yang berlawanan masing-masing melalui $\frac{1}{2}$ belitan reaktor cd, yaitu ce dan de. Pada posisi ini selain arus beban pada reaktor, akan mengalir arus sirkulasi. Langkah perubahan sadapan selanjutnya, sakelar 1 dibuka, sakelar 2 tetap menutup, sehingga arus beban mengalir pada $\frac{1}{2}$ belitan



Gambar 2.5
Pengubah sadapan berbeban dengan 5 sakelar^[1]

Tabel 2.1.
Tabel posisi dan kerja sakelar pada pengubah sadapan berbeban^[1].

Posisi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sakelar 1	0	0							
Sakelar 2		0	0	0					
Sakelar 3				0	0	0			
Sakelar 4						0	0	0	
Sakelar 5								0	0

Perubahan sadapan berbeban dari transformator ini, biasanya digerakkan secara mekanis oleh motor dan dapat juga dilengkapi peralatan yang dapat dikerjakan secara manual, hal ini dimaksudkan untuk berjaga-berjaga apabila alat mekanis motornya mengalami gangguan.

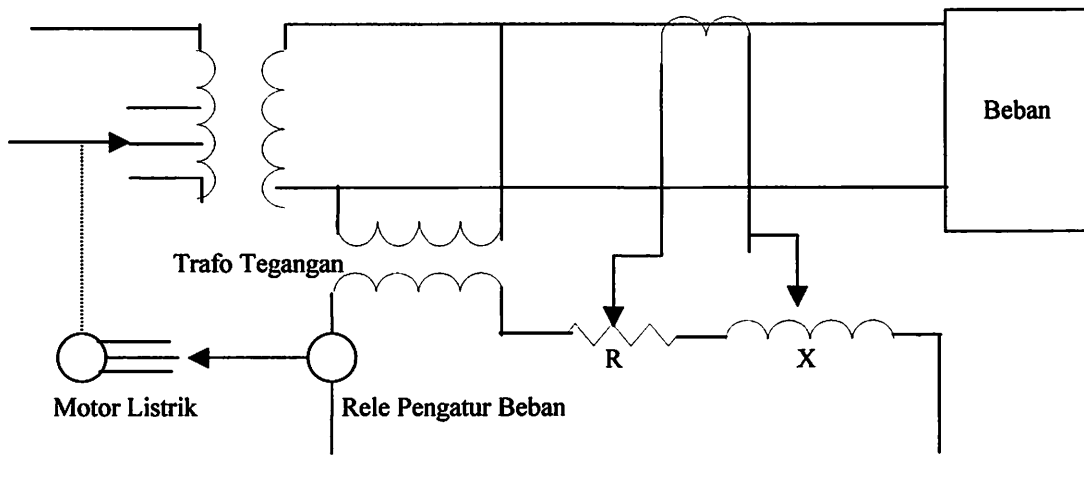
Pengubah sadapan berbeban ini dapat bekerja secara otomatis dengan menggunakan pengatur tegangan otomatis (*Automatic Voltage Regulator*). Pengatur tegangan otomatis ini akan bekerja atas dasar tegangan yang diinderanya, yang pada umumnya pada sisi tegangan rendah (sisi sekunder).

Pengatur tegangan otomatis ini terdiri pada dasarnya terdiri dari tiga bagian, yaitu^[5] :

1. Alat pemberi isyarat yang terdiri dari alat untuk mengukur tegangan dan kompensator saluran (*Line Drop Compensator = LDC*) untuk mengukur jatuh tegangan pada kawat penghantar.
2. Alat pembanding, yang membandingkan perbedaan-perbedaan tegangan dengan harga yang dikehendaki. Bila perbedaan ini sudah melebihi suatu

harga tertentu, maka keluarlah suatu sinyal yang akan memerintahkan alat ketiga untuk menggerakkan posisi titik sadap.

3. Alat ketiga berupa motor listrik yang menggerakkan kontak-kontak sakelar setelah menerima sinyal dari alat kedua.



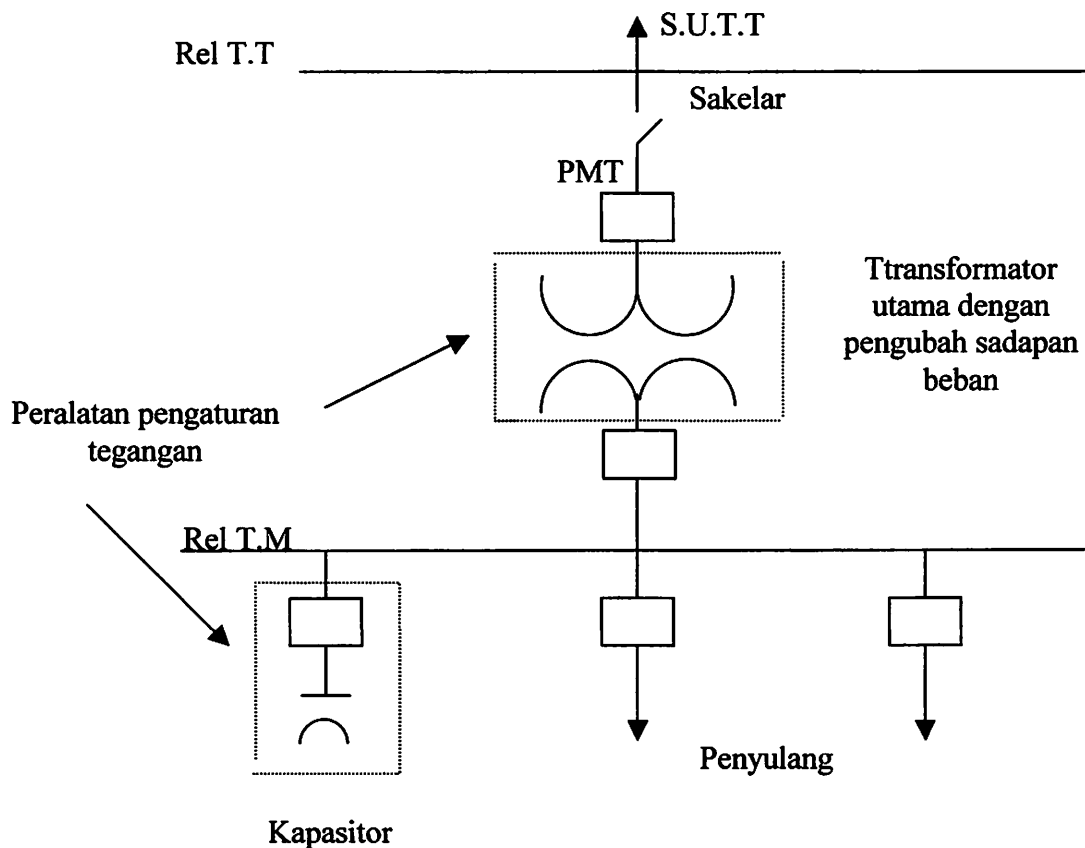
Gambar 2.6.
Bagan pegaturan tegangan secara otomatis^[5]

Tegangan pada beban tergantung dari tegangan pada sisi sekunder transformator dan besarnya jatuh tegangan pada kawat penghantar. Tegangan diukur dengan transformator tegangan (TT) sedangkan jatuh tegangan yang berbanding lurus dengan arus beban diukur dengan transformator arus (TA).

Dimisalkan bahwa tegangan di sisi sekunder transformator turun. Sisi sekunder dari TT memberi isyarat pada rele pengatur tegangan (RPT) untuk mengerjakan kontak-kontak yang menggerakkan motor pengatur ke arah naikknya tegangan dengan memindahkan kontak sadapan. Naiknya tegangan akan menggerakkan motor pengatur sehingga kontak sadap bergerak yang mengakibatkan turunnya tegangan.

2.5. Ketentuan Pengaturan Tegangan Pada Gardu Induk Distribusi

Pada gambar 2.7. terlihat transformator utama dan peralatan proteksi di dalam suatu gardu induk distribusi di antara rel tegangan tinggi pada sisi primer dan rel tegangan menengah pada sisi sekunder. Pada transformator utama dilengkapi dengan pengubah sadapan beban yang posisi sadapannya akan bergeser/berpindah dalam suatu jangka waktu tertentu apabila terjadi penyimpangan tegangan akibat perubahan beban untuk mempertahankan tegangan sekunder pada suatu nilai tertentu. Sedangkan kapasitor shunt dipasang pada sisi sekunder gardu induk distribusi untuk mengkompensir aliran daya reaktif di dalam transformator utama



Gambar 2.7.
Diagram satu garis gardu induk distribusi^[3]

Kapasitor shunt terhubung apabila aliran daya reaktif (*lagging/leading*) dalam transformator utama melebihi 50% daripada kapasitas kapasitor shunt tersebut. Sebelum sakelar-hubung kapasitor shunt bekerja, terlebih dahulu dipastikan bahwa tegangan sekunder tetap berada pada batas-batas yang diperbolehkan ($\pm 5\%$). Dengan kata lain, bahwa kapasitor shunt terhubung apabila tidak mengakibatkan tegangan sekunder melebihi batas-batas yang diperbolehkan^[2].

Pengaturan posisi sadapan untuk menentukan besarnya tegangan jepit transformator utama dapat dilakukan secara otomatis oleh pengatur tegangan otomatis (AVR) atau secara manual oleh *dispatcher* (pengirim perintah). Begitu

juga dengan kapasitor shunt dapat dihubungkan atau diputus secara otomatis atau manual oleh *dispatcher* pada pusat pengatur beban (P2B) distribusi. Pengaturan posisi sadapan maupun kapasitor shunt harus dilakukan secara terkoordinasi karena penghubungan kapasitor shunt dapat mempengaruhi tegangan dan pergeseran posisi sadapan, yang dapat mempersingkat umur kerja pengubah sadapan beban dan meningkatkan biaya pemeliharaan.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa permasalahan yang harus dihadapi dalam pengaturan tegangan pada gardu induk distribusi adalah bagaimana mengkoordinasikan kerja pengubah sadapan berbeban dan kapasitor shunt setiap jam dalam satu hari sehingga ketentuan-ketentuan di bawah ini terdapat terpenuhi, yaitu :

- 1 Tegangan pada sisi sekunder harus dapat dipertahankan sedekat mungkin pada suatu nilai setiap jamnya dalam satu hari.
- 2 Faktor daya pada transformator utama harus dipertahankan semaksimal mungkin.
3. Banyaknya perpindahan posisi sadapan pengubah sadapan berbeban dan penghubungan kapasitor shunt seminimal mungkin.

Ketentuan-ketentuan di atas merupakan fungsi obyektif dan kriteria pembatas dari pengaturan tegangan pada gardu induk distribusi.



BAB III

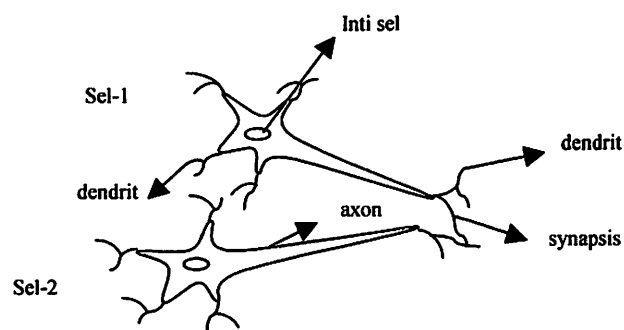
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-FUZZY DYNAMIC PROGRAMMING

3.1. Jaringan syaraf tiruan (*Artificial Neural Network*)

Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran.

3.1.1. Otak manusia

Otak manusia berisi berjuta-juta sel syaraf yang bertugas untuk memproses informasi. Tiap-tiap sel bekerja seperti suatu prosesor sederhana. Masing-masing sel tersebut saling berinteraksi sehingga mendukung kemampuan kerja otak manusia.



