

**PELEPASAN BEBAN AKIBAT GANGGUAN BEBAN LEBIH  
PADA PT. DIAN SWASTATIKA SENTOSA *POWER PLANT*  
DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



**Disusun Oleh:**

**Aulia Rahmah**

**NPM.3332150036**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2022**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini sayas sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pelepasan Beban Akibat Gangguan Beban Lebih Pada PT.  
Dian Swastatika Sentosa *Power Plant* dengan Metode  
Jaringan Saraf Tiruan

Nama Mahasiswa : Aulia Rahmah

NPM : 3332150036

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli dan tidak memuat hasil karya orang lain kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.



Aulia Rahmah  
NPM. 3332150036

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini sayas sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pelepasan Beban Akibat Gangguan Beban Lebih Pada  
PT. Dian Swastatika Sentosa Power Plant dengan Metode  
Jaringan Saraf Tiruan

Nama Mahasiswa : Aulia Rahmah

NPM : 3332150036

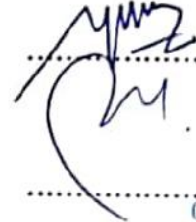
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 10 Juni 2022 melalui Sidang Skripsi  
di Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan  
LULUS.

### Dewan Penguji

#### Tanda Tangan

Pembimbing I : Dr. Ir. Wahyuni Martiningsih, M.T



Penguji I : Dr. Romi Wiryadinata, M. Eng

01-07-2022

Penguji II : Fadil Muhammad, S.T., M.T.



Mengetahui,  
Ketua Jurusan



Dr. Romi Wiryadinata, M. Eng  
NIP. 198307032009121006

## ABSTRAK

Aulia Rahmah  
Teknik Elektro

### Pelepasan Beban Akibat Gangguan Beban Lebih Pada PT Dian Swastatika Sentosa *Power Plant* dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan

PT. Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant mensuplai sepenuhnya energi listrik untuk PT. Indah Kiat *Pulp & Paper* yang memproduksi *pulp*, *paper*, dan produk kemasan. Karena peran pentingnya ini, kestabilan sistem tenaga harus dijaga agar pengoperasian dan suplai energi dapat berjalan baik dan tetap stabil. Besar nilai suplai pembangkit harus sama dengan nilai beban tenaga listrik. Gangguan pada sistem pembangkit yang menyebabkan berkurangnya suplai energi, memberikan dampak pada ketidakseimbangan daya antara sisi pembangkit dan sisi beban sehingga terjadi penurunan frekuensi. Upaya pelepasan beban diberikan untuk menanggulangi gangguan beban lebih tersebut agar sistem dapat kembali stabil. Penelitian ini mensimulasikan pelepasan beban yang terjadi akibat gangguan beban lebih, dengan metode jaringan saraf tiruan menggunakan MATLAB. Skenario gangguan beban lebih dibuat dengan adanya pemadaman satu atau lebih generator. Metode jaringan saraf tiruan digunakan untuk menentukan tahap pelepasan beban pada sistem distribusi yang dibuat berdasarkan perubahan frekuensi dan daya dari sisi pengirim, serta sisi penerima. Hasil dari metode jaringan saraf tiruan terbentuk 5 tahap pelepasan beban yang berhasil mengembalikan frekuensi yang turun akibat gangguan beban lebih menjadi stabil ke 50 Hz.

Kata Kunci: Gangguan Beban Lebih, Pelepasan Beban, Metode Jaringan Saraf Tiruan

## **ABSTRACT**

Aulia Rahmah  
Electrical Engineering

Load Shedding Caused by Overload Disturbance on PT. Dian Swastatika Sentosa  
Power Plant Using Artificial Neural Network Method

PT. Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant fully supplies electrical energy to PT. Indah Kiat Pulp & Paper which produces pulp, paper, and packaging products. Because of this important role, the stability of the power system must be maintained so that the operation and energy supply can run well and remain stable. The value of the generator supply must be equal to the value of the electric power load. Disturbance in the generating system that causes a reduction in energy supply, has an impact on the power imbalance between the generator side and the load side, resulting in a decrease in frequency. Load shedding are given to overcome these overload disturbances so that the system can return to stability. This research simulates the load shedding that occurs due to overload disturbance, using an artificial neural network method using MATLAB. Overload fault scenarios are created in the presence of a blackout of one or more generators. The artificial neural network method is used to determine the load shedding stage in the distribution system based on changes in frequency and power from the sending side and the receiving side. The results of the artificial neural network method formed 5 stages of load shedding which managed to restore the frequency that had dropped due to overload disturbance to become stable to 50 Hz.

Keywords: Overload Disturbance, Load Shedding, Artificial Neural Network Method

## PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT., karena atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul Pelepasan Beban Akibat Gangguan Beban Lebih Pada PT Dian Swastatika Sentosa *Power Plant* dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita baginda Rasulullah SAW. yang telah memberikan keteladanan yang sangat baik di berbagai aspek kehidupan.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan baik dari segi isi dan penyajian pada skripsi ini, mengingat keterbatasan dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Atas bimbingan serta arahan yang diterima oleh penulis dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Bapak Dr. Romi Wiryadinata, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Dr. Ir. Wahyuni Martiningsih, M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing proses penelitian serta penulisan laporan ini.
3. Bapak Dr. Ir. Supriyanto, M.Sc., IPM. selaku dosen pembimbing akademik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik yang membangun untuk kedepannya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua orang yang membaca dan menjadi motivasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan.

Cilegon, 10 Juni 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Pembangkit Tenaga Listrik.....	5
2.1.1 Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	5
2.1.2 Generator Sinkron.....	7
2.2 Stabilitas Sistem Tenaga Listrik.....	8
2.2.1 Kestabilan Sudut Rotor.....	9
2.2.2 Kestabilan Tegangan.....	9
2.2.3 Kestabilan Frekuensi.....	9
2.3 Pengaturan Frekuensi.....	10
2.4 Gangguan Beban Lebih.....	11
2.4.1 Perubahan Frekuensi Akibat Gangguan Beban Lebih.....	11
2.4.2 Cara Mengatasi Gangguan Beban Lebih.....	12
2.5 Pelepasan Beban.....	13
2.5.1 Klasifikasi Pelepasan Beban.....	13
2.5.2 Syarat Pelepasan Beban.....	14
2.6 Jaringan Saraf Tiruan.....	15
2.6.1 Komponen Jaringan Saraf Tiruan.....	16

2.6.2	Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	17
2.6.3	Fungsi Aktivasi .....	19
2.7	<i>Learning Vector Quantization (LVQ)</i> .....	20
2.8	Kajian Pustaka.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Alir Penelitian.....	24
3.2	Waktu dan Tempat .....	25
3.3	Instrumen Penelitian.....	26
3.4	Metodologi Penelitian .....	26
3.5	Perancangan Sistem Distribusi.....	27
3.5.1	Generator .....	27
3.5.2	Transformator Distribusi.....	28
3.5.3	<i>Circuit Breaker</i> .....	29
3.5.4	Unit Pembebanan.....	30
3.5.5	<i>Measurement</i> .....	31
3.5.6	<i>Relay</i> .....	33
3.6	Inisialisasi <i>Load Flow</i> .....	33
3.7	Skenario Gangguan Beban Lebih.....	33
3.8	Metode Jaringan Saraf Tiruan .....	34
3.9	Pemilihan Unit Pelepasan Beban .....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1	Metode Jaringan Saraf Tiruan .....	38
4.2	Hasil Simulasi Skenario Generator Padam.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN.....		55
Lampiran A	<i>Listing Code</i> .....	A-1
Lampiran B	Data Generator .....	B-1
Lampiran C	Data Transformator .....	C-1
Lampiran D	<i>Circuit Breaker</i> .....	D-1
Lampiran E	<i>Single Line</i> Sistem Distribusi Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan <i>Simulink</i> Matlab .....	E-1



Lampiran F Data Metode Jaringan Saraf Tiruan .....F-1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konversi Energi di PLTU .....	5
Gambar 2.2 Proses Pembangkitan Listrik Tenaga Uap .....	6
Gambar 2.3 Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga Listrik .....	8
Gambar 2.4 Topologi Jaringan Lapis Tunggal .....	17
Gambar 2.5 Contoh Jaringan Dengan Banyak Lapisan ( <i>Multilayer Net</i> ) .....	18
Gambar 2.6 Contoh Jaringan Saraf Dengan Lapisan Kompetitif .....	19
Gambar 2.7 Fungsi Aktivasi.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	24
Gambar 3.2 Blok Diagram Penelitian .....	27
Gambar 3.3 Blok Generator .....	28
Gambar 3.4 Blok Transformator Distribusi .....	29
Gambar 3.5 Blok <i>Circuit Breaker</i> .....	30
Gambar 3.6 Blok Beban.....	30
Gambar 3.7 <i>Three Phase Measurement</i> .....	32
Gambar 3.8 Blok <i>Measurement</i> .....	32
Gambar 3.9 Blok <i>Relay</i> .....	33
Gambar 3.10 Hasil Simulasi <i>Load Flow</i> .....	33
Gambar 3.11 Blok Metode Jaringan Saraf Tiruan .....	36
Gambar 4.1 Hasil <i>Training</i> Jaringan Saraf Tiruan.....	38
Gambar 4.2 <i>Performance Training</i> Jaringan Saraf Tiruan .....	39
Gambar 4.3 <i>Performance Training</i> Jaringan Saraf Tiruan .....	39
Gambar 4.4 Respon Frekuensi G#1 Padam .....	41
Gambar 4.5 Respon Frekuensi G#1 Padam setelah Pelepasan Beban .....	42
Gambar 4.6 Respon Frekuensi G#3 Padam .....	42
Gambar 4.7 Respon Frekuensi G#3 Padam setelah Pelepasan Beban .....	43
Gambar 4.8 Respon Frekuensi G#6 Padam .....	44
Gambar 4.9 Respon Frekuensi G#6 Padam setelah Pelepasan Beban .....	44
Gambar 4.10 Respon Frekuensi G#1 & G#3 Padam .....	45
Gambar 4.11 Respon Frekuensi G#1 & G#3 Padam setelah Pelepasan Beban ....	46
Gambar 4.12 Respon Frekuensi G#1 & G#6 Padam .....	46

Gambar 4.13 Respon Frekuensi G#1 & G#6 Padam setelah Pelepasan Beban ....	47
Gambar 4.14 Respon Frekuensi G#3 & G#6 Padam .....	48
Gambar 4.15 Respon Frekuensi G#3 & G#6 Padam setelah Pelepasan Beban ....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Generator Sinkron .....	28
Tabel 3.2 Data Transformator .....	29
Tabel 3.3 Data Beban.....	30
Tabel 3.4 Skenario Kombinasi Generator Padam .....	34
Tabel 3.5 Konfigurasi Metode Jaringan Saraf Tiruan.....	35
Tabel 3.6 <i>Output</i> Tahap Pelepasan Beban Pada Metode Jaringan Saraf Tiruan...	35
Tabel 3.7 Tahap Pelepasan Beban .....	37
Tabel 4.1 Hasil Akurasi Pengujian dengan Data Skenario .....	36

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada pengoperasian pembangkitan tenaga listrik, dapat dikatakan sebagai sistem yang baik jika memenuhi beberapa persyaratan, yaitu keandalan, kualitas, dan kestabilan. Ketiga syarat tersebut harus dipenuhi sehingga sistem dapat mampu memberikan pasokan listrik secara terus menerus dengan standar besaran untuk tegangan dan frekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku dan harus segera kembali ke kondisi normal apabila sistem terjadi gangguan [1].

Perubahan generator secara mendadak dan besar kapasitas melalui hilangnya generator berdampak pada respons dinamis penggerak utama dan dapat menghasilkan pembangkitan yang parah dan ketidakseimbangan beban, yang mengakibatkan penurunan frekuensi yang cepat [2]. Frekuensi sistem akan turun bila terjadi kekurangan daya pembangkitan atau kelebihan beban yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Frekuensi minimum yang diijinkan diberlakukan oleh batasan pengoperasian peralatan sistem [3].

Ketidakstabilan frekuensi akibat keluaran generator lebih kecil dibandingkan beban dapat ditanggulangi dengan memerlukan pelepasan beban (*load shedding*) pada sistem. Pelepasan beban adalah kendali upaya terakhir untuk melindungi jaringan listrik dari keruntuhan [4].

Pelepasan beban atau *load shedding* merupakan fenomena sistem tenaga listrik yang mengizinkan beberapa beban lepas dalam rangka memelihara kestabilan sistem tenaga listrik [5]. Akan tetapi skema pelepasan beban juga harus diimbangi dengan analisa sistem yang benar dengan mempertimbangkan beban minimum yang dilepas, kestabilan, dan lamanya waktu pemulihan frekuensi setelah terjadi pelepasan beban menjadi pertimbangan sendiri dalam sistem tenaga listrik [6].

Karena itu diperlukan adanya metode intelejen yang bertujuan untuk membantu skema pelepasan beban berjalan efektif dalam pemilihan beban dan efisien dalam pemeliharaan sistem sehingga terhindar dari *blackout*. Konsep pelepasan beban ini telah berkembang ke arah pelepasan beban secara cerdas

(*Intelligent Load Shedding*) [7]. Beberapa penelitian tentang pelepasan beban yang telah dilakukan menggunakan kecerdasan buatan (*artificial intelligent*) antara lain *Fuzzy Logic* [8][9], *Artificial Neural Network* [4][6][9]–[14], *Genetic Algorithm* [15], *Firefly Algorithm* [16], *Particle Swarm Optimization* [16]. Dari berbagai model sistem berbasis intelegen tersebut, pada umumnya pelepasan beban yang dilakukan berdasarkan kestabilan tegangan. Kecuali metode *artificial neural network* atau jaringan saraf tiruan yang melakukan pelepasan beban berdasarkan kestabilan frekuensi.

Penelitian sebelumnya dibahas tentang pelepasan beban menggunakan *under frequency relay* yang dilakukan di PT. Dian Swastatika Sentosa *Power Plant*. PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang memiliki 4 unit generator. Total kapasitas pembangkitan mencapai 175 MW untuk pola operasi *full condensing* dan 160 MW pola operasi saat ini (*extraction*). Sebagian besar daya disalurkan ke PT Indah Kiat *Pulp & Paper*. PT Indah Kiat *Pulp & Paper* merupakan anak perusahaan dari Sinar Mas Group yang memproduksi *pulp*, *paper* dan *product packing*. PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* memiliki peran sangat penting, karena sebagian besar energi listrik yang digunakan di PT Indah Kiat *Pulp & Paper* disuplai oleh PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*, sehingga jika terjadi gangguan berakibat fatal terhadap proses produksi perusahaan. PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* dituntut untuk selalu menjaga kontinuitas dan keandalan dalam menyuplai energi listrik [1].

Penelitian ini membahas mengenai sistem pelepasan beban dengan memanfaatkan kecerdasan buatan jaringan saraf buatan dalam mengatur dan menentukan pelepasan beban. Dengan kemampuannya mengenal hubungan yang ada, jaringan saraf buatan digunakan untuk menentukan tahap pelepasan beban berdasarkan pengetahuan yang diperoleh saat pelatihan (*training*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan yang diangkat pada skripsi ini adalah bagaimana menerapkan metode jaringan saraf tiruan untuk menentukan

tahap pelepasan beban berdasarkan kestabilan frekuensi agar sistem kembali stabil ke frekuensi 50Hz.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan tahapan pelepasan beban berdasarkan kestabilan frekuensi dan aliran daya dengan metode jaringan saraf tiruan, sehingga sistem tenaga dapat kembali stabil ke frekuensi 50Hz.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Untuk akademisi, memberikan informasi dan meningkatkan pengetahuan mengenai pelepasan beban (*load shedding*) dengan metode jaringan saraf tiruan.
2. Untuk peneliti, dapat menjadi pertimbangan referensi dan acuan untuk penelitian selanjutnya dalam persoalan pelepasan beban (*load shedding*) dengan memanfaatkan kecerdasan buatan atau *artificial intellegent*.

### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penulisan skripsi ini antara lain:

1. Tegangan yang dijadikan acuan pada pelepasan beban adalah sisi 20kV.
2. Gangguan yang menyebabkan padamnya generator sebagai skenario gangguan beban lebih tidak dijelaskan secara detail.
3. Penentuan beban tahap pelepasan beban menggunakan metode jaringan saraf tiruan.
4. Parameter yang diperhatikan stabilitas frekuensi.
5. Simulasi perancangan sistem dilakukan dengan bantuan MATLAB *Simulink*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Pada skripsi ini sistematika penulisan dibagi ke dalam lima bab, yaitu sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan membahas tentang latar belakang yang menjadi landasan pemikiran dalam pembuatan penelitian ini. Serta tujuan penelitian yang hendak dicapai dalam penelitian. Terdapat pula, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab tinjauan pustaka ini membahas landasan dalam teori dalam perancangan penelitian dan pembahasan topik penunjang pelepasan beban, kestabilan sistem tenaga, dan jaringan saraf tiruan yang menjadi metode dalam penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan antara lain instrumen penelitian, perancangan penelitian, waktu dan tempat penelitian. Selain itu, terdapat pula data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dibahas mengenai hasil penelitian yang dilakukan dengan simulasi pelepasan beban menggunakan jaringan saraf tiruan. Yang ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, perhitungan, serta analisa.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.



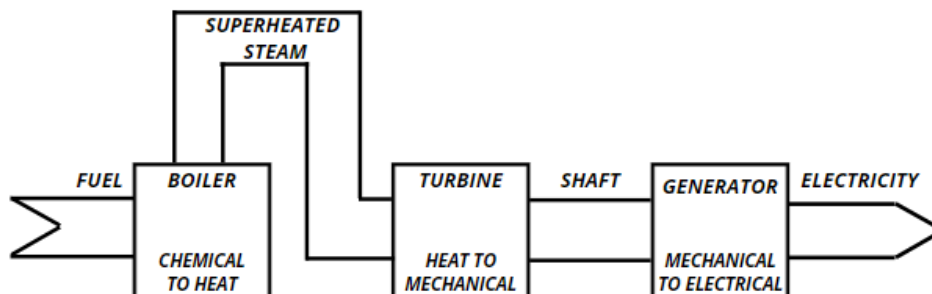
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi membangkitkan energi listrik dengan mengubah sumber energi lain menjadi energi listrik. Energi listrik dapat dihasilkan dengan diperlukan sebuah alat pembangkit yang sering disebut generator. Generator hanya dapat membangkitkan energi listrik jika porosnya diputar. Generator dapat diputar dengan memerlukan energi mekanik yang biasanya dihasilkan oleh turbin. Turbin inilah yang difungsikan untuk mengubah energi dari sumber energi primer menjadi energi gerak atau energi mekanik. Sumber energi tersebut dapat berupa energi air, bahan bakar minyak, batu bara, angin, surya dan lain-lain. Penamaan jenis pembangkit listrik sesuai dengan energi penggerakannya. Salah satu contohnya adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang turbinnya digerakan oleh tenaga uap panas bertekanan tinggi yang dihasilkan dari pemanasan air [17].

#### 2.1.1 Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Prinsip dasar pembangkit tenaga uap adalah dengan memanfaatkan energi potensial panas dari uap air untuk memutar turbin uap yang mengubah energi potensial panas uap menjadi energi mekanik, dan turbin akan memutar generator yang kemudian menghasilkan energi listrik [18]. Konversi energi yang terjadi pada pembangkit listrik tenaga uap dapat dilihat pada Gambar 2.1.