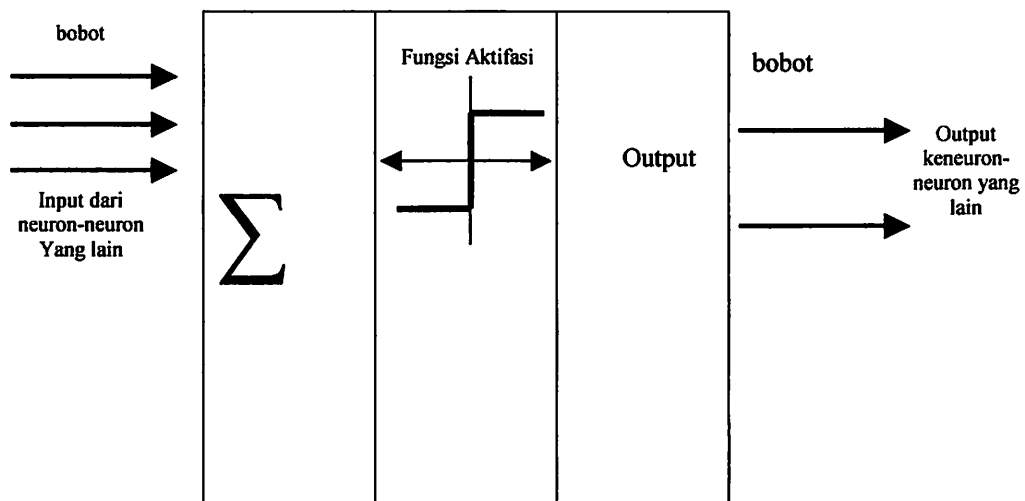
Gambar 3.1.
Susunan syaraf manusia^[5]

Gambar 3.1 menunjukkan susunan syaraf pada manusia. Setiap sel syaraf (*neuron*) akan memiliki satu inti sel, inti sel ini nanti yang akan bertugas untuk

melakukan proses pemrosesan informasi. Informasi yang datang akan diterima oleh dendrit. Selain menerima informasi, dendrit juga menyertai axon sebagai keluaran dari suatu pemrosesan informasi. Informasi hasil olahan ini akan menjadi masukan bagi neuron lain yang mana antar dendrit kedua sel tersebut dipertemukan dengan synapsis. Informasi yang datang akan diterima oleh dendrite akan dijumlahkan dan dikirim melalui axon ke dendrit akhir yang bersentuhan dengan dendrit dari neuron lain. Informasi ini akan diterima oleh neuron lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering dikenal dengan nilai ambang (threshold). Pada kasus ini, neuron tersebut dikatakan teraktivasi. Hubungan antar neuron terjadi secara adaptif, artinya struktur hubungan tersebut terjadi secara dinamis. Otak manusia selalu memiliki kemampuan untuk belajar dengan melalui adaptasi.

3.1.2. Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Ada beberapa type jaringan syaraf, namun demikian, hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama *bobot*. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Gambar 3.2 menunjukkan struktur neuron pada jaringan syaraf.

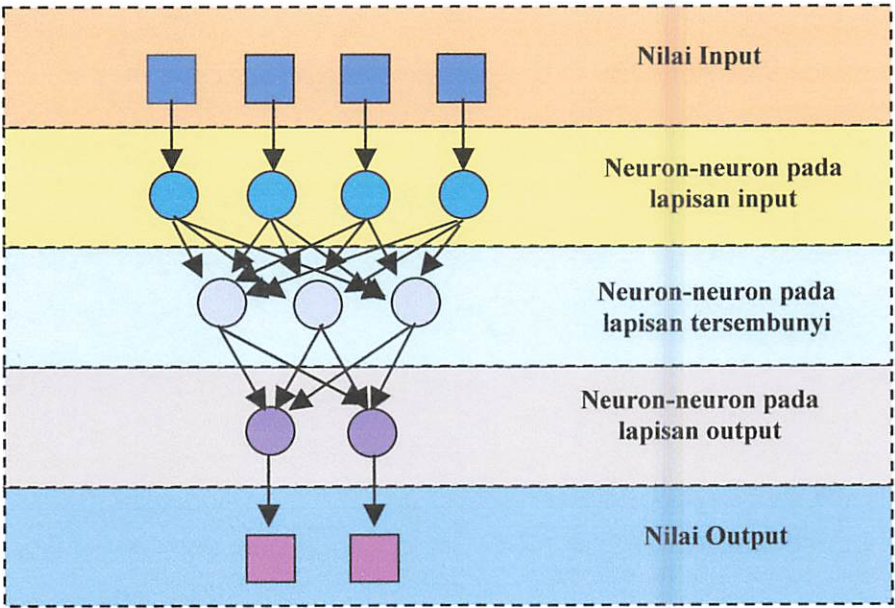


Gambar 3.2.
Struktur neuron jaringan syaraf

Jika dilihat *neuron* buatan ini sebenarnya mirip dengan sel neuron biologis. Neuron-neuron tersebut bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron-neuron biologis. Informasi (disebut dengan : **input**) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang tertentu (*threshold*) tertentu melalui **fungsi aktivasi** setiap neuron. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan, tapi kalau tidak, maka neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya kesemua neuron yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya.

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (***neuron layer***). Biasanya

neuron-neuron pada lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan lapisan output). Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai ke lapisan output melalui yang lainnya, yang sering dikenal dengan dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan. Gambar 3.3, menunjukkan jaringan syaraf dengan 3 lapisan. Gambar 3.3, bukanlah struktur umum jaringan syaraf. Beberapa jaringan syaraf ada juga yang tidak memiliki lapisan tersembunyi, dan ada juga jaringan syaraf dimana neuron-neuronnya disusun dalam bentuk matriks.



Gambar 3.3
Jaringan Syaraf dengan 3 lapisan ^[6]

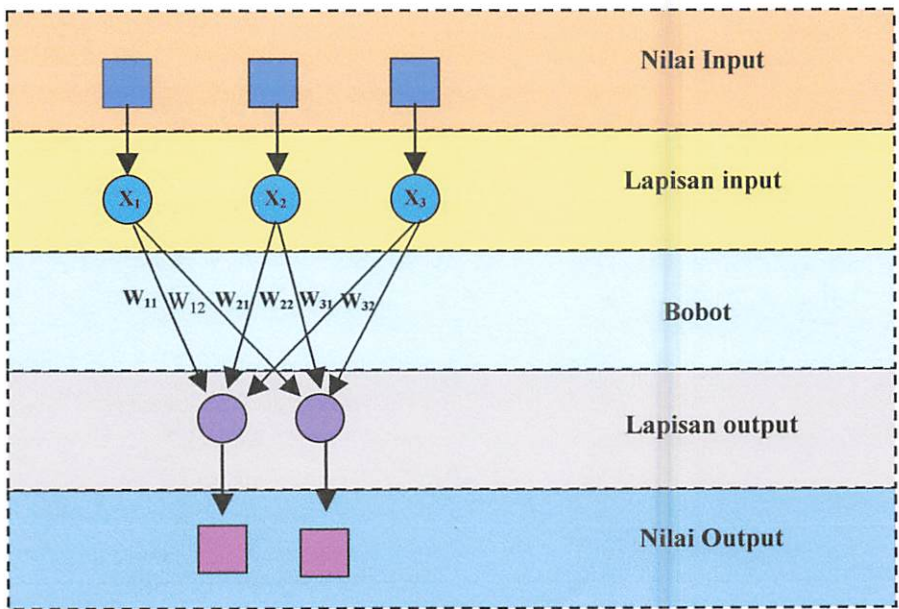
3.1.3. **Arsitektur Jaringan**

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa neuron-neuron dikelompokkan dalam lapisan-lapisan. Umumnya neuron-neuron yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktifasi dan pola bobotnya. Pada setiap lapisan yang sama, neuron-neuron akan memiliki fungsi aktivasi yang sama. Apabila neuron-neuron dalam suatu lapisan (misalkan lapisan tersembunyi) akan dihubungkan dengan neuron-neuron pada lapisan yang lain (misalkan lapisan output), maka setiap neuron pada lapisan tersebut (misalkan lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan dengan setiap lapisan lainnya(misalkan lapisan output).

Ada beberapa arsitektur jaringan syaraf, antara lain:

A. Jaringan dengan lapisan tunggal(single layer net)

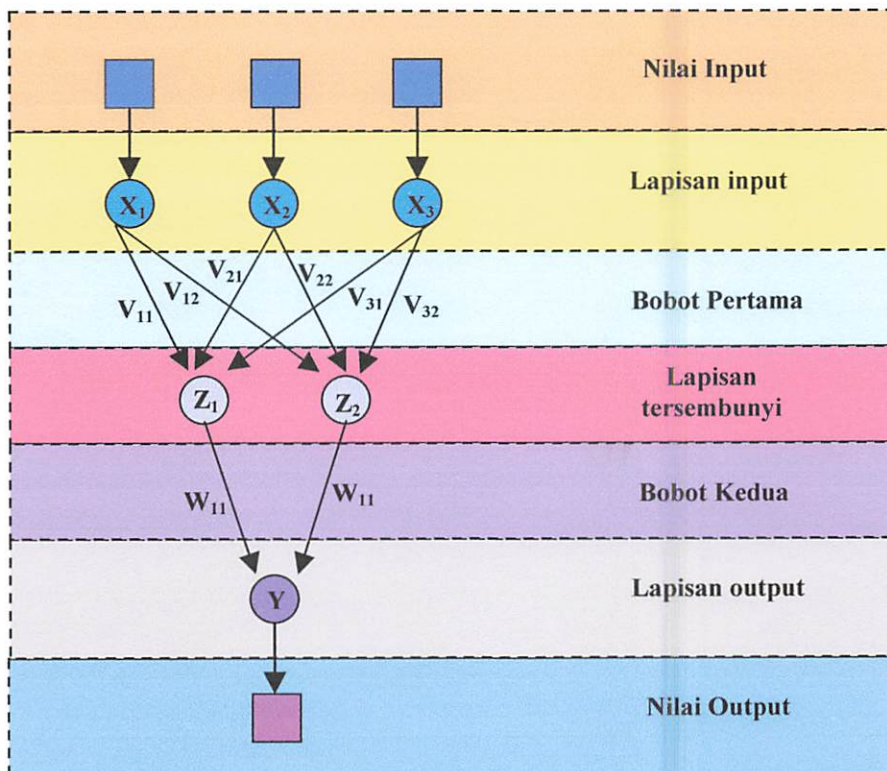
Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima input kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi output tanpa harus menjadi lapisan tersembunyi.



Gambar 3.4

B. Jaringan dengan banyak lapisan (multilayer net)

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki 1 atau lebih lapisan terletak diantara lapisan input dan lapisan output (memiliki 1 atau lebih lapisan tersembunyi), seperti terlihat pada gambar 3.5. Jumlah hidden unit tergantung pada kebutuhan. Semakin kompleks jaringan, hidden units yang dibutuhkan semakin banyak, demikian juga layernya. Terdapat dua buah layer dengan bobot v dan w . Umumnya, ada lapisan bobot-bobot yang terletak diantara 2 lapisan (*layer*) yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada jaringan dengan lapisan tunggal, tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit. Namun demikian, pada banyak kasus, pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah.



Gambar 3.5.
Jaringan syaraf dengan banyak lapisan^[6]

3.2. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi adalah fungsi yang mengolah data input menjadi data output. Fungsi ini biasanya berupa fungsi pemampat (*Squashing Function*). Fungsi aktivasi yang biasa dipergunakan adalah jenis fungsi *sigmoid biner*, dengan nilai pada range 0 sampai 1 sesuai dengan output yang dikehendaki pada jaringan syaraf pada umumnya yaitu pada interval antara 0 sampai 1. Perumusannya dituliskan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}$$

3.3. Proses Pembelajaran

Pada otak manusia, informasi yang dilewatkan dari satu neuron yang lainnya berbentuk rangsangan listrik melalui dendrite. Jika rangsangan tersebut diterima oleh suatu neuron, maka neuron tersebut akan membangkitkan output ke semua neuron yang berhubungan dengannya sampai informasi tersebut sampai ketujuannya yaitu terjadinya suatu reaksi. Jika rangsangan yang diterima terlalu halus, maka output yang dibangkitkan oleh neuron tersebut tidak akan direspon. Tentu saja sangatlah sulit untuk memahami bagaimana otak manusia bisa belajar. Selama proses pembelajaran, terjadi perubahan yang cukup berarti pada bobot-bobot yang menghubungkan antar neuron. Apabila ada rangsangan yang sama dengan rangsangan yang telah diterima oleh neuron, maka neuron akan memberikan reaksi dengan cepat. Namun, apabila kelak ada rangsangan yang berbeda dengan apa yang telah diterima oleh neuron, maka neuron akan segera beradaptasi untuk memberikan reaksi yang sesuai.