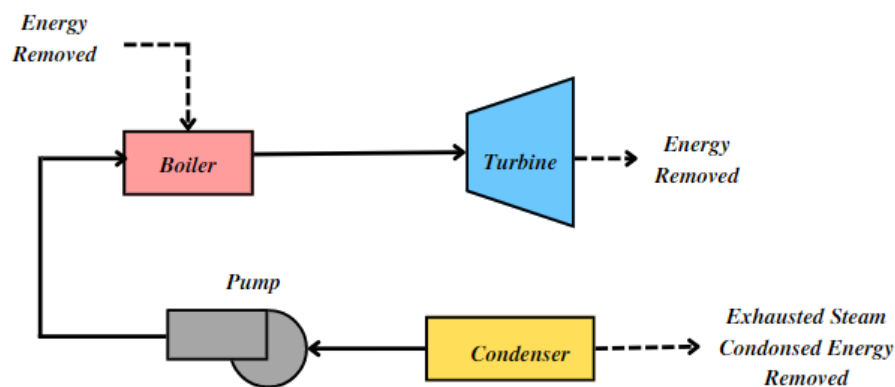


Gambar 2.1 Konversi Energi di PLTU [18]

Sesuai Gambar 2.1 proses penyerapan energi panas dari bahan bakar yang mana proses ini disebut sebagai *chemical to heat* digunakan untuk memanaskan air berada pada *boiler*. Kemudian air dipanaskan tersebut melalui energi panas dan dirubah fasanya menjadi *superheated steam* dalam *boiler* [18].

*Superheated steam* yang terbentuk akan dialirkan menuju turbin, energi potensial panas dan tekanan *steam* ini akan berpotongan dengan sudut-sudut turbin dan akan terekspansi sehingga menimbulkan energi kinetik untuk memutar poros turbin maka pada proses ini terjadi konversi energi yaitu *heat to mechanical*. Turbin yang dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet generator, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal *output* generator [18].

*Steam* yang terekspansi akan berubah fasa kembali dalam kondenser dan panas yang tersisa akan dibuang melalui *cooling tower*. Kemudian *steam* yang telah berubah fasa kembali menjadi air akan dialirkan kembali oleh pompa menuju *boiler* [18]. Lebih jelasnya proses pembangkitan tenaga listrik dalam PLTU dapat dilihat dari Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Proses Pembangkitan Listrik Tenaga Uap[18]

Pada Gambar 2.2 adalah pembangkit daya uap menggunakan air sebagai fluida kerja. Secara sederhana, prinsip kerja PLTU yaitu air dipompa kedalam *boiler*/ketel uap, pada *boiler* air diubah menjadi uap. Kemudian uap yang sudah bertekanan dan bertemperatur tertentu dialirkan ke dalam turbin uap, lalu energi uap

tersebut digunakan untuk memutar turbin untuk memperoleh energi mekanik. Turbin uap yang dikopel dengan generator, akan memutar generator secara langsung [19].

Kemudian, uap yang sudah digunakan untuk memutar turbin akan masuk ke kondensor dan akan diubah kembali menjadi air. Air hasil kondensasi di kondensor disebut air kondensat. Kemudian menggunakan pompa, air kondensat dialirkan kembali ke *boiler* dan begitu seterusnya dilakukan secara berulang ulang. Pada kondensor, jika volume air berkurang, maka akan ditambahkan kembali (*makeup water*) sehingga volume air tetap [19].

### 2.1.2 Generator Sinkron

Generator sinkron disebut juga generator arus bolak-balik, memberikan hubungan penting dalam proses perubahan energi ke dalam bentuk yang bermanfaat. Generator sinkron adalah mesin sinkron yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik. Asas generator yang bekerja berdasarkan Hukum Induksi Faraday yaitu, “Apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik diinduksikan dalam kumparan itu. Besar gaya gerak listrik yang diinduksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya melalui kumparan” [20].

Frekuensi yang dihasilkan generator sinkron tergantung dari kecepatan rotor (rpm) dengan jumlah kutub pada rotor generator tersebut. Hubungan diantaranya dapat dinyatakan pada Persamaan (2.1).

$$f = \frac{Pn}{120} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$f$  = Frekuensi (Hz)

$n$  = Kecepatan rotor (rpm)

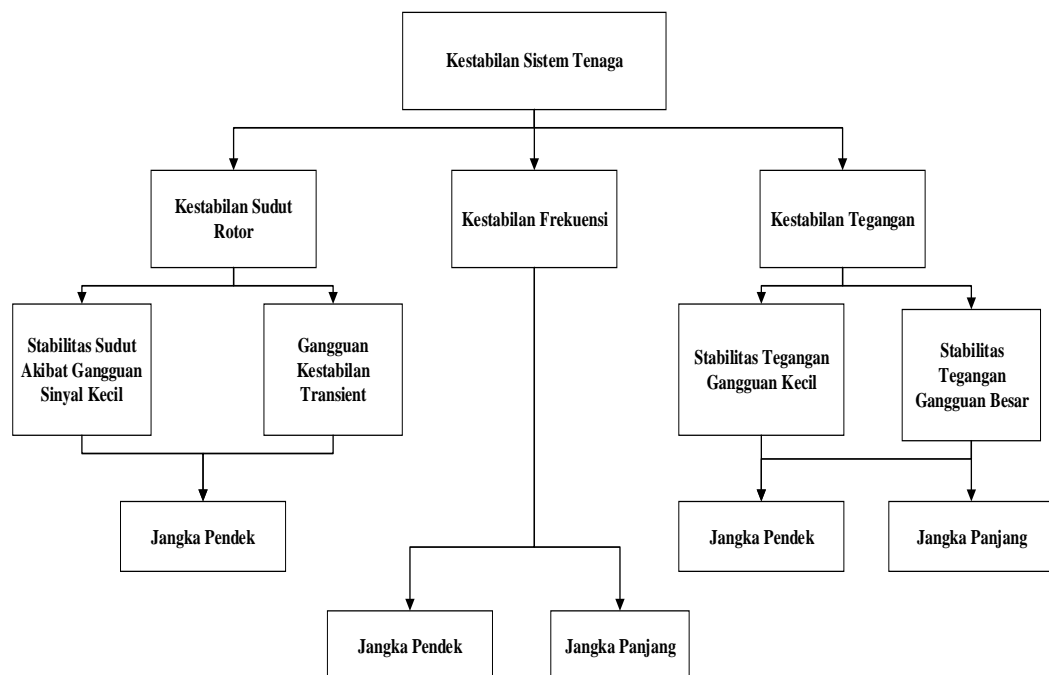
$P$  = Jumlah kutub generator

Pada Persamaan (2.1) dijelaskan bahwa frekuensi yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah kutub generator ( $P$ ), dan kecepatan rotor ( $n$ ). Kondisi frekuensi dari keseluruhan sistem secara langsung tergantung pada jumlah daya

nyata yang dapat digerakkan oleh generator utama ke sistem, dan juga pada energi mekanik yang tersedia untuk membantu generator penggerak utama menghadapi gangguan. Energi yang tersimpan ini bervariasi antara lain turbin gas, turbin uap, dan unit hidro. Akibatnya, kinerja sistem tenaga yang dipasok akan berbeda berdasarkan jenis penggerak utama [7].

## 2.2 Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Stabilitas sistem tenaga listrik merupakan kemampuan sistem tenaga listrik untuk tetap berada dalam keadaan seimbang pada kondisi operasi dibawah normal dan dapat kembali mencapai keadaan yang seimbang lagi setelah mengalami gangguan. Stabilitas sistem tenaga secara umum dibagi dalam dua kategori utama yaitu *stabilitas steady state* dan *stabilitas transient*. *Stabilitas steady state* adalah kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali ke kondisi operasi normal setelah mengalami gangguan kecil, sedangkan *stabilitas transient* adalah kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali ke kondisi operasi normal setelah mengalami gangguan besar seperti hilangnya pembangkitan, hilangnya beban besar dan gangguan hubung singkat [21]. Gambar 2.3 menunjukkan klasifikasi stabilitas sistem tenaga listrik.



Gambar 2.3 Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga Listrik [22]

Dapat dilihat pada Gambar 2.3 klasifikasi stabilitas sistem tenaga listrik dibagi menjadi 3 yaitu kestabilan sudut rotor, kestabilan tegangan, dan kestabilan frekuensi.

### **2.2.1 Kestabilan Sudut Rotor**

Kestabilan sudut rotor mengacu pada kemampuan mesin sinkron dari sistem daya yang saling berhubungan untuk tetap sinkronisme setelah mengalami gangguan. Itu tergantung pada kemampuan untuk mempertahankan atau mengembalikan keseimbangan antara torsi elektromagnetik dan torsi mekanis dari setiap mesin sinkron dalam sistem. Ketidakstabilan yang mungkin terjadi terjadi dalam bentuk ayunan sudut yang meningkat dari beberapa generator yang menyebabkan hilangnya hubungan yang sinkron dengan generator lainnya [22].

### **2.2.2 Kestabilan Tegangan**

Stabilitas tegangan adalah tegangan pada sistem dapat mempertahankan atau memulihkan dalam lingkup tegangan yang diizinkan setelah sistem mengalami gangguan kecil atau besar. Menurut ukuran gangguan, stabilitas tegangan dapat dibagi menjadi stabilitas tegangan statis dan stabilitas tegangan gangguan besar. Stabilitas tegangan statis mengacu pada tegangan sistem yang dapat mempertahankan atau memulihkan tegangan yang diizinkan setelah sistem sampai pada gangguan kecil, agar tidak terjadi jatuh tegangan. Ini digunakan terutama untuk menentukan cadangan stabilitas statis tegangan dalam sistem operasi normal dan kecelakaan. Stabilitas tegangan gangguan besar termasuk stabilitas tegangan transien, stabilitas tegangan dinamis dan stabilitas tegangan jangka panjang, itu adalah bahwa sistem daya tidak terjadi jatuh tegangan setelah sistem mendapatkan gangguan besar [23].

### **2.2.3 Kestabilan Frekuensi**

Stabilitas frekuensi mengacu pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan frekuensi yang stabil setelah gangguan sistem yang parah dalam ketidakseimbangan yang signifikan antara generasi dan beban. Itu tergantung pada kemampuan mempertahankan atau mengembalikan keseimbangan antara

pembuatan dan pemuatan sistem, dengan minimum yang tidak disengaja kehilangan muatan. Ketidakstabilan yang mungkin terjadi terjadi dalam bentuk berkelanjutan frekuensi yang menyebabkan *trip* pada generator yang dapat memadamkan aktifitas pembangkitan tenaga listrik [22].

### 2.3 Pengaturan Frekuensi

Frekuensi sistem perlu dijaga pada nilai nominal, hal ini dikarenakan peralatan listrik hanya dapat bekerja dengan baik pada frekuensi tertentu. Dari sisi generator, saat frekuensi sistem naik melebihi nilai nominal maka generator akan *trip* karena *over speed relay* bekerja. Sedangkan saat frekuensi turun melebihi nilai nominal, maka pembangkit akan trip karena *under frequency relay* bekerja. Dari sisi beban, turunnya frekuensi mengakibatkan peralatan listrik tidak dapat bekerja secara optimal. Sedangkan, jika frekuensi naik melebihi nilai nominal maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Untuk mempertahankan frekuensi dalam batas nilai toleransi yang diperbolehkan, pembangkitan daya aktif dalam sistem harus selalu disesuaikan dengan kebutuhan daya aktif konsumen. Pengaturan daya aktif dilakukan dengan mengatur torsi penggerak generator. Hubungan antara torsi penggerak generator dengan torsi beban yang membebani generator didapatkan Persamaan (2.2) yaitu [24]

$$(\tau_G - \tau_B) = H \times \frac{\partial \omega}{\partial t} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\tau_G$  = Torsi penggerak generator (Nm);

$\tau_B$  = Torsi beban yang membebani generator (Nm);

H = Konstanta inersia pada generator (MJ/MVA)

$\omega$  = Kecepatan sudut perputaran generator (rad/s)

t = waktu (s)

Sedangkan frekuensi yang dihasilkan generator ditunjukkan pada Persamaan (2.3) berikut:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (2.3)$$

Dari Persamaan (2.2) dan (2.3) menjelaskan bahwa pengaturan frekuensi dalam suatu sistem adalah dengan mengatur torsi penggerak generator yang

dilakukan dengan cara mengatur pemberian bahan bakar pada unit sistem, dimana hal tersebut dilakukan oleh *governor* unit pembangkit [24].

## 2.4 Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih pada suatu sistem tenaga listrik terjadi akibat adanya pembangkit yang menyuplai daya keluar dari sistem interkoneksi dengan pembangkit lainnya dan penambahan daya beban yang besar secara mendadak sehingga mengakibatkan jumlah daya yang dihasilkan generator dan jumlah daya beban yang digunakan tidak seimbang. Ketidakseimbangan daya tersebut dapat mengakibatkan frekuensi dari generator semakin lama semakin turun dan apabila dibiarkan akan merusak generator yang lainnya [5]. Kecepatan penurunan frekuensi yang terjadi dipengaruhi oleh seberapa besarnya daya generator yang hilang pada sistem

Dalam kasus kelebihan beban dikenal istilah daya percepatan ( $P_A$ ) dalam hal ini dinyatakan dalam Persamaan (2.4) sebagai berikut [21]:

$$P_A = P_M - P_E \quad (2.4)$$

Keterangan:

$P_A$  = Daya percepatan (Watt)

$P_M$  = Daya mekanik generator (Watt)

$P_E$  = Daya elektrik permintaan beban (Watt)

Sesuai dengan Persamaan (2.4) daya percepatan ( $P_A$ ) dipengaruhi oleh daya mekanik generator ( $P_M$ ) yang sebagai suplai elektrik dan daya elektrik permintaan beban ( $P_E$ ).

### 2.4.1 Perubahan Frekuensi Akibat Gangguan Beban Lebih

Laju perubahan frekuensi merupakan perubahan besarnya daya yang dihasilkan generator dan daya yang dibutuhkan beban. Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi besar laju perubahan frekuensi. Faktor-faktor tersebut antara lain:

- a. Konstanta inersia
- b. Daya mekanik generator
- c. Daya elektrik yang dibutuhkan beban

Faktor-faktor tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan laju penurunan frekuensi. Dengan perkiraan tersebut, dapat juga ditentukan besar frekuensi akhir saat sebelum pemutus tenaga terbuka. Jumlah beban yang harus dilepas untuk pemulihan frekuensi dapat ditentukan [5].

Hubungan yang mendefinisikan perubahan frekuensi terhadap waktu, dalam hal ini disebut dengan laju perubahan frekuensi berdasarkan perubahan besarnya daya yang dihasilkan generator dan daya yang dibutuhkan beban dapat digambarkan oleh persamaan *swing* suatu generator sederhana sebagai berikut [21].

$$\frac{df}{dt} = \frac{P_A f_0}{2GH} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$P_A$  = Daya percepatan (Watt)

$G$  = *Rating* MVA generator

$H$  = Konstanta inersia generator (MJ/MVA)

$f_0$  = Frekuensi nominal generator (Hz)

Jika dilihat pada Persamaan (2.4) dan Persamaan (2.5) terbukti bahwa besarnya laju penurunan frekuensi dipengaruhi oleh tiga faktor yang telah disebutkan sebelumnya yaitu konstanta inersia, daya mekanik generator, dan daya elektrik permintaan beban.

#### 2.4.2 Cara Mengatasi Gangguan Beban Lebih

Penurunan frekuensi sistem yang berkelanjutan akan mengakibatkan pemadaman total pada sistem karena akan merusak sistem pembangkitan [5].

Hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi pemadaman total antara lain:

1. Mengoptimalkan kapasitas pembangkit yang masih beroperasi

Pengoptimalan kapasitas daya ini dilakukan oleh *governor* [5]. Apabila terjadi keadaan berkurangnya daya pembangkit hanya berkisar 10% sampai 15% maka penurunan frekuensi akan terjadi secara perlahan karena *governor* pembangkit masih sempat bekerja dan daya cadangan panas yang ada (*spinning reserve*) sebesar 10% sampai 15 % dapat digunakan dengan mengubahnya menjadi daya listrik.

2. Pelepasan beban

Ketika pengoptimalan kapasitas pembangkit yang masih beroperasi masih



belum dapat mengatasi gangguan beban lebih maka diperlukan suatu pelepasan beban. Pelepasan beban ini dapat dilakukan dengan cara manual dan otomatis menggunakan *under frequency relay* [24].

### 3. Operasi pemisahan (*island operation*).

Ketika penurunan frekuensi terjadi secara drastis dan pelepasan beban tidak mampu mengatasinya maka langkah terakhir di lakukan *island operation*. *Island operation* atau operasi pemisahan suatu unit pembangkit akan dilakukan bila terjadi gangguan pada sistem yang menyebabkan sistem akan mengarah ke kondisi *blackout*, maka pembangkit yang direncanakan untuk *island operation* tetap dapat beroperasi dengan beban sebagian (pulau) memisahkan diri dari sistem. *Island operation* ini mempunyai tujuan mempercepat proses *recovery* sistem bila terjadi gangguan besar dan mencegah terjadinya padam total pada sistem, dan untuk menekan energi tak tersalur akibat gangguan [24] .

## 2.5 Pelepasan Beban

*Load shedding* adalah tindakan pelepasan beban yang dilakukan secara otomatis ataupun manual untuk pengamanan operasi dari unit-unit pembangkit dari kemungkinan terjadinya padam total (*blackout*). Jika terjadi gangguan pada sistem yang menyebabkan besarnya suplai daya yang dihasilkan oleh pembangkit tidak mencukupi kebutuhan beban misalnya karena adanya pembangkit yang lepas (*trip*), maka untuk mencegah terjadinya ketidakstabilan sistem perlu dilakukan pelepasan beban (*load shedding*). Keadaan yang kritis pada sistem dapat dideteksi melalui frekuensi sistem yang menurun dengan cepat dan jika dibiarkan terus menerus akan menyebabkan sistem *collapsed*. Dengan dilakukan pelepasan beban diharapkan frekuensi dapat kembali stabil ke angka 50 Hz sebelum terjadinya padam total pada sistem pembangkitan. Pembagian jenis beban dalam pelepasan beban dilakukan berdasarkan beban prioritas dan beban non-prioritas [25].

### 2.5.1 Klasifikasi Pelepasan Beban

Pelepasan beban diklasifikasikan menjadi 2 yaitu pelepasan beban secara manual dan pelepasan beban otomatis.

Pelepasan beban manual dilakukan apabila laju penurunan frekuensi sangat rendah. Sehingga untuk memperbaiki frekuensi tidak membutuhkan waktu cepat karena sistem dirasa aman untuk jangka waktu yang cukup lama. Pelepasan beban secara manual ini akan membutuhkan beberapa operator yang cukup banyak, waktu yang dibutuhkan pun cukup lama bila dibandingkan dengan pelepasan beban otomatis [5].

Pelepasan beban otomatis dilakukan ketika laju penurunan frekuensi cukup tinggi. Dengan adanya pelepasan beban otomatis maka sistem secara keseluruhan dapat diselamatkan dengan cepat tanpa harus menunggu operator bekerja. Pelepasan beban otomatis biasanya didukung dengan peralatan *under frequency relay* [5]. Pelepasan beban otomatis pada sistem tenaga memberikan perlindungan awal dengan frekuensi rendah untuk generator turbin sistem. Rancangan program pelepasan beban ini harus untuk kondisi kelebihan beban maksimum yang mungkin dan memastikan bahwa beban yang cukup dicurahkan untuk dengan cepat mengembalikan frekuensi sistem hingga mendekati normal. Koordinasi skema pelepasan beban pada sistem dengan generator sangat penting untuk menjaga integritas sistem dan tidak boleh mengganggu keandalan sistem tenaga listrik [3].