Jaringan syaraf akan mencoba untuk mensimulasikan kemampuan otak manusia untuk belajar. Jaringan syaraf tiruan juga tersusun atas neuron-neuron dan dendrite. Tidak seperti model biologis, jaringan syaraf memiliki struktur yang tidak dapat diubah, dibangun oleh sejumlah neuron, dan memiliki nilai tertentu yang menunjukkan seberapa besar koneksi antara neuron (yang dikenal dengan nama bobot). Perubahan yang terjadi selama proses pembelajaran adalah perubahan nilai bobot. Nilai bobot akan bertambah, jika informasi yang diberikan oleh neuron yang bersangkutan tersampaikan, sebaliknya jika informasi tidak disampaikan oleh suatu neuron ke neuron yang lain, maka nilai bobot yang menghubungkan keduanya akan dikurangi. Pada saat pembelajaran dilakukan pada input yang berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai yang cukup seimbang. Apabila nilai ini telah tercapai mengindikasikan bahwa tiap-tiap input telah berhubungan dengan output yang diharapkan.

3.3.1. Pembelajaran terawasi (*supervised learning*)

Metode pembelajaran pada jaringan syaraf disebut terawasi jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Dalam proses belajar yang terawasi , seolah-olah ada "guru" yang mengajari jaringan. Contoh: andaikan kita memiliki jaringan syaraf yang akan digunakan untuk mengenali pasangan pola.

Pada proses pembelajaran (training), satu pola input akan diberikan ke satu neuron lagi. pada lapisan input. Pola ini akan dirambatkan disepanjang jaringan syaraf hingga sampai ke neuron pada lapisan output. Lapisan output ini akan membangkitkan pola output yang nantinya akan dicocokkan dengan pola output

tagetnya. Apabila terjadi perbedaan antara pola output hasil pembelajaran dengan pola target, maka disini akan muncul error. Apabila nilai error ini masih cukup besar, mengindikasikan bahwa masih perlu dilakukan banyak pembelajaran

Dalam proses belajar yang terawasi , seolah-olah ada "guru" yang mengajari jaringan. Cara pelatihan jaringan tersebut adalah dengan memberikan data-data yang disebut training data terdiri atas pasangan input-output yang diharapkan. Data-data itu biasanya, didapat dari pengalaman atau pengetahuan seseorang dalam penyelesaian persoalan. Setelah jaringan dilatih, akan mengingat suatu pola. Jika jaringan diberi input baru, jaringan dapat mengeluarkan output seperti yang diharapkan (*desired* atau *target output*) berdasarkan pola yang sudah ada.

Ada banyak metode yang menggunakan prinsip pembelajaran terawasi ini, antara lain:

- | | |
|---------------|-----------------------------|
| 1. Hebb rule | 4. Heteroassociative Memory |
| 2. Perceptron | 5. Counter Propagation |
| 3. Delta Rule | 6. Backpropagation |

Dari keenam metode tersebut, metode yang paling sering digunakan adalah Backpropagation. Ini dikarenakan backpropagation selain cukup simpel, metode ini juga telah terbukti mampu menyelesaikan masalah yang rumit dengan sukses. Oleh karena dalam skripsi ini juga menggunakan metode pembelajaran backpropagation.

3.3.2. Pembelajaran Tak Terawasi

Pada metode pembelajaran tak terawasi tidak memerlukan target output. Pada metode ini, tidak dapat ditentukan hasil yang seperti apakah yang

diharapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu range tertentu tergantung pada nilai input yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah pengelompokan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk pengelompokan (klasifikasi) pola. Metode yang dipakai dalam proses belajar tak terawasi ini antara lain Kohonen self-organizing Maps.

Perlu diketahui, bahwa biasanya dalam pelatihan jaringan, selain ada data untuk training (*training set*), juga ada data untuk tes (*test set*). Training data, selain digunakan untuk pelatihan, juga digunakan untuk memantau besarnya error yang terjadi antara output yang dihasilkan jaringan dengan output yang diharapkan. Training data akan mempengaruhi proses pelatihan. Jadi, pada training data set, baik data input maupun output, semuanya digunakan untuk pelatihan (training). Sedangkan test set dipakai dalam perhitungan (prakiraan) untuk mengetahui output yang dihasilkan jaringan karena adanya data input. Dalam test tersebut, dapat diketahui seberapa banyak jaringan telah belajar (iterasi atau epoch) dari pelatihan dan apakah jaringan telah mampu untuk menghasilkan output yang benar dengan bobot yang sudah ada. Data output pada test set hanya digunakan untuk menentukan besarnya error dengan cara membandingkan output jaringan dengan output yang diharapkan (tidak mempengaruhi proses pelatihan). Tidak ada aturan khusus tentang banyaknya *training data* dan *test data* tersebut. Jadi training data dan test data diambil secukupnya sesuai dengan kebutuhan

3.4. Backpropagation

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma backpropagation menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (backward). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (feed forward) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid.

3.4.1. Penurunan Algoritma Backpropagation

Algoritma backpropagation terdiri atas tahapan propagasi maju dan tahapan propagasi balik. Tahapan propagasi maju dimulai dengan memberikan suatu pola (sinyal) masukan pada lapisan input pada jaringan. Pada lapisan input, pola masukan hanya dilewatkan untuk kemudian dikalikan dengan pebobot yang menghubungkan dengan lapisan hidden. Jadi lapisan input merupakan lapisan pasif karena tidak mengolah pola masukan. Dalam tiap lapisan yang berurutan (kecuali lapisan input), setiap element pengolah (neuron) menjumlahkan setiap masukan dan melewatkannya pada fungsi aktivasi untuk mendapatkan outputnya. Output ini disebar maju ke lapisan selanjutnya secara berurutan, untuk kemudian mengalami proses yang sama sampai pada lapisan output. Lapisan output jaringan kemudian menghasilkan keluaran jaringan secara keseluruhan. Jadi arah sebaran informasi adalah lapisan input-hidden-output.

Tahapan proagasi balik dimulai dengan membandingkan respon jaringan keseluruhan dengan output yang diinginkan. Perbedaan yang terjadi atau errornya kemudian dipergunakan untuk memperbaiki harga pembobot jaringan.

Algoritma ini banyak dipakai pada aplikasi pengendalian karena prosedur belajarnya didasarkan pada hubungan yang sederhana, jika output memberikan hasil yang salah, maka pembobot dikoreksi supaya error dapat diperkecil dan respon jaringan selanjutnya diharapkan akan lebih mendekati harga yang benar.

3.4.2. Algoritma Backpropagation

- Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai random yang cukup kecil)

1. Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran,
kerjakan :

Feedfoward

- Tiap-tiap input (X_i , $i = 1,2,3,...,n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada diatasnya (Hidden layer)
- Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j , $j = 1,2,3,...,p$) menjumlahkan sinyal-sinyal input berbobot :

$$Z_{in_j} = Vo_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (3.1)$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output :

$$Z_j = f(z_{in_j}) \quad (3.2)$$

dan kirimkan sinyal tersebut kesemua unit lapisan diatasnya (unit-unit output)

- c. Tiap-tiap unit output ($Y_k, k = 1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal input-input berbobot :

$$y_{in_k} = W_{o_k} + \sum_{i=1}^p Z_i W_{jk} \quad (3.3)$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (3.4)$$

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit lapisan di atasnya (unit-unit output).

Backward

- d. Tiap-tiap unit output ($Y_k, k = 1,2,3,\dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi errornya :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (3.5)$$

kemudian menghitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai W_{jk}) :

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \quad (3.6)$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai W_{ok}) :

$$\Delta W_{ok} = \alpha \delta_k \quad (3.7)$$

- e. Tiap-tiap input tersembunyi ($Z_j, j = 1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta inputnya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya)

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad (3.8)$$

kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktifasinya untuk menghitung informasi error :

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(Z_{in_j}) \quad (3.9)$$

kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai V_{ij}) :

$$\Delta V_{jk} = \alpha \delta_j x_i \quad (3.10)$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai V_{oj}) :

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \quad (3.11)$$

- f. Tiap-tiap unit output (Y_k , $k = 1,2,3,\dots,m$) memperbaiki bias dan bobotnya ($j = 0,1,2,3,\dots,p$)

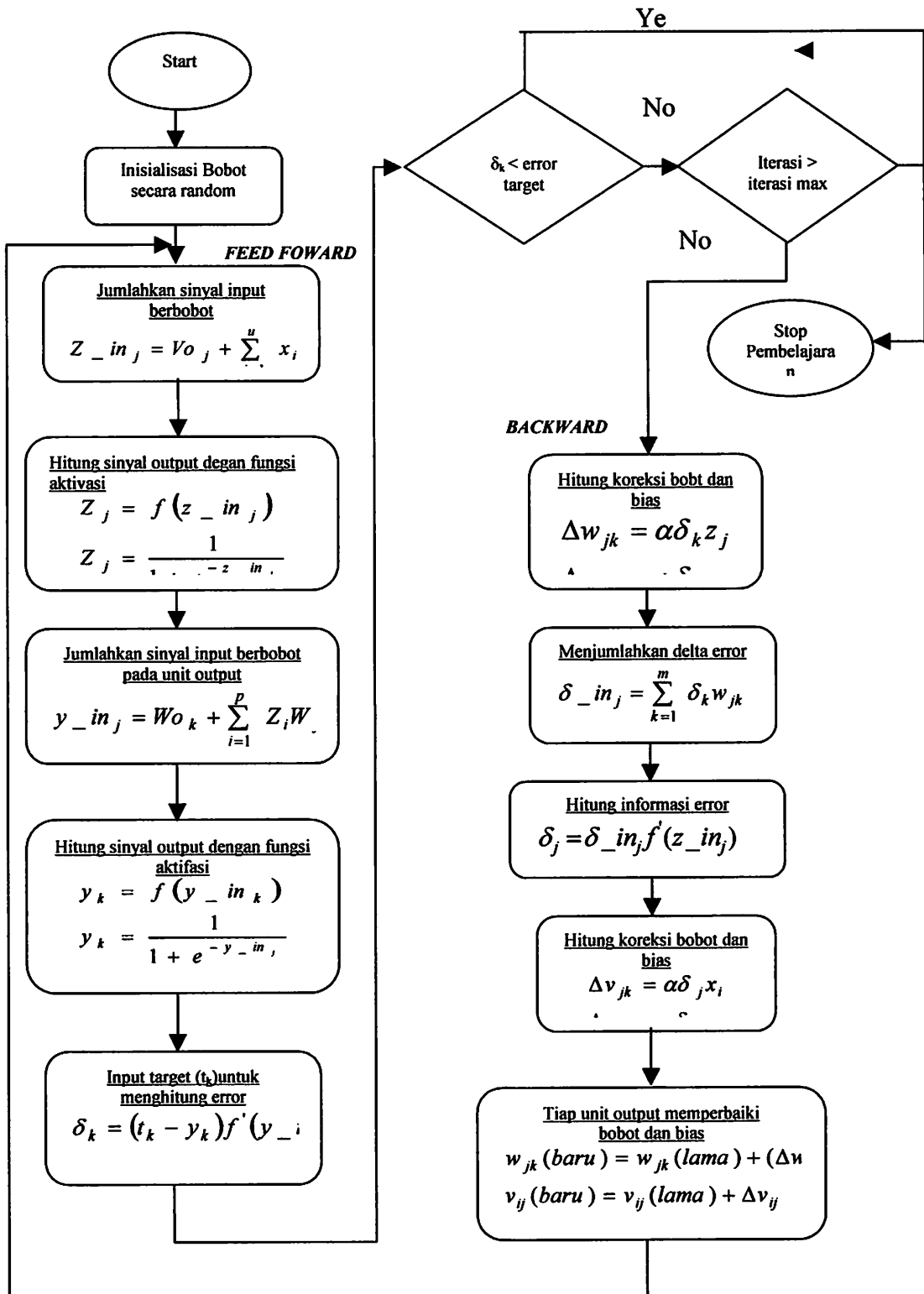
$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \quad (3.12)$$

Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j , $j = 1,2,3,\dots,p$) memperbaiki bias dan bobotnya ($i = 0,1,2,3,\dots,n$) ;

$$V_{ij}(\text{baru}) = V_{ij}(\text{lama}) + \Delta V_{ij} \quad (3.13)$$

2. Tes kondisi berhenti

3.4.3. Diagram Alir Pemrosesan bobot input menjadi bobot output pada Backpropagation



Gambar 3.6 Diagram alir pemrosesan bobot input

3.5. Konsep Teori Fuzzy

Pemakaian konsep teori *fuzzy* dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan suatu metode yang dapat merepresentasikan dan menganalisis fenomena-fenomena di alam nyata yang selalu mengandung sifat ketidakpastian (*uncertainty*) ditinjau dari cara pikir manusia terhadap fenomena-fenomena tersebut. Istilah *fuzzy* sendiri, bila diterjemahkan secara harafiah ke dalam bahasa Indonesia berarti kabur, tidak jelas. Cara-cara manusia dalam berfikir dan bertindak pada dasarnya tidak sekedar bersifat kuantitatif, tetapi lebih bersifat kualitatif. Maksudnya, manusia mengindra keadaan-keadaan di sekelilingnya dalam bentuk pengolongan-pengolongan dengan batasannya-batasannya. Penggolongan-penggolongan tersebut akan mempengaruhi proses berfikir manusia dalam mengambil keputusan sehubungan dengan fenomena yang dihadapinya. Situasi mengenai cara pandang manusia terhadap lingkungannya tersebut dapat dijelaskan lebih lanjut secara matematis dengan teori himpunan.

Selama ini himpunan yang telah lama dikenal adalah himpunan konvensional (*set crisp*), yang membagi semesta pembicaraan (*set universal*) menjadi dua kelompok, yaitu anggota semesta pembicaraan dan bukan anggota himpunan semesta pembicaraan berdasarkan fungsi karakteristik yang dimilikinya. Fungsi karakteristik tersebut merupakan logika dua nilai, yaitu 1 (yang menyatakan elemen anggota himpunan) dan 0 (yang menyatakan elemen bukan anggota himpunan), sebagai contoh kondisi ada arus atau tidak ada arus, hitam atau putih dsb. Sehingga terdapat suatu batas yang jelas antara kedua kondisi tersebut. Teori ini telah terbukti efektif dalam memecahkan masalah yang memiliki kondisi-kondisi dengan batasan karakteristik yang jelas.

Walaupun demikian tidak semua penginderaan manusia terhadap lingkungannya dapat dibedakan dalam dua keadaan saja. Terdapat banyak hal yang perlu dinyatakan dalam kondisi dengan batasan yang tidak jelas, sehingga sulit untuk menentukan keanggotaan atau kondisi tersebut dalam suatu himpunan. Untuk mengatasi masalah ini, digunakanlah teori himpunan fuzzy (*fuzzy set theory*) yang dianggap lebih mampu menggambarkan pola pikir manusia. Teori ini dikembangkan pada tahun 1965 oleh Lotfi Zadeh dari University of California di Berkeley, dimana teori himpunan fuzzy ini merupakan suatu perluasan teori himpunan konvensional (*crisp*). Dalam himpunan fuzzy, suatu elemen memiliki derajat keanggotaan, dimana derajat keanggotaan tersebut berupa angka riil antara 0 dan 1, ini memungkinkan kondisi dengan batasan tak jelas (kabur). Sebagai contoh abu-abu yang semula tak dapat dimasukkan sebagai hitam atau putih, kini dapat dinyatakan sebagai hitam dengan derajat keanggotaan/derajat kehitaman 0,5 atau nilai lainnya tergantung definisi keanggotaannya.

Untuk lebih jelas mengenai perbedaan antara fungsi karakteristik himpunan crisp dan himpunan fuzzy

3.5.1. Teori Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah himpunan dimana fungsi karakteristiknya adalah fungsi keanggotaan (μ) yang memberi nilai/derajat keanggotaan bagi setiap elemen himpunan dalam interval $[0, 1]$. Untuk semesta pembicaraan U , fungsi ini memetakan anggota dari U ke jangkauan nilai keanggotaannya dan ditulis dengan:

$$\mu_A(x):U \rightarrow [0,1](3.14)$$

dimana $\mu_A(x)$ adalah fungsi keanggotaan dari x pada himpunan fuzzy A

Himpunan fuzzy biasanya dinyatakan dalam suatu himpunan pasangan berurutan, dimana elemen pertama menyatakan anggota dan elemen kedua menyatakan fungsi keanggotaan.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\} \dots\dots\dots(3.15)$$

untuk semesta pembicaraan yang jumlahnya berhingga (diskrit) $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ maka himpunan fuzzy A pada semesta pembicaraan U dapat dinyatakan sbb:

$$A = \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n$$

atau

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)/x_i \dots\dots\dots(3.16)$$

untuk semesta pembicaraan yang jumlah anggotanya tak berhingga (kontinu) maka himpunan fuzzy A dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$A = \int_U \mu_A(x)/x \dots\dots\dots(3.17)$$

Tanda ‘+’, ‘ Σ ’ dan ‘ $\int_U$ ’ menunjukan operasi gabungan (union), bukan penjumlahan aritmatika dan ‘/’ digunakan untuk menghubungkan suatu elemen dengan nilai keanggotaannya, tidak berhubungan dengan pembagian aritmatika.

3.5.2. Definisi-definisi Teori Himpunan Fuzzy

Dalam teori himpunan fuzzy terdapat beberapa definisi untuk menyatakan sifat-sifat dari himpunan fuzzy, yaitu :

- 1. Inti (*core*)

Inti dari suatu himpunan fuzzy A didefinisikan sebagai suatu bagian dari semesta pembicaraan U yang mempunyai derajat keanggotaan penuh pada himpunan fuzzy A atau memenuhi syarat $\mu_A(x) = 1$, dan ditulis :

$$\text{Core}(A) = \{x \in U \mid \mu_A(x) = 1\}$$

Suatu himpunan fuzzy yang mempunyai minimal satu anggota semesta pembicaraan yang memiliki derajat keanggotaan penuh ($\mu_A(x) = 1$), disebut himpunan fuzzy normal.

2. Penyokong (*support*)

Penyokong dari suatu himpunan fuzzy A didefinisikan sebagai suatu bagian dari semesta pembicaraan U yang mempunyai derajat keanggotaan tidak nol pada himpunan fuzzy A atau memenuhi syarat $\mu_A(x) > 0$ dan ditulis :

$$\text{Support}(A) = \{x \in U \mid \mu_A(x) > 0\}$$

Secara khusus, suatu penyokong yang mempunyai anggota semesta pembicaraan dengan derajat keanggotaan $\mu_A(x) = 0.5$ disebut titik silang (*cross-over points*), dan ditulis :

$$\text{Crossover}(A) = \{x \in U \mid \mu_A(x) = 0.5\}$$

Sedangkan himpunan fuzzy yang hanya memiliki penyokong tunggal dengan $\mu_A(x) = 1$ disebut himpunan fuzzy tunggal (*fuzzy singleton*)

Suatu bagian dari semesta pembicaraan yang mempunyai derajat keanggotaan antara nol dan satu $\{0 < \mu_A(x) < 1\}$ disebut batas (*boundry*) dari himpunan fuzzy A.

3.5.3. Operasi Himpunan Fuzzy

Operasi dasar himpunan fuzzy pada prinsipnya sama dengan himpunan crisp, yaitu irisan (*intersection*), gabungan (*union*) dan komplemen(*complement*). Ketiga operasi dasar ini pertama kali diungkapkan oleh Zadeh, kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Zimmerman, Yager dan Hamacher.

Misalkan A dan B adalah himpunan – himpunan fuzzy dalam semesta pembicaraan U dengan fungsi keanggotaan berturut-turut didefinisikan oleh $\mu_A(x)$ dan $\mu_B(x)$. Operasi himpunan fuzzy didefinisikan sebagai berikut :

1 Gabungan (*union*)

Gabungan dari himpunan fuzzy A dan himpunan fuzzy B adalah suatu himpunan fuzzy yang dinyatakan dengan $A \cup B$ dan memiliki fungsi keanggotaan yang didefinisikan sebagai :

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad x \in U$$

2. Irisan (*intersection*)

Irisan dari himpunan fuzzy A dan himpunan fuzzy B adalah suatu himpunan fuzzy yang dinyatakan dengan $A \cap B$ dan memiliki fungsi keanggotaan yang didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad x \in U$$

3. Komplemen (*complement*)

Komplemen dari himpunan fuzzy A adalah fuzzy suatu himpunan fuzzy yang dinyatakan dengan A' dan fungsi keanggotaan didefinisikan sebagai :

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad x \in U$$

4. Himpunan bagian (*subset*)

Suatu himpunan fuzzy A dikatakan himpunan bagian dari himpunan fuzzy B jika fungsi keanggotaan untuk tiap elemen yang sama memiliki nilai sedemikian sehingga fungsi keanggotaan terhadap himpunan A lebih kecil daripada fungsi keanggotaan terhadap himpunan B.

$$A \subset B \Rightarrow \mu_A(x) < \mu_B(x) \quad \forall x \in U$$

Operasi tersebut pada prinsipnya adalah sama dengan operasi himpunan matematika, tetapi untuk operasi gabungan A dan B hanya diambil fungsi keanggotaan maksimal, untuk operasi irisan A dan B hanya fungsi keanggotaan minimal dan untuk operasi komplemen himpunan fuzzy merupakan selisih antara 1 dan fungsi keanggotaan.

3.6. Teori *Dynamic Programming*

Dynamic Programming merupakan suatu metode untuk mencari pilihan yang optimal diantara beberapa alternatif yang ditempuh, dengan cara melakukan seleksi seluruh keputusan selama kurun waktu optimasi. Proses seleksi dapat dilakukan dengan langkah ke depan (*forward dynamic programming*) atau langkah ke belakang (*backward dynamic programming*). Seleksi tersebut bertujuan untuk menentukan pilihan optimal yang dilakukan secara berulang dan pada setiap langkah ditentukan satu keputusan untuk meminimalkan ruang keputusan selama kurun waktu optimasi. Satu langkah ke depan atau kebelakang dengan menggunakan periode waktu studi disebut *stage*, setiap *stage* menyatakan satu jam operasi. Pada *Dynamic Programming* kombinasi/keadaan dalam setiap *stage* disebut *state*. Dalam skripsi ini digunakan *Dynamic Programming* dengan

langkah kedepan. Pada *Dynamic Programming* dengan langkah ke depan untuk menentukan pilihan optimal dilakukan dari *stage* awal kemudian melakukan pentahapan ke belakang (*back tracking*) dari keadaan terakhir pada *stage* terakhir sampai pada awal *stage*. Penggunaan *forward dynamic programming* hasilnya direkam pada jam sebelumnya.