### **2.5.2 Syarat Pelepasan Beban**

Sebelum dilakukan suatu pelepasan beban yang bertujuan untuk pemulihan frekuensi, pelepasan beban harus memenuhi beberapa kriteria antara lain [8]:

1. Pelepasan beban dilakukan secara bertahap dengan tujuan apabila pada pelepasan tahap pertama frekuensi belum dapat memulihkan frekuensi maka dapat dilakukan pelepasan beban tahap berikutnya untuk memperbaiki penurunan frekuensi.
2. Jumlah beban yang dilepaskan hendaknya seminimal mungkin sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik dalam memperbaiki penurunan frekuensi yang terjadi.
3. Pelepasan beban harus dilakukan tepat guna, maka dari itu harus ditentukan waktu tunda minimum rele untuk mendeteksi apakah penurunan frekuensi generator akibat beban lebih atau pengaruh lain seperti misalnya masuknya beban yang sangat besar ke dalam sistem

secara tiba-tiba sehingga pelepasan beban yang dilakukan tidak merugikan konsumen [5].

4. Beban yang dilepaskan adalah beban yang memiliki prioritas paling rendah dibandingkan beban lain dalam sistem tenaga listrik. Oleh sebab itu, seluruh beban terlebih dahulu diklasifikasikan menurut kriteria-kriteria tertentu. Adapun pembagian jenis beban dalam pelepasan beban dibagi menjadi beban prioritas dan beban non-prioritas. *Essential load* atau beban prioritas adalah beban yang dianggap penting ataupun beban yang menjadi penunjang tetap demi kenyamanan konsumen, sehingga apabila terjadi pemutusan atau gangguan akan menyebabkan konsumen menjadi tidak nyaman dan mengganggu aktifitas konsumen [26]. *Non-essential load* atau beban yang dianggap bukan sebagai prioritas, sehingga apabila terjadi pemutusan atau gangguan pada beban tersebut, tidak akan mempengaruhi aktifitas dan kenyamanan konsumen [13].

## 2.6 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan merupakan implementasi dari teknologi *artificial intelligent*. Jaringan saraf tiruan adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan saraf biologi. Jaringan saraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi dengan asumsi bahwa [27]:

1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (*neuron*)
2. Sinyal dikirim diantara *neuron-neuron* melalui penghubung-penghubung antara *neuron* memiliki bobot yang memperkuat atau memperlemah sinyal
3. Untuk menentukan *output*, setiap *neuron* menggunakan fungsi aktivasi yang dikenakan pada jumlah *input* yang diterima. Besarnya *output* ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Konsep jaringan saraf tiruan pada dasarnya diperkenalkan dari subjek biologi di mana jaringan saraf memainkan peran penting dan kunci dalam tubuh manusia. Dalam tubuh manusia pekerjaan dilakukan dengan bantuan jaringan saraf. *Neural network* hanyalah jaringan *neuron* yang saling terhubung yang jumlahnya

jutaan dan jutaan. Dengan bantuan *neuron* yang saling berhubungan ini semua pemrosesan paralel dilakukan dalam tubuh manusia dan tubuh manusia adalah contoh terbaik dari pemrosesan *parallel*. Pada dasarnya jaringan saraf tiruan adalah pendekatan rekayasa *neuron* biologis yang memiliki perangkat dengan banyak input dan satu *output*. JST terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan sederhana yang saling berhubungan satu sama lain dan juga berlapis [28].

### 2.6.1 Komponen Jaringan Saraf Tiruan

Dengan mengambil ide dari jaringan saraf manusia, komponen-komponen pada jaringan saraf tiruan adalah:

a. *Neuron Tiruan (Artificial Neuron)*

*Neuron* adalah unit pemroses informasi yang menjadi dasar dalam pengoperasian jaringan saraf tiruan dan semua proses perhitungan juga dilakukan di sini [29].

b. Lapisan (*Layer*)

JST disusun oleh sekumpulan *neuron* yang berhubungan dan dikelompokkan pada lapisan-lapisan (*layer*). Terdapat tiga lapisan yaitu lapisan *input*, lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan *output* [29].

c. Masukan (*Input*)

JST hanya dapat memproses data masukan berupa data numerik, sehingga apabila masalah melibatkan data kualitatif seperti grafik, gambar atau suara, data harus ditransformasikan dulu ke dalam data numerik yang ekuivalen sebelum dapat diproses oleh jaringan saraf tiruan [29].

d. Keluaran (*Output*)

Keluaran dari jaringan saraf tiruan adalah pemecahan terhadap masalah. Data keluaran merupakan data numerik [29].

e. Bobot (*Weight*)

Bobot (*Weight*), Bobot pada JST menyatakan tingkat kepintaran sistem. Walaupun sebenarnya bobot tersebut hanya sebuah deretan angka-angka saja, bobot sangat penting untuk jaringan Saraf tiruan, bobot yang optimal akan memungkinkan sistem menerjemahkan data masukan secara benar dan menghasilkan keluaran yang diinginkan [29].

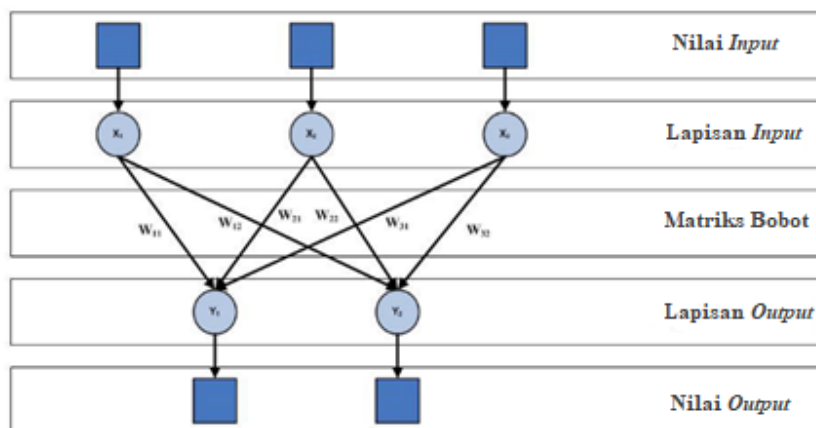
## 2.6.2 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab komponen jaringan saraf tiruan, bahwa *neuron* dikelompokkan dalam lapisan-lapisan. Pada umumnya, *neuron-neuron* yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu *neuron* adalah fungsi aktivasi 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 pada lapisan lainnya (misalkan lapisan *output*) [29].

Ada beberapa arsitektur jaringan saraf tiruan, yaitu jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer net*), jaringan dengan lapisan banyak (*multilayer layer net*), dan jaringan kompetitif.

### 1. Jaringan saraf dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima masukan kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi keluaran tanpa harus melalui lapisan tersembunyi (*hidden layer*).



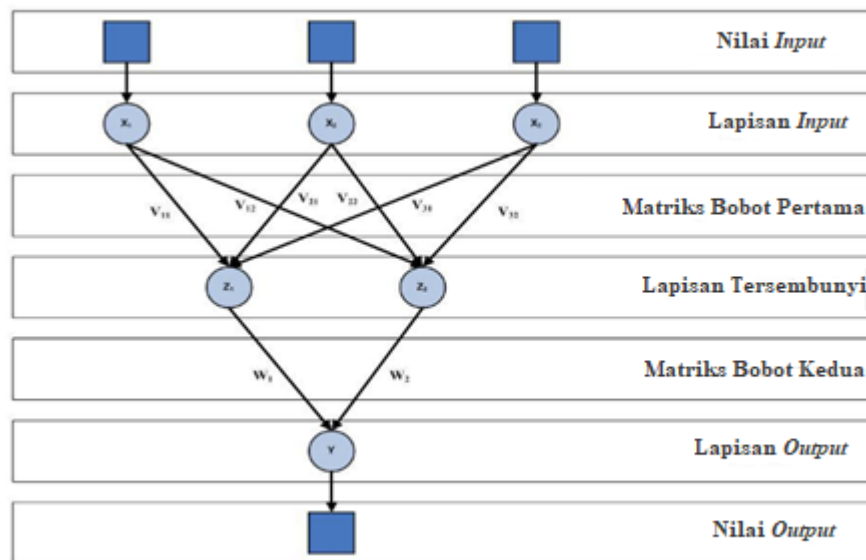
Gambar 2.4 Topologi Jaringan Lapis Tunggal [30]

Berdasarkan pada Gambar 2.4, ciri-ciri yang paling menonjol dari arsitektur jaringan saraf dengan lapisan tunggal adalah hanya terdiri dari

satu lapisan masukan dan satu lapisan keluaran, tanpa lapisan tersembunyi dan setelah lapisan keluaran didapatkan nilai keluaran[29].

## 2. Jaringan Dengan Banyak Lapisan (*Multi Layer Net*).

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan *input* dan lapisan *output* sering disebut lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Struktur jaringan dengan memiliki banyak lapisan seperti Gambar 2.5 berikut.



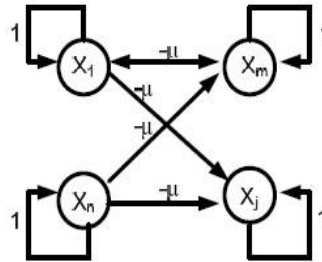
Gambar 2.5 Contoh Jaringan Dengan Banyak Lapisan (*Multilayer Net*) [30]

Berdasarkan Gambar 2.5 jaringan dengan banyak lapisan atau yang dikenal dengan *multilayer net* ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit dari pada lapisan dengan lapisan tunggal, tentunya dengan pembelajaran yang lebih rumit. Pada beberapa kasus, pelatihan pada jaringan ini lebih baik karena memungkinkan bagi jaringan untuk memecahkan masalah yang tidak dapat diselesaikan jaringan berlapis tunggal. Karena jaringan tidak dapat dilatih untuk menampilkan secara benar dengan demikian dan pada banyak kasus pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah [29].

## 3. Jaringan Saraf Dengan Lapisan Kompetitif (*Competitive Layer Net*)

Arsitektur jaringan saraf dengan lapisan kompetitif atau *competitive layer*

*net* ini memiliki bentuk yang berbeda jika dibandingkan dengan lapis tunggal atau *single layer net* dan jaringan dengan banyak lapisan atau *multilayer net*, dimana antar *neuron* dapat saling dihubungkan. JST digambarkan dengan mengadopsi nilai dasar jaringan saraf biologi sebagai berikut: menerima *input* atau masukan.



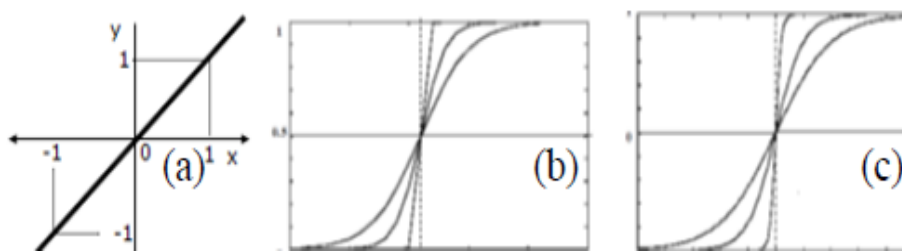
Gambar 2.6 Contoh Jaringan Saraf Dengan Lapisan Kompetitif [31]

Berdasarkan Gambar 2.6 pada arsitektur jaringan saraf tiruan dengan lapisan kompetitif, setiap *input* datang melalui suatu koneksi atau hubungan yang mempunyai suatu bobot (*weight*). Setiap sel saraf mempunyai sebuah nilai batas ambang (*threshold*) [31].

### 2.6.3 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan bagian terpenting dalam tahapan perhitungan keluaran dari suatu algoritma jaringan Saraf tiruan. Fungsi aktivasi dapat diibaratkan sebagai pendefinisian penguatan non linier dalam sistem analog (*continue*). Penguatan (*gain*) ini dihitung dengan mencari rasio perubahan pada fungsi *output neuron* pada lapisan keluaran.

Fungsi aktivasi tidak hanya digunakan pada saat perhitungan nilai keluaran *neuron* saja, tetapi turunan pertamanya juga bisa untuk menghitung perubahan bobot dan bias pada proses belajar. Fungsi aktivasi dibagi menjadi beberapa jenis fungsi yang masing-masingnya berbeda satu sama lain. Beberapa fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan saraf tiruan dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Fungsi Aktivasi: (a) Fungsi Linier, (b) Fungsi Sigmoid Biner, (c) Fungsi Sigmoid Bipolar[28]

Berdasarkan Gambar 2.7 di atas, penjelasan fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut:

a. Fungsi Linear

Fungsi linear memiliki nilai keluaran yang sama dengan nilai masukannya. Fungsi linear dirumuskan sebagai  $y=x$ . Pada MATLAB, fungsi aktivasi identitas dikenal dengan nama *purelin*.

b. Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi sigmoid biner, ini digunakan untuk jaringan saraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada *range* 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan Saraf yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan Saraf yang nilai *output* 0 atau 1. Pada MATLAB, fungsi aktivasi identitas disebut dengan *logsig*.

c. Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi *sigmoid biner*, hanya saja keluaran dari fungsi ini memiliki *range* antara -1 sampai 1 pada. Pada MATLAB, fungsi aktivasi identitas dikenal dengan nama *tansig* [29].

## 2.7 Learning Vector Quantization (LVQ)

*Learning Vector Quantization* (LVQ) merupakan jaringan lapisan tunggal (*single-layer net*) di mana lapisan masukan terkoneksi secara langsung dengan setiap neuron pada keluaran. Koneksi antar *neuron* tersebut dihubungkan dengan bobot atau *weight*. *Neuron-neuron* keluaran pada LVQ menyatakan suatu kelas atau



kategori tertentu. Bobot merupakan nilai matematis dari koneksi yang mentransfer data dari satu lapisan ke lapisan lainnya, yang berfungsi untuk mengatur jaringan sehingga dapat menghasilkan keluaran yang diinginkan. Bobot pada LVQ sangat penting, karena dengan bobot ini *input* dapat melakukan pembelajaran dalam mengenali suatu pola. Vektor bobot berfungsi untuk menghubungkan setiap *neuron* pada lapisan masukan dengan masing-masing *neuron* pada lapisan keluaran [28].

Jaringan Syaraf Tiruan terawasi (*supervised*) seperti LVQ (*Learning Vector Quantization*) adalah suatu metode klasifikasi pola yang masing-masing unit *output* mewakili kategori atau kelompok tertentu. Pemrosesan yang terjadi pada setiap neuron adalah mencari jarak terdekat antara suatu *vector* masukan ke bobot yang bersangkutan. Kelebihan metode ini adalah selain mencari jarak terdekat, selama pembelajaran unit *output* diposisikan dengan mengatur dan memperbaharui bobot melalui pembelajaran yang terawasi untuk memperkirakan keputusan klasifikasi [31].

## 2.8 Kajian Pustaka

Penelitian mengenai pelepasan beban telah banyak memanfaatkan kecerdasan buatan jaringan saraf tiruan untuk mengatur dan menentukan strategi pelepasan beban. Berikut adalah penelitian-penelitian yang dijadikan sumber referensi pada penelitian ini.

1. Penelitian menggunakan metode jaringan saraf tiruan untuk memperkirakan total ketidakseimbangan daya aktif sesuai dengan interval waktu penurunan frekuensi. Faktor regulasi frekuensi beban dan prioritas beban digabungkan ke dalam metode pelacakan aliran daya untuk memilih lokasi pelepasan beban dan menentukan jumlah pelepasan beban setiap beban. Metode baru diuji dalam sistem *8-machine 36-bus*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketidakseimbangan daya aktif yang diperkirakan oleh metode jaringan saraf tiruan lebih akurat [4].
2. Penelitian menggunakan metode jaringan saraf tiruan untuk memprediksi jumlah pengurangan beban jaringan listrik Kinmen dengan penetrasi energi terbarukan yang tinggi di pulau lepas pantai. Untuk membuat kumpulan data pelatihan untuk model JST, analisis stabilitas transien dilakukan untuk menemukan pelepasan

beban untuk berbagai operasi beban. Dibandingkan dengan konvensional memuat skema pelepasan, metode yang diusulkan mengurangi jumlah pelepasan beban untuk operasi yang stabil dari sistem tenaga lepas pantai-pulau [12].

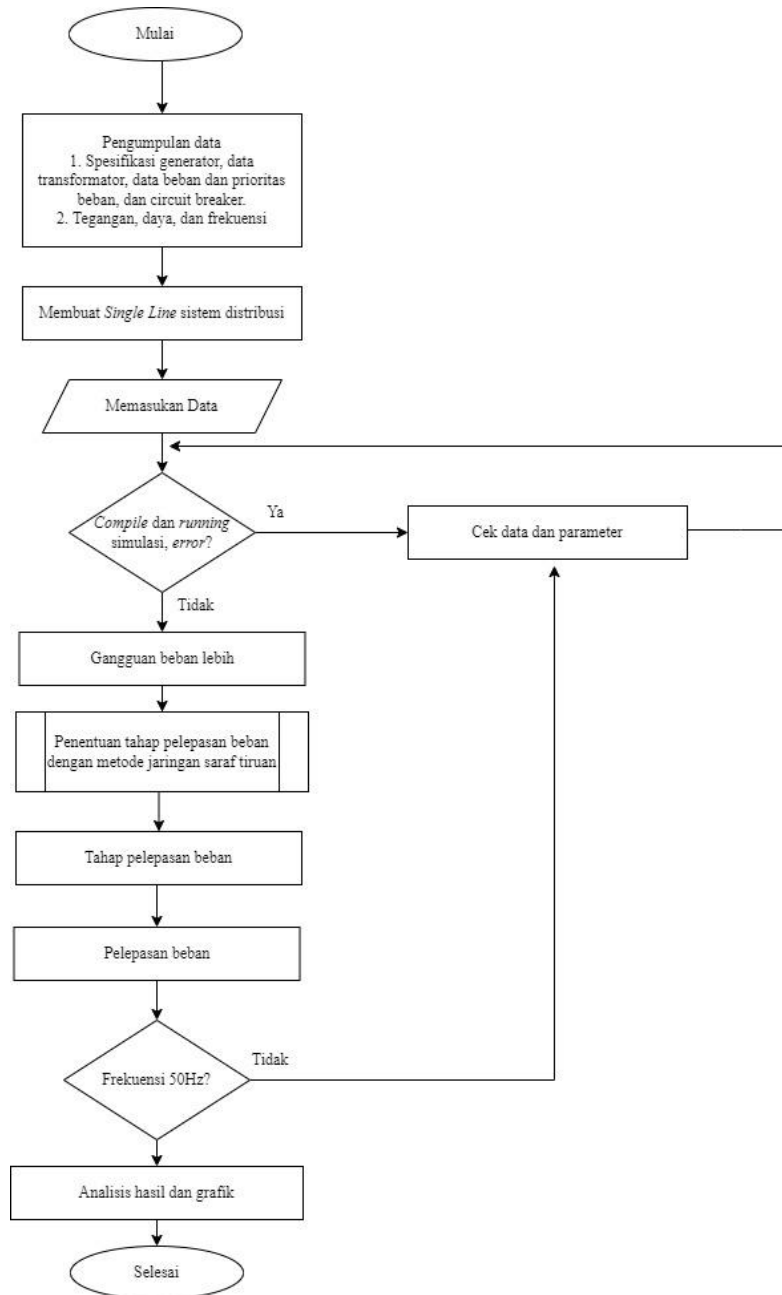
3. Penelitian ini memanfaatkan kombinasi metode *generalized regression neural network* dan *voltage electrical distance* untuk mengembalikan frekuensi sistem ke nilai dalam rentang yang diizinkan. Metode pelepasan beban yang diusulkan didasarkan pada jarak antara pemadaman generator dan node yang tersisa untuk memastikan stabilitas frekuensi sistem. Hasilnya, beban pada bus yang berada di dekat generator padam akan dilepas terlebih dahulu, kemudian beban berikutnya hingga sistem kembali stabil. Keefektifan metode yang diusulkan diuji pada Generator IEEE 39 Bus New England 10 [13].
4. Penelitian ini mengusulkan model baru pengendalian pelepasan beban berdasarkan kombinasi Jaringan Saraf Tiruan ganda untuk melaksanakan pelepasan beban, mengembalikan frekuensi dan mencegah pemadaman sistem tenaga. Jaringan Saraf Tiruan (JST1) pertama dengan cepat mengenali keadaan dengan atau tanpa pelepasan beban ketika terjadi korsleting pada sistem kelistrikan. Jaringan Saraf Tiruan (JST2) kedua mengidentifikasi dan mengontrol pemilihan strategi pelepasan beban. Jika JST1 menghasilkan pelepasan beban, strategi kontrol pelepasan beban segera diterapkan. Efektivitas metode yang diusulkan diuji pada sistem IEEE 39-bus [32].
5. Penelitian ini mengusulkan metode *under frequency load shedding* (UFLS) dengan menggunakan teknik optimasi jaringan saraf tiruan (JST) yang dikombinasikan dengan algoritma *particle swarm optimization* (PSO) untuk menentukan kapasitas pelepasan beban minimum. Teknik yang disarankan menggunakan algoritma *hybrid ANN-PSO* berfokus pada 2 tujuan utama yaitu menentukan apakah rencana pelepasan proses atau tidak dan distribusi daya pelepasan minimum pada setiap bus beban permintaan untuk mengembalikan frekuensi sistem kembali ke nilai yang dapat diterima. Dalam algoritma *hybrid ANN-PSO*, algoritma PSO bertanggung jawab untuk mencari bobot optimal dalam struktur jaringan saraf, yang dapat membantu mengoptimalkan pelatihan jaringan dalam hal kecepatan dan akurasi pelatihan. Keefektifan metode yang diusulkan diujicobakan dengan beberapa kasus pemadaman generator pada