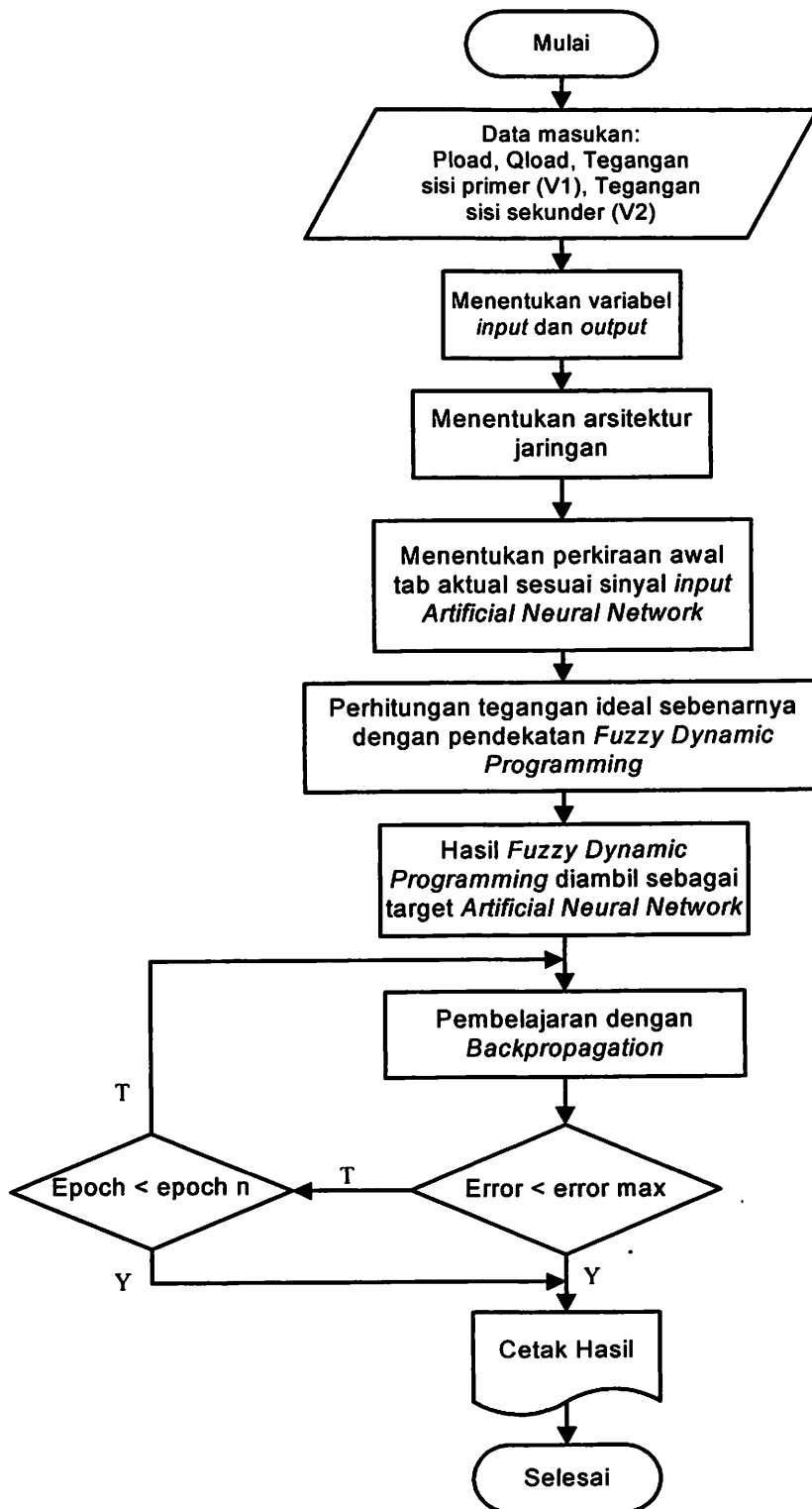
Seperti teori-teori matematika lainnya, maka *Dynamic Programming* dapat difuzzyfikasi. Fuzzyfikasi *Dynamic Programming* akan memperluas kemampuan praktis *dynamic Programming* karena fungsi obyektif, kendala dan keputusan dapat diekspresikan dalam besaran fuzzy (model pengambilan keputusan fuzzy).

3.7. ALGORITMA

Algoritma penyelesaian masalah pengaturan tegangan berbasis *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming* adalah sebagai berikut :

1. Masukkan data : tegangan sisi primer, tegangan sisi sekunder, Pload, Q load.
2. Menentukan variabel *input* dan *output*.
3. Menentukan arsitektur jaringan pada ANN.
4. Menentukan perkiraan awal setting tap sesuai data *input*
- 5 Perhitungan tegangan ideal dengan *Fuzzy Dynamic Programming*.
7. Hasil perhitungan *Fuzzy Dynamic Programming* kemudian diambil sebagai target perkiraan dari *Artificial Neural Network*
8. Melakukan proses pembelajaran *Backpropagation Artificial Neural Network*
9. Diperiksa apakah prosentase kesalahan (*Error*) lebih kecil dari error maksimal, jika tidak lakukan pembelajaran berulang dengan iterasi (*epoch*) dan jika sebaliknya lanjutkan ke langkah selanjutnya.
10. Cetak hasil pada tingkat *Error* yang lebih kecil

2.8. DIAGRAM ALIR



Gambar 3.7.
Diagram alir optimasi pengaturan pada metode
Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic programming.



BAB IV

ANALISA DATA DAN SIMULASI

4.1. Pengaplikasian *Artificial Neural Network*.

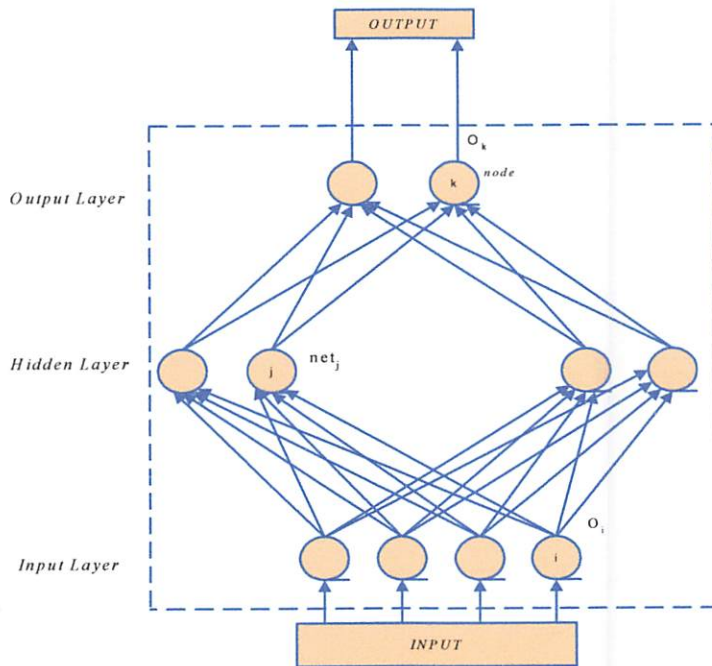
Artificial Neural Network merupakan cara yang lebih fleksibel dalam menganalisis keandalan system. Oleh karena *Artificial Neural Network* merupakan salah satu representasi buatan dari proses pemikiran manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Dan istilah buatan disini digunakan karena *Artificial Neural Network* mempresentasikan dengan menggunakan media komputer.

Selanjutnya pendekatan *Artificial Neural Network* dalam masalah pengaturan tegangan melalui penentuan *tap position* akan dicoba diterapkan dengan maksud agar nantinya tegangan sekunder sebagai keluaran dari transformator dapat dikontrol pada nilai yang diinginkan.

4.2. Simulasi *Neural Network Backpropagation*.

Neural Network yang akan digunakan adalah *Neural Network Backpropagation*. Algoritma pembelajaran yang digunakan adalah supervised, dimana output proses yaitu feedforward dan backpropagation dari erornya. Dimana *backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perseptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Layer yang digunakan ada tiga yaitu *input layer*, *hidden layer*,

dan output layer sehingga disebut dengan multiplayer feedforward struktur jaringan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Struktur jaringan *multilayer feedforward*

4.3. Pendekatan Kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming*^[3].

Pendekatan kombinasi *Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming*, meliputi dua step utama. Pertama permulaan pengiriman perintah pergerakan Load Tap Changer yang mulanya akan dibangkitkan oleh *Artificial Neural Network* berdasarkan sinyal *inputan*. Selanjutnya *Fuzzy Dynamic Programming* aplikasikan untuk proses komputasi, sehingga dihasilkan nilai awal yang nantinya dipakai untuk mendapatkan target sasaran, dengan demikian hasil perhitungan didapatkan pada nilai yang optimal. Sebelumnya metode *Fuzzy Dynamic Programming* telah diterapkan namun pengaplikasian dari *Artificial*

Neural Network akan dicoba diterapkan juga. Melalui setting tap trafo yang dibangkitkan oleh *Fuzzy Dynamic Programming* yang berdampak pada output tegangan sisi sekunder trafo akan dicoba dengan *Artificial Neural Network* berdasarkan data inputan untuk memperkirakan setting tap trafo yang seharusnya .

4.4. Data dan Hasil Analisa

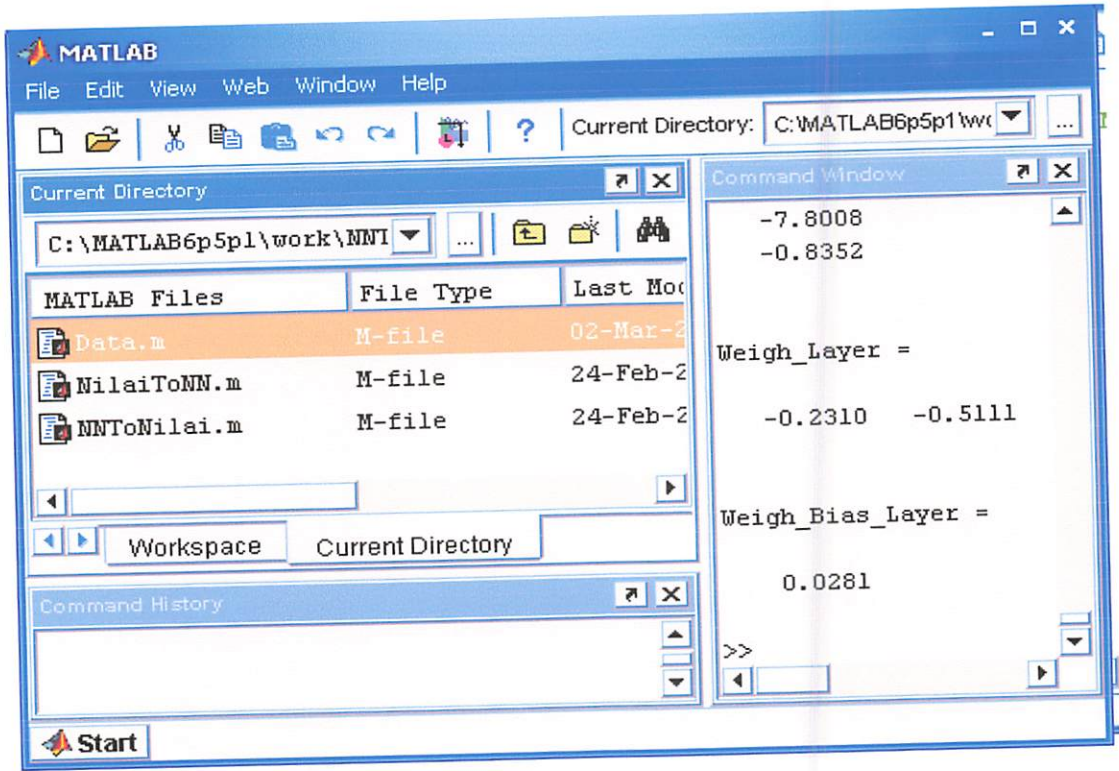
Dalam penulisan skripsi ini penulis menggunakan data pendukung penelitian diantaranya data pembebanan, tegangan sisi primer pada transformator 150/20 kv. Serta data yang diambil sebagai inputan diambil dalam kurun waktu satu hari dengan perhitungan pembebanan tiap jamnya. Hal tersebut dimaksudkan karena dengan beban tiap jam dapat diketahui secara cepat dan teliti. biasanya data yang diperoleh dari PLN berupa data perdua jam dengan nilai daya aktif, daya reaktif, dan tegangan primer belum diubah kedalam bentuk per unit