berbagai tingkat beban dalam skema Bus IEEE-37 di mana kasus pelepasan beban dipertimbangkan dibandingkan dengan teknik tradisional lainnya [33].

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Alir Penelitian

Secara garis besar, adapun langkah-langkah pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Sesuai dengan Gambar 3.1 penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data yaitu *single line* diagram sistem distribusi, data spesifikasi generator, data spesifikasi transformator, dan data beban serta urutan prioritas beban. Setelah data telah didapatkan, simulasi *single line* sistem distribusi PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* dibangun dirancang di *Simulink* Matlab.

Selesai rancangan simulasi, semua blok komponen-komponen diisi dengan data sesuai data nyata sistem distribusi PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*. Kemudian dilakukan *compile* dan *running* simulasi. Apabila simulasi terjadi *error* dilakukan pengecekan kembali dengan data dan parameter, kemudian dilakukan *compile* dan *running* simulasi kembali. Bila simulasi tidak terjadi *error*, simulasi dapat dilanjutkan dengan memberikan skenario gangguan beban lebih. Skenario gangguan beban lebih ini dilakukan dengan memadamkan 1 atau lebih kombinasi generator.

Setelah sistem distribusi diberi gangguan beban lebih, data aliran daya dan perubahan frekuensi diambil untuk kemudian menjadi data masukan untuk penentuan tahap pelepasan beban menggunakan metode jaringan saraf tiruan. Tahap pelepasan beban juga berdasarkan dengan data beban prioritas PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*.

Setelah tahap pelepasan beban didapatkan melalui metode jaringan saraf tiruan, hal yang kemudian dilakukan adalah pelepasan beban. Hal yang diperhatikan pada pelepasan beban adalah perubahan frekuensi. Apakah perubahan frekuensi dengan tahap pelepasan beban menggunakan metode jaringan saraf tiruan dapat kembali stabil ke angka 50 Hz atau tidak. Jika setelah dilakukan pelepasan beban, angka frekuensi tidak dapat pulih dan stabil ke 50 Hz, dilakukan pengecekan kembali data dan parameter. Jika frekuensi sudah stabil ke angka 50 Hz maka yang dapat dilakukan selanjutnya adalah analisis hasil dan grafik. Grafik yang dianalisis didapatkan dari hasil perubahan frekuensi yang terjadi.

### **3.2 Waktu dan Tempat**

Waktu pengerjaan penelitian ini, dimulai sejak bulan Desember 2019, bertempat di ruang SRC Jurusan Teknik Elektro Gedung Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

### 3.3 Instrumen Penelitian

Adapun komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Satu unit Laptop sebagai media perancangan dan pengujian simulasi dengan spesifikasi *Processor*: Intel Celeron N4020 1.1GHz dan RAM 4GB DDR4 SO-DIMM.
2. Perangkat lunak MATLAB R2016b sebagai perangkat lunak dalam perancangan dan perhitungan simulasi dalam penelitian ini yang telah terpasang di unit laptop.
3. Data *single line* diagram PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*, data generator, data transformator, data beban.

### 3.4 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, langkah-langkah metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membaca literatur yang terdahulu. Tujuan studi literatur adalah mencari referensi yang dapat membantu jalannya penelitian ini. Literatur yang digunakan berupa buku, jurnal penelitian, thesis, dan skripsi mengenai pelepasan beban akibat gangguan beban lebih dan jaringan saraf tiruan.
2. Mengumpulkan data yang diperlukan untuk pembuatan simulasi yaitu *single line* diagram sistem distribusi, data spesifikasi generator, data spesifikasi transformator, dan data beban serta urutan prioritas beban.
3. Merancang sistem distribusi pada *Simulink* MATLAB sesuai dengan *single line* diagram sistem distribusi. Lalu dilakukan inisialisasi *load flow*, sehingga simulasi dimulai dalam kondisi tunak. Yang kemudian disambungkan ke *tools* jaringan saraf tiruan yang akan menentukan tahap pelepasan beban berdasarkan kestabilan frekuensi dan keseimbangan daya pada saat terjadi gangguan beban lebih. Tahap pelepasan beban ditetapkan berdasarkan beban prioritas sistem distribusi PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*. Tahap pelepasan tersebut yang menentukan beban yang akan dilepas sehingga frekuensi kembali stabil menjadi 50Hz. Rancangan pelepasan beban ini digambarkan pada blok diagram penelitian di Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Blok Diagram Penelitian

Sesuai pada Gambar 3.2 simulasi yang dirancang pada penelitian ini adalah blok sistem distribusi dengan *tools* jaringan saraf tiruan dan *relay control* saling terhubung pada satu simulasi, sedangkan blok *circuit breaker* dan blok beban berada di sistem distribusi di *Simulink* MATLAB.

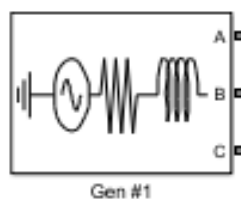
4. Melakukan skema gangguan beban lebih dengan skenario pemadaman generator secara mendadak. Skenario gangguan beban lebih ini dilakukan dengan memadamkan 1 atau lebih kombinasi generator pada simulasi sistem distribusi yang dilakukan di *Simulink* MATLAB.
5. Menentukan tahap pelepasan beban dengan menggunakan *tools* jaringan saraf tiruan berdasarkan kestabilan frekuensi dan keseimbangan daya yang dihubungkan dengan simulasi sistem distribusi pada *Simulink* MATLAB.
6. Melakukan analisis hasil dan grafik yang dicapai berdasarkan teori pada BAB II.

### 3.5 Perancangan Sistem Distribusi

Pada penelitian ini, hal yang pertama dilakukan adalah merancang model sistem distribusi PT. Dian Swastatika Sentosa *Power Plant* pada *Simulink* Matlab. Semua parameter yang pada simulasi sistem distribusi disesuaikan dengan data sesungguhnya dari PT. Dian Swastatika Sentosa *Power Plant*. Sebelum dilakukan skenario gangguan dan pelepasan beban menggunakan metode jaringan saraf tiruan, diperlukan simulasi inialisasi *load flow* untuk menginisialisasi jaringan dan mesin tiga fase sehingga simulasi dimulai dalam kondisi tunak.

#### 3.5.1 Generator

Blok model *simulink* Matlab yang digunakan sebagai generator adalah *Three phase source*. Blok model ini digunakan untuk semua generator pada simulasi sistem distribusi. Berikut blok model generator yang ditunjukkan dengan Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Generator

Pada Gambar 3.3 blok generator yang digunakan adalah blok *Three phase source* dengan pengaturan parameter blok generator dapat dilihat di Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data Generator Sinkron

No	Generator	Mode Operasi	Rating (MW)	Operating (MW)	Tegangan (kV)
1	G #1	PV	35	29,2	11
2	G #2	Swing	35	29,1	11
3	G #3	PV	35	29	11
4	G #6	PV	70	40,8	11
	Total		175	128,1	

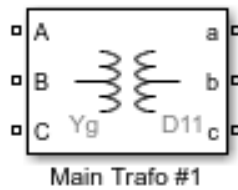
Pada Tabel 3.1 dapat dilihat tegangan generator adalah 11kV yang mana adalah sisi pembangkit. Mode operasi *swing* dijalankan pada generator G#2. Data pada tabel 3.1 ini didapatkan dan dirangkum dari data generator PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* yang dapat dilihat pada Lampiran B.