Tabel 4.1.
Besarnya daya aktif, daya reaktif, dan VI dalam satuan per unit [pu]

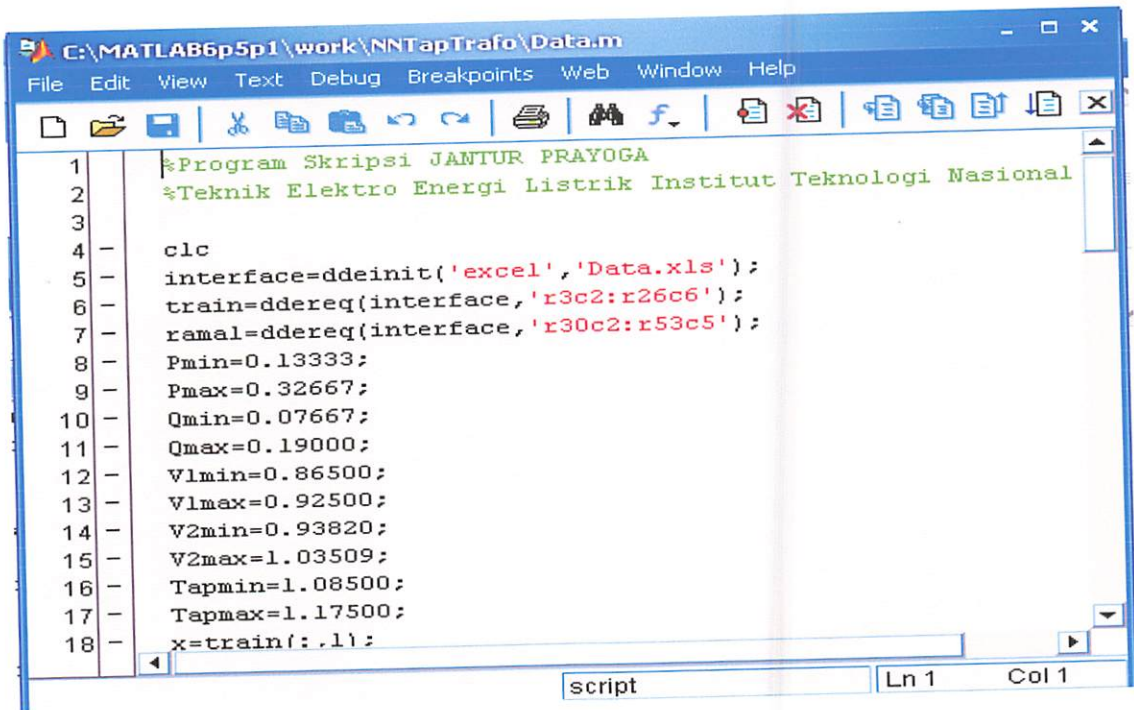
Jam	Pload	Qload	V1
1	0,26000	0,13333	0,89500
2	0,24667	0,13333	0,91000
3	0,23333	0,13333	0,91000
4	0,25000	0,13333	0,91000
5	0,26667	0,13333	0,91000
6	0,26667	0,13333	0,91000
7	0,26667	0,13333	0,91000
8	0,23333	0,12667	0,92500
9	0,20000	0,12000	0,92500
10	0,18333	0,10667	0,92500
11	0,16667	0,09667	0,92500
12	0,15000	0,09333	0,92500
13	0,14667	0,09333	0,92500
14	0,14000	0,09000	0,92500
15	0,13667	0,08667	0,92500
16	0,19667	0,08333	0,92500
17	0,32333	0,08333	0,92500
18	0,32333	0,11667	0,92500
19	0,32333	0,19000	0,86500
20	0,32333	0,19000	0,86500
21	0,32333	0,18333	0,86500
22	0,32333	0,18333	0,86500
23	0,30000	0,14333	0,86500
24	0,28000	0,13667	0,88000



4.5.Tampilan Program



Gambar 4.1
Tampilan awal program



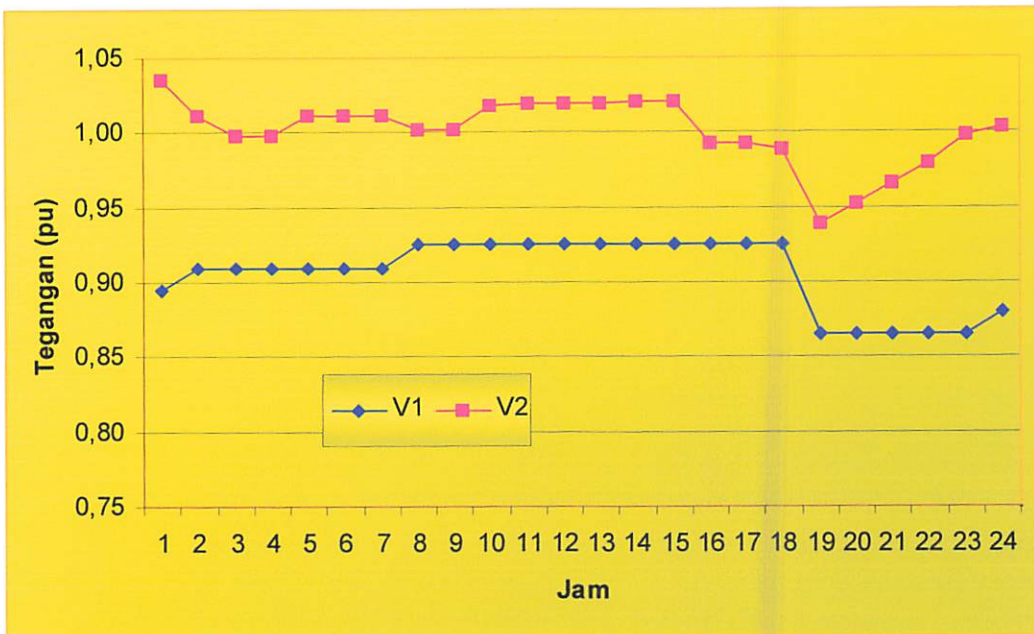
Gambar 4.2
Listing program

4.6. Hasil Perhitungan dengan *Fuzzy Dynamic Programming*.

Dalam pengaturan tegangan pada gardu induk distribusi dengan menggunakan *fuzzy dynamic programming*, terdiri dari beberapa proses yang meliputi banyak proses. Pada proses pencarian posisi tap trafo terlebih dahulu ditentukan besarnya daya reaktif, daya nyata dan tegangan primer setiap jam yang telah diperkirakan dengan menggunakan prakiraan jangka pendek, lalu dicari rasio tegangan transformator ideal (t_{ideal}) untuk masing masing kondisi, dimana merupakan tegangan sekunder yang ingin dipertahankan ($V_2 = 1.0 \text{ pu}$).

Tabel 4.2
Hasil perhitungan FDP

Jam	V1	V2
1	0,89500	1,03509
2	0,91000	1,01141
3	0,91000	0,99756
4	0,91000	0,99750
5	0,91000	1,01134
6	0,91000	1,01134
7	0,91000	1,01134
8	0,92500	1,00137
9	0,92500	1,00223
10	0,92500	1,01812
11	0,92500	1,01940
12	0,92500	1,01979
13	0,92500	1,01980
14	0,92500	1,02018
15	0,92500	1,02069
16	0,92500	0,99302
17	0,92500	0,99303
18	0,92500	0,98865
19	0,86500	0,93820
20	0,86500	0,95157
21	0,86500	0,96586
22	0,86500	0,97919
23	0,86500	0,99776
24	0,88000	1,00326



Grafik 4.1.
Hasil perhitungan FDP untuk tegangan

4.7. Perhitungan dengan kombinasi ANN-FDP

Selanjutnya hasil pada tabel 4.2 akan diperhitungkan lebih lanjut dengan pemunculan ANN sebagai training untuk hasil yang diperoleh pada FDP sehingga terjadilah proses kombinasi tersebut selama 24 jam. Proses kombinasi disini dimaksudkan untuk memberikan setting nilai tap yang akan dihasilkan sesuai dengan tegangan keluaran yang diinginkan pada tiap jamnya.

4.7.1. Input *Artificial Neural Network*

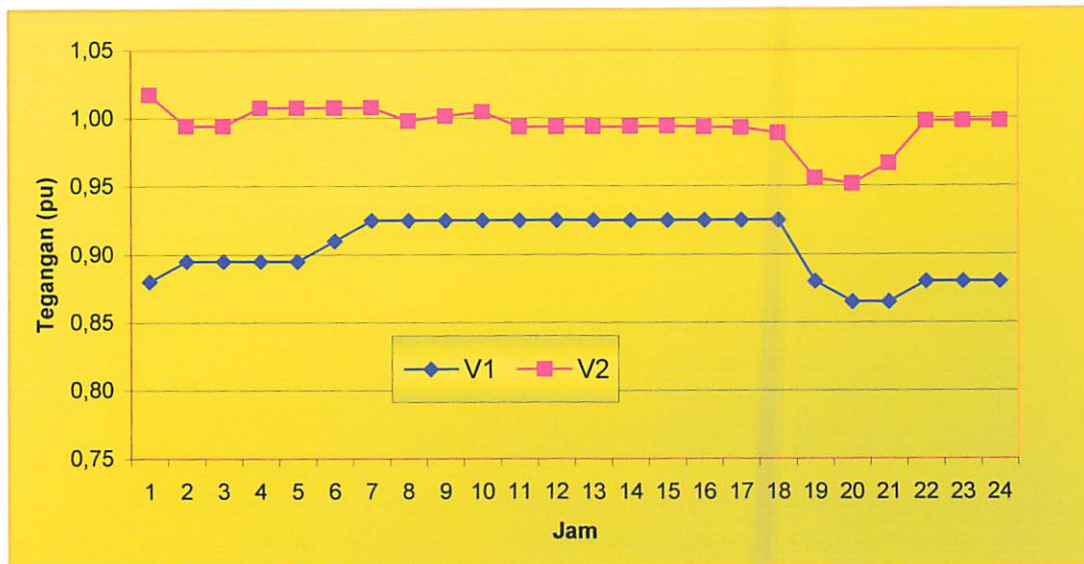
Dalam penerapannya data yang digunakan dalam *Artificial Neural Network* yang dipakai ialah data pembebanan yaitu daya aktif dan reaktif, tegangan sisi primer, tegangan sisi sekunder.

4.7.2. Output Artificial Neural Network

Dari proses pembelajaran dengan menggunakan *Backpropagation feedforward* nantinya dari *Artificial Neural Network* akan memperkirakan nilai tap aktual yang harus di setting pada tiap jamnya selama satu hari.

Tabel 4.3.
Hasil perhitungan pada kombinasi ANN-FDP

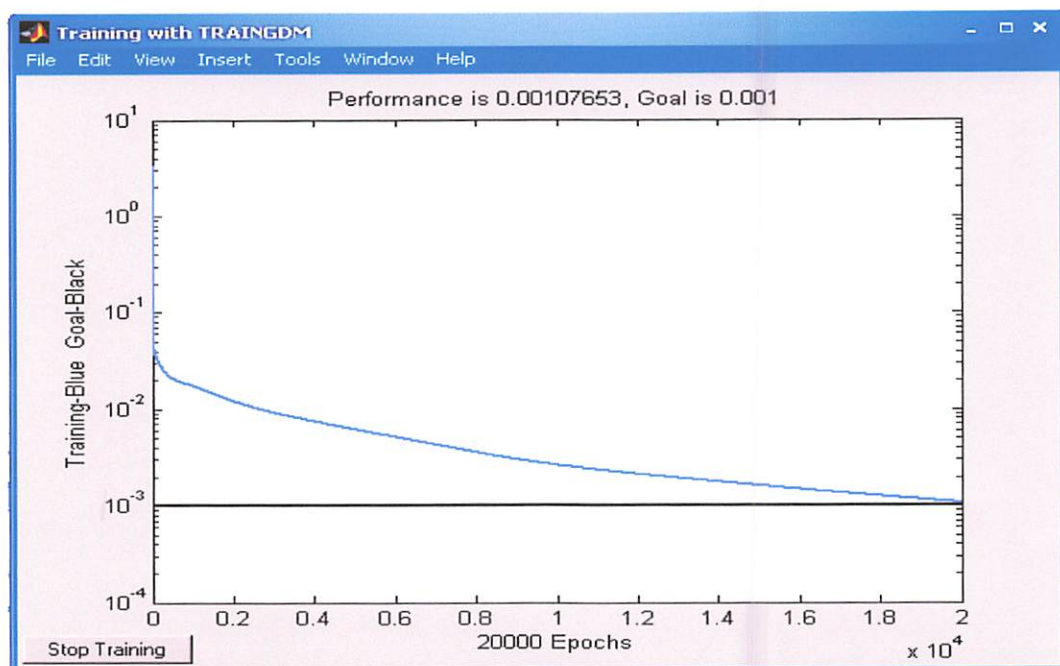
Jam	V1	V2
1	0,88000	1,01729
2	0,89500	0,99418
3	0,89500	0,99421
4	0,89500	1,00769
5	0,89500	1,00750
6	0,91000	1,00764
7	0,92500	1,00777
8	0,92500	0,99796
9	0,92500	1,00147
10	0,92500	1,00447
11	0,92500	0,99341
12	0,92500	0,99341
13	0,92500	0,99341
14	0,92500	0,99367
15	0,92500	0,99393
16	0,92500	0,99328
17	0,92500	0,99263
18	0,92500	0,98864
19	0,88000	0,95545
20	0,86500	0,95157
21	0,86500	0,96635
22	0,88000	0,99754
23	0,88000	0,99777
24	0,88000	0,99773



Grafik 4.2.
Hasil perhitungan berdasarkan ANN-FDP

4.8. Training

Untuk proses training ini pada *Artificial Neural Network* dilakukan dengan nilai bobot awal, dan untuk mempercepat konvergensi diberi nilai momentum yaitu 0.001. untuk mendapatkan pola hidden layer yang paling tepat dilakukan untuk training dengan mengubah-ubah pola hiddennya. Error dari setting tap actual terhadap tegangan output dapat diperkecil dengan mengubah parameter pada *Artificial Neural Network* untuk mendapatkan nilai pelatihan yang mendekati target outputnya sebagai nilai bobot yang kemudian akan digunakan prosentase error saat klasifikasi. Dengan proses training pada *Neural Network* maka nantinya akan mampu memprediksi setting tap sebenarnya dengan tingkat kesalahan yang dapat diperkecil dibandingkan sebelum training dilakukan.

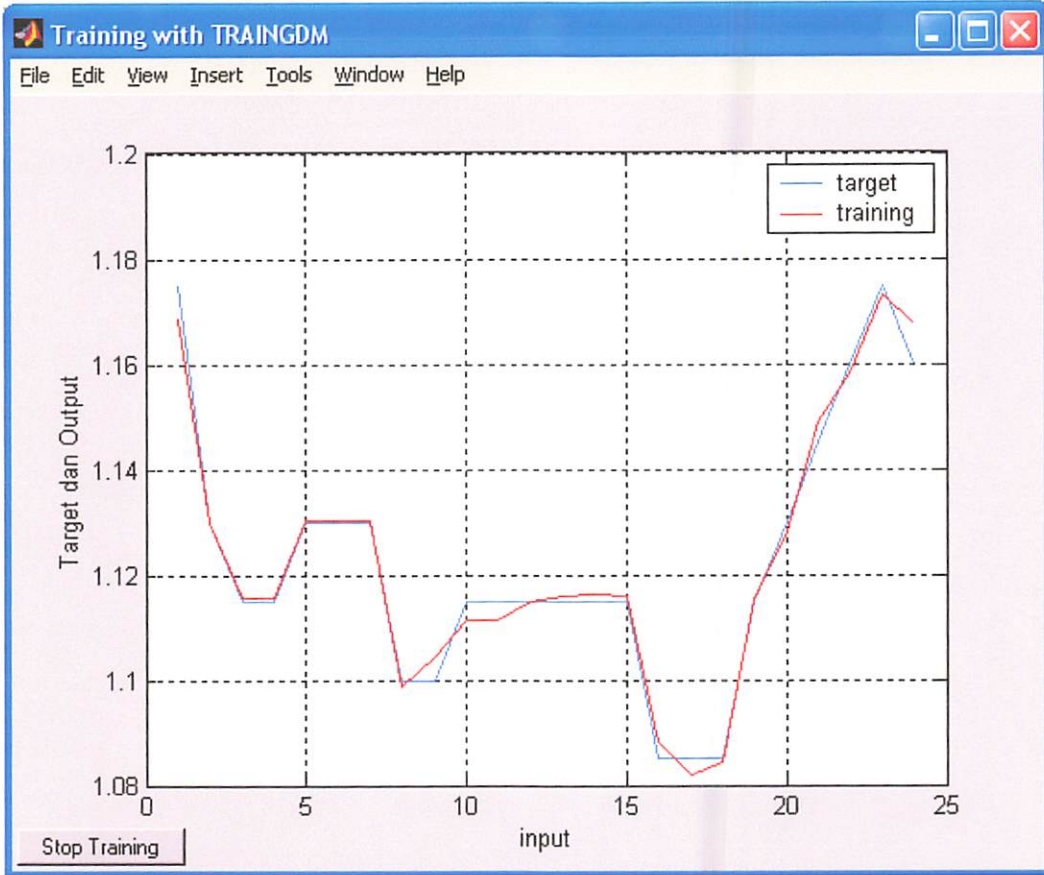


Gambar 4.3
Tampilan proses training pada program Matlab 6.1

Tabel 4.4.
Perkiraan nilai tap dengan metode pendekatan kombinasi ANN-FDP

Jam	Pload	Qload	V1	V2	tap aktual	Ram tap	training	Err Tap (%)
1	0,26000	0,13333	0,89500	1,03509	1,175	1,174	1,174	0,063
2	0,24667	0,13333	0,91000	1,01141	1,130	1,129	1,133	0,280
3	0,23333	0,13333	0,91000	0,99756	1,115	1,130	1,116	0,050
4	0,25000	0,13333	0,91000	0,99750	1,115	1,144	1,113	0,137
5	0,26667	0,13333	0,91000	1,01134	1,130	1,137	1,130	0,025
6	0,26667	0,13333	0,91000	1,01134	1,130	1,120	1,130	0,025
7	0,26667	0,13333	0,91000	1,01134	1,130	1,107	1,130	0,025
8	0,23333	0,12667	0,92500	1,00137	1,100	1,098	1,099	0,053
9	0,20000	0,12000	0,92500	1,00223	1,100	1,103	1,100	0,032
10	0,18333	0,10667	0,92500	1,01812	1,115	1,099	1,114	0,052
11	0,16667	0,09667	0,92500	1,01940	1,115	1,088	1,113	0,151
12	0,15000	0,09333	0,92500	1,01979	1,115	1,088	1,115	0,009
13	0,14667	0,09333	0,92500	1,01980	1,115	1,088	1,115	0,043
14	0,14000	0,09000	0,92500	1,02018	1,115	1,088	1,115	0,036
15	0,13667	0,08667	0,92500	1,02069	1,115	1,088	1,115	0,003
16	0,19667	0,08333	0,92500	0,99302	1,085	1,088	1,086	0,084
17	0,32333	0,08333	0,92500	0,99303	1,085	1,093	1,086	0,050
18	0,32333	0,11667	0,92500	0,98865	1,085	1,102	1,085	0,031
19	0,32333	0,19000	0,86500	0,93820	1,115	1,116	1,116	0,119
20	0,32333	0,19000	0,86500	0,95157	1,130	1,126	1,128	0,195
21	0,32333	0,18333	0,86500	0,96586	1,145	1,146	1,144	0,076
22	0,32333	0,18333	0,86500	0,97919	1,160	1,167	1,162	0,173
23	0,30000	0,14333	0,86500	0,99776	1,175	1,172	1,174	0,072
24	0,28000	0,13667	0,88000	1,00326	1,160	1,171	1,161	0,053

4.9. Tampilan akhir Program Matlab 6.1



Gambar 4.4
Hasil Training *Artificial Neural Network*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa perhitungan menggunakan program Matlab 6.1. sebagai program analisis, komputasi, visual maka penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Hasil dari kombinasi ANN-FDP mampu memberikan nilai tegangan rata-rata dalam 24, masing-masing untuk $V1 = 0,905$ pu dan $V2 = 0,99370$ pu dengan $V1_{min} = 0,8800$ pu, $V1_{max} = 0,9250$ pu dan $V2_{min} = 0,9515$ pu, $V2_{max} = 1,0172$ pu
2. Besarnya prosentase kesalahan (*error*) setting tap pada kombinasi ANN-FDP menghasilkan komulatif *error* sebesar 0,076%.

5.2. Saran-saran

Setelah melakukan penelitian yang khususnya seputar pengaturan tegangan pada sistem tenaga listrik yang dilakukan di Gardu Induk Sengkaling Malang maka telah banyak pelajaran yang dapat diambil sehingga penulis dapat menyarankan berdasarkan pengalaman sewaktu penulisan skripsi ini diantaranya yaitu : pelajari dengan seksama obyek yang akan dibahas untuk mendukung perbendaharaan teori yang nantinya akan di tulis, gunakan metode terbaru agar penulisan mampu berkembang secara kontinyu, perhitungan memakai program simulasi oleh karena memudahkan dalam hal analisa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basri, Hasan, "*Sistem Distribusi Daya Listrik*" (Jakarta : ISTN,1997)
- [2] Hsu, -Y., Y., dan Lu, -C., F., "*Fuzzy Dynamic Programming Approach to Reactive Power/Voltage Control In a Distribution Substation*", IEEE Transaction On Power System, Vol. 12, No.2 pp. 681-688, May 1997.
- [3] Hsu, -Y., Y., dan Lu, -C., F., "*Combined Artificial Neural Network-Fuzzy Dynamic Programming Approach to Reactive Power/Voltage Control In a Distribution Substation*", IEEE Transaction On Power System, Vol. 13, No.4, Nov.1998.
- [4] Djiteng Marsudi, Ir, "*Operasi Sistem Tenaga Listrik*" , Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990.
- [5] Djoekardi, Djuhana, "*Transformator*" ,(Jakarta, ISTN,1993).
- [6] Sri Kusumadewi,"*Artificial Inteligen*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.

LAMPIRAN

%Program Skripsi JANTUR PRAYOGA
%Teknik Elektro Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang

```
clc
interface=ddeinit('excel','Data.xls');
train=ddereq(interface,'r3c2:r26c6');
ramal=ddereq(interface,'r30c2:r53c5');
Pmin=0.13333;
Pmax=0.32667;
Qmin=0.07667;
Qmax=0.19000;
V1min=0.86500;
V1max=0.92500;
V2min=0.93820;
V2max=1.03509;
Tapmin=1.08500;
Tapmax=1.17500;
x=train(:,1);
rowT=length(x);
x=train(1,:);
colT=length(x);
x=ramal(:,1);
rowR=length(x);
x=ramal(1,:);
colR=length(x);
nnInp=zeros(rowT,colR);
nnOut=zeros(rowT,1);
nnRam=zeros(rowR,colR);
for i=1:rowT
    nnInp(i,1)=NilaiToNN(train(i,1),Pmin,Pmax);
    nnInp(i,2)=NilaiToNN(train(i,2),Qmin,Qmax);
    nnInp(i,3)=NilaiToNN(train(i,3),V1min,V1max);
    nnInp(i,4)=NilaiToNN(train(i,4),V2min,V2max);
    nnOut(i,1)=NilaiToNN(train(i,5),Tapmin,Tapmax);
end
for i=1:rowR
    nnRam(i,1)=NilaiToNN(ramal(i,1),Pmin,Pmax);
    nnRam(i,2)=NilaiToNN(ramal(i,2),Qmin,Qmax);
    nnRam(i,3)=NilaiToNN(ramal(i,3),V1min,V1max);
    nnRam(i,4)=NilaiToNN(ramal(i,4),V2min,V2max);
end
nnInp=nnInp';
nnOut=nnOut';
nnRam=nnRam';
net1=newff(minmax(nnInp),[5 1],{'logsig','purelin'},'traingdm','learngdm');
net1.trainParam.epochs=10000;
net1.trainParam.goal=0.001;
net1.trainParam.lr=0.2;
net1.trainParam.lr_inc=1.01;
net1.trainParam.lr_dec=0.99;
net1.trainParam.mc=0.3;
[net1,tr]=train(net1,nnInp,nnOut);
ke=tr.epoch(end)
E=tr.perf(end)
%melihat bobot input, lapisan dan bias
```



```

Weigh_Input=net1.IW{1,1}
Weigh_Bias_Input=net1.b{1,1}
Weigh_Layer=net1.LW{2,1}
Weigh_Bias_Layer=net1.b{2,1}
a=sim(net1,nnInp);
a=NNToNilai(a, Tapmin, Tapmax);
a=a';
ta=zeros(rowT,1);
for i=1:rowT
    ta(i)=i;
end
target=train(:,5);
plot(ta,target,'b-'.ta.a,'r-');
xlabel('input');
ylabel('Target dan Output');
legend('target','training');
grid;
cek=ddepoke(interface,'r3c7:r26c7',a);
a=sim(net1,nnRam);
a=NNToNilai(a, Tapmin, Tapmax);
a=a';
cek=ddepoke(interface,'r30c6:r53c6',a);

```



PENGUKURAN TRANSFORMATOR

TANGGAL : 05 Mei 2004

JAM	TRAFO III : 150/20 KV - 30 MVA							TRAFO IV : 150/20 KV - 30 MVA								
	KV	AMP	MW	MVAR	SUHU		TAP	KV	AMP	MW	MVAR	SUHU			TAP	SUHU SEKITA R
					OIL	COIL						OIL	COIL I	COIL II		
00.00	20,2	215	7,8	4	44	43	15	21	310	9,5	4,8	46	50	45	15	24
02.00	20,4	200	7	4	44	43	14	20,8	285	8,4	4,6	44	48	44	14	24
04.00	20,6	220	8	4	42	42	14	20,8	302	9,5	4,1	43	46	42	14	24
06.00	20,6	220	8	4	42	42	14	20,8	298	9,8	4,2	42	44	42	14	23
08.00	20,5	170	6	3,6	45	45	13	20,8	248	7,6	3,1	44	45	42	13	30
10.00	20,4	165	5	2,9	46	46	13	20,8	244	7,5	4,4	44	45	43	13	28
12.00	20,4	155	4,7	2,8	46	47	13	21	242	7,5	4,4	44	45	44	13	28
14.00	20,5	145	4,4	2,6	47	47	13	20,9	240	7,4	4,4	45	45	45	13	30
16.00	20,5	135	4,1	2,5	49	48	13	20,8	252	7,7	4,6	45	46	46	13	32
17.00	20,1	200	5,9	3,5	47	47	13	20,6	305	9,3	5,5	46	48	46	14	30
18.00	20,1	325	9,7	5,7	46	46	17	20,7	492	15,7	8,9	44	50	46	18	28
19.00	20,1	325	9,7	5,7	46	46	17	20,5	487	14,8	8,8	46	50	46	18	27
20.00	20,3	325	9,7	5,5	46	46	17	20,6	475	14	7,2	48	54	50	8	26
21.00	20,6	298	9,7	5	46	45	17	20,4	432	13	6,4	48	54	50	17	25
22.00	20,9	270	9	4,3	46	45	17	20,9	326	12	6	48	54	50	17	24
Stand Akhir Tap OLTC Tgl.					23 282			Stand Akhir Tap OLTC Tgl.					17089			
Stand Awal Tap OLTC Tgl.					23 275			Stand Awal Tap OLTC Tgl.					17080			
Jumlah Perubahan Kedudukan					7			Jumlah Perubahan Kedudukan					9			

224,5 724

337,8 10,18

PEMBACAAN STAND KWH METER TRAFO

ACA PADA JAM 0.00 WIB	TRAFO III : 150/20 KV-30 MVA		TRAFO IV : 150/20 KV-30 MVA		PS 1	PS 2
	Kwh MK	Kwh ME(Total)	KWH	KWH	KWH	KWH
	No.	No. 3	No.	No.	No.	No.
Stand Akhir tgl.	386247,2	834246	78744,8		15409,7	315416,5
Stand Awal tgl.	386170,5	8187,2	78505,5		15087,5	315306,5
Selisih	76,7	155,4	239,3		322,2	110
Faktor Kali	x 2000	x 1000	x 1000	x 1000	x 1	x 1
Pemakalan	153 400	155 400	239 300	239 660	322,2	110

PEMBACAAN STAND KWH METER TRAFO

ACA PADA JAM 0.00 WIB	TRAFO III : 150/20 KV-30 MVA		TRAFO IV 150/20 KV		LOSIS	
	Kwh ME(WBP)	Kwh ME(LWBP)	LWBP	WBP	KWH	KWH
	No. 7	No. 6	No. 4	No. 5	Trf 3	Trf 4
Stand Akhir tgl.	2043,5	6279,1	9640,17	2987,55		
Stand Awal tgl.	1004,6	6182,6	9457,62	2980,44		
Selisih	33,9	116,5	182,55	57,11		
Faktor Kali	x 1000	x 1000	x 1000	x 1000		
Pemakalan	33900	116500	182550	57110		

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. Yusuf Ismail N. MT.
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : JANTUR PRAYOGA
Nim : 9912098
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

KOMBINASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK DINAMIS
PROGRAMING SEBAGAI ALGORITMA PENETAPAN
PADA G.I DISTRIBUSI PENGEKALING - MALANG. JESANGSANG

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Malang, Juli 2024

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 131 991 182

Hormat kami,



(JANTUR PRAYOGA)

*) coret yang tidak perlu



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 8 Nov. 2004

Nomor : ITN-979/I.SKP /2/'04
Lampiran : satu lembar
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di -
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi
melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama : JANTUR PRAYOGA
Nim : 9912098
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : T. Energi Listrik (S-1)

Dengan ini pembimbingan skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada saudara/1 selama masa waktu 6 (enam) bulan terhitung mulai
tanggal:

25 Oktober 2004 s/d 25 April 2005

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro.
Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima
kasih



Ketua
Jurusan Teknik Elektro
[Signature]
H. I Made Wartana, MT
Nip. 131 991 182

Tindasan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : JANTUR PRAYOGA
Nim : 99.12.098
Masa Bimbingan : 25 Oktober 2004 s/d 25 April 2005

Judul Skripsi : **KOMBINASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-FUZZY
DYNAMIC PROGRAMMING SEBAGAI ALGORITMA
PENGATURAN TEGANGAN PADA G.I. DISTRIBUSI
SENGKALING-MALANG**

No.	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1.	22-02-2005	Konsultasi dan pengarahan tentang hasil sementara program simulasi	
2.	29-02-2005	Menunjukkan hasil akhir program	
3.	01-03-2005	Melakukan test running program pada laboratorium AST & PKDST	
4.	02-03-2005	Penulisan Laporan hasil program simulasi pada bab IV	
5.	04-03-2005	Revisi penulisan tabel dan grafik pada bab. III dan IV	
6.	07-03-2005	Revisi hasil pada table 4.4 pada bab IV	
7.	09-03-2005	Perbaikan hasil dan revisi kesimpulan bab V	
8.	12-03-2005	Konsultasi Makalah seminar hasil	
9.			
10.			

Malang, 200
Dosen Pembimbing

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : JANTUR PRAYOGA
N.I.M. : 99.12.098
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : KOMBINASI *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-
FUZZY DYNAMIC PROGRAMMING* SEBAGAI
ALGORITMA PENGATURAN TEGANGAN PADA
G.I. SENGKALING-MALANG

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Hari : Rabu
Tanggal : 30 Maret 2005
Dengan Nilai : 72,5 (Tujuh puluh dua koma lima) *80*

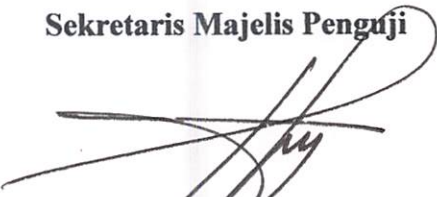
Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji



(Ir. Mochtar Asroni, MSME.)
NIP. Y. 101 810 0036

Sekretaris Majelis Penguji



(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.)
NIP. Y. 103 950 0274

Anggota Penguji

Penguji Pertama



(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP. Y. 102 870 0172

Penguji Kedua



(Ir. Choirul Saleh, MT.)
NIP. Y. 101 880 0190

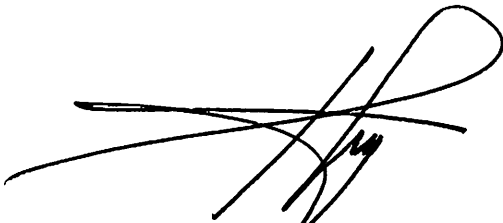


**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : JANTUR PRAYOGA
2. NIM : 99.12.098
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : **KOMBINASI *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-
FUZZY DYNAMIC PROGRAMMING* SEBAGAI
ALGORITMA PENGATURAN TEGANGAN PADA
G.I. SENGKALING-MALANG**
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 29 Mei 2004
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 17 Maret 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT.
9. Telah Dievaluasikan Dengan Nilai : 88,0 (Delapan Puluh Delapan) *8m*

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**


(Ir. F. Yudi Limaraptono, MT.)
NIP. Y. 103 950 0274

**Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing**


(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT.)
NIP. Y. 101 880 0189



LEMBAR BAHAGIAN SKRIPSI

1. Nama : ALYAN PRAYOGA
2. NPM : 00121008
3. Jurusan : Teknik Elektro 2-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : KOMBINASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-
FUZZY GENETIC PROGRAMMING SEBAGAI
ALGORITMA PENGATURAN TECANGAN PADA
G1. SENCALING-MALANG

6. Tanggal Pengumpulan Skripsi : 20 Mei 2004
7. Tanggal Pengumpulan Skripsi : 17 Maret 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nuhoda, MT.
9. Telah Disetujui (Gedung Kimia : 880) (Ditanda Tangan Delapan)

Dipertanggungjawabkan
Dosen Pembimbing

Dipertanggungjawabkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro 2-1

(Ir. Yusuf Ismail Nuhoda, MT.)
NIP. Y. 101 880 0130

(Ir. E. Yudi Limanunggoro, MT.)
NIP. Y. 103 020 0234



Tentang penulis:

Jantur Prayoga dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 22 Mei 1980 tepatnya di Ngantru-Tulungagung. Anak ketiga dari pasangan Rinto-Mudjiah. Lulusan Sekolah Teknologi Menengah jurusan Instalasi Listrik pada tahun 1998 dan melanjutkan studinya di *National Institut Of Technologi* dengan bidang studi Teknik Elektro konsentrasi Energi Listrik pada tahun 1999 dan lulus pada bulan April 2005. Selama kuliah telah berperan aktif di organisasi kemahasiswaan baik di kegiatan jurusan maupun unit kemahasiswaan "UKM". Salah satu unit kegiatan mahasiswa yang pernah aktif diikuti yaitu di Resimen Mahasiswa (Menwa sat.825) ITN Malang mulai tahun 2000 sampai Purnayudha (masa kelulusan). Beliau sering mengikuti berbagai pelatihan baik di lingkungan intern kampus maupun extern kampus, seperti berbagai pelatihan dinas staf Resimen Mahasiswa maupun seminar nasional. Salah satu prestasi yang pernah diraih ialah juara II tingkat Nasional Lomba Halang Rintang Tempur yang digelar di Markas Komando Batalyon Kavaleri 3 Serbu Singosari-MALANG pada tahun 2003.