### 3.5.2 Transformator Distribusi

Transformator adalah peralatan pada sistem yang berfungsi untuk memindahkan/menyalurkan tenaga listrik arus bolak-balik tegangan rendah ke tegangan menengah atau sebaliknya, pada frekuensi yang sama, sedangkan prinsip kerjanya melalui induksi magnet, dan menghasilkan nilai tegangan dan arus yang berbeda. Transformator yang digunakan pada PT. Dian Swastatika Sentosa adalah transformator *step up* yang digunakan untuk menaikkan tegangan dari tegangan yang dihasilkan generator sebesar 11kV, menjadi tegangan 20kV. Pada penelitian ini



blok model *Simulink* transformator distribusi yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Blok Transformator Distribusi

Pada Gambar 3.4 blok transformator distribusi yang digunakan adalah *three phase transformer (two windings)*, pengaturan parameter blok transformator ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Data Transformator

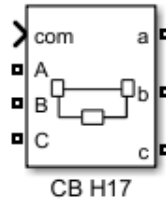
No	Transformator	Konfigurasi	Rated Power	Tegangan Primer (kV)	Tegangan Sekunder (kV)
1	Main Trafo #1	dY1	30,5/ 44 MVA	11	20
2	Main Trafo #2	dY1	30,5/ 44 MVA	11	20
3	Main Trafo #3	dY1	30,5/ 44 MVA	11	20
4	Main Trafo #6	dY1	87,5/ 109 MVA	11	20

Pada Tabel 3.2 data transformator yang digunakan pada simulasi ini adalah tegangan pada sisi primer atau sisi pembangkitan berada di 11kV, sedangkan untuk tegangan sekunder di 20kV. Semua transformator pada PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* memiliki konfigurasi yang sama yaitu dY1. Data parameter transformator ini didapat dan dirangkum dari data spesifikasi asli transformator PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* yang dapat dilihat pada halaman Lampiran C.

### 3.5.3 Circuit Breaker

Untuk memutus sirkuit baik dalam penggunaan skenario gangguan pada generator maupun pelepasan beban, diperlukan blok *circuit breaker*. Pengaturan

*circuit breaker* untuk pelepasan beban, *circuit breaker* dalam mode eksternal. Sinyal kontrol yang terhubung ke masukan *Simulink* berasal dari *relay* yang terhubung dengan blok ANN atau jaringan saraf tiruan. Blok *circuit breaker* ditunjukkan pada Gambar 3.5.

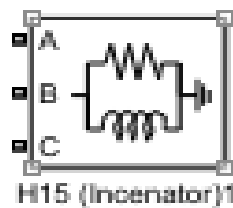


Gambar 3.5 Blok *Circuit Breaker*

Pada Gambar 3.5 *circuit breaker* yang digunakan pada simulasi sistem distribusi ini adalah *Three Phases Breaker* pada *Simulink* Matlab. Pengaturan parameter yang digunakan pengaturan yang sama dengan *circuit breaker* yang ada pada PT. Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant. Data

#### 3.5.4 Unit Pembebanan

Pada penelitian ini, blok model *Simulink* yang digunakan untuk unit pembebanan adalah blok *three phase load* yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Blok Beban

Blok beban pada Gambar 3.6 blok beban kemudian diberi pengaturan daya pada unit pembebanan yang diatur sesuai berdasarkan data beban pada PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Data Beban

No	Unit	Daya	Keterangan
1	H2 (PM 4 + PM5)	15,2	-
2	H3 (PM 3)	8,8	-

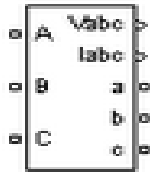
3	H4 (PM 6)	10,2	-
4	H5 ( <i>Finishing</i> )	2,5	-
5	H6 ( <i>Utility-2</i> )	5	-
6	H7 (PM2)	13,4	-
7	H8 (SP 1/1 + AOCC5)	0	Disuplai PLN
8	H9 ( <i>Utility-1 + Converting Printing</i> )	8	-
9	H10 ( <i>New HV Trafo Stand By</i> )	0	<i>Stand by</i>
10	H11 (PM1)	9	-
11	H12 (Caco3 + Dip 1,2)	0	Disuplai PLN
12	H13 (SP 1/2)	7,8	-
13	H14 (SP 3/6)	15	-
14	H15 ( <i>Incenerator</i> )	0,4	-
15	H16 ( <i>HV Aux trafo Stand By</i> )	0	<i>Stand by</i>
16	H17 (AOCC 3/4 + SP5/6)	14	-
17	<i>Stationary Co-Gen</i>	16,8	-
	Total	128,1	

Dapat dilihat pada Tabel 3.3 untuk unit pembebanan H5, H10, H12, H15, H16 dan *stationary co-gen* tidak masuk kedalam skema pelepasan beban. Unit beban H10 merupakan saluran untuk transformator *high voltage* yang kondisinya *stand by*. Untuk unit H16 merupakan transformator *high voltage* yang digunakan untuk internal proses pembangkitan PT. Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* yang kondisinya *stand by*. Untuk H5, H12, H15 dan *stationary co-gen* memiliki jenis prioritas *critical* dan selalu dijaga kontinuitas penggunaan daya listriknya sehingga dalam pelepasan beban menggunakan pelepasan beban manual dan tidak diikutsertakan pada simulasi pelepasan beban dengan metode jaringan saraf tiruan.

### 3.5.5 Measurement

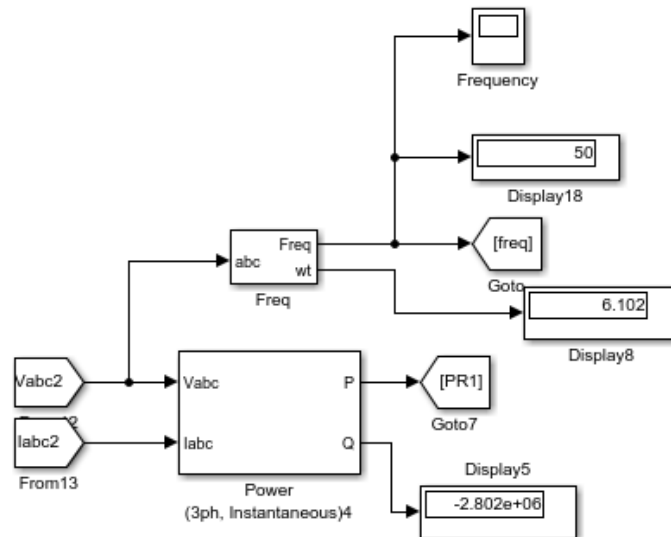
Blok *Three Phase Measurement* dipasang di sistem distribusi digunakan untuk mengirimkan nilai  $V_{abc}$  dan  $I_{abc}$ . Nilai  $V_{abc}$  dan  $I_{abc}$  tersambung dengan *Power (3ph measurement)* untuk mendapatkan nilai  $P$  (*watts*). Nilai  $P$  tersebut yang nantinya menjadi salah satu parameter *input* untuk metode jaringan saraf tiruan

yang mengirimkan nilai aliran daya pengirim dan aliran daya penerima. Blok *Three Phase Measurement* ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 *Three Phase Measurement*

Pada Gambar 3.7 blok *measurement* kemudian akan dihubungkan dengan blok *measurement* lain. Blok *measurement* yang saling terhubung ditunjukkan pada Gambar 3.8 berikut.

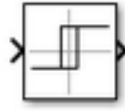


Gambar 3. 8 Blok *Measurement*

Blok *measurement* yang saling terhubung ditunjukkan pada Gambar 3.8. Selain terhubung dengan *Power (3ph Measurement)*, *Vabc* juga diperlukan untuk menjadi masukan ke *PLL (3ph)*, yaitu blok yang digunakan untuk menampilkan frekuensi. Frekuensi juga termasuk salah satu parameter *input* yang digunakan untuk mengolah data metode jaringan saraf tiruan. Nilai frekuensi juga ditampilkan melalui blok *Display* dan blok *Scope* yang menampilkan grafik perubahan dari frekuensi dan menjadi acuan untuk analisis data. Nilai Frekuensi dan Nilai *P (watts)* dikirimkan melalui blok *GoTo* dan *From*.

### 3.5.6 Relay

*Relay* digunakan untuk mengirimkan sinyal 0 dan 1 ke *circuit breaker* dari hasil metode jaringan saraf tiruan untuk memutuskan beban dapat dilihat berikut.



Gambar 3.9 Blok *Relay*

Pada Gambar 3.9 blok *relay* pengaturan berdasarkan nilai tahapan pelepasan beban yang telah didapatkan dari hasil metode jaringan saraf tiruan.

### 3.6 Inisialisasi *Load Flow*

Hasil dari inisialisasi *load flow* pada dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.

Block type	Bus type	Bus ID	Vbase (kV)	Vref (pu)	Vangle (deg)	P (MW)	Q (Mvar)	Qmin (Mvar)	Qmax (Mvar)	V_LF (pu)	Vangle_LF (deg)	P_LF (MW)	Q_LF (Mvar)	Block Name	
1	RLC load Z	*1*	20.00	1	0.00	9.00	0.00	-Inf	Inf	1.1013	-1.94	10.92	0.00	H11 (RM 1)	
2	RLC load Z	*2*	20.00	1	0.00	13.40	0.00	-Inf	Inf	1.1012	-1.94	16.25	0.00	H7 (RM2)	
3	RLC load Z	*3*	20.00	1	0.00	8.80	0.00	-Inf	Inf	1.1022	-2.01	10.69	0.00	H3 (RM 3)	
4	RLC load Z	*4*	20.00	1	0.00	14.00	0.00	-Inf	Inf	1.1021	-2.01	17.00	0.00	H17 (ADCC 3//4+SP 5)	
5	RLC load Z	*5*	20.00	1	0.00	8.00	0.00	-Inf	Inf	1.1023	-2.01	6.08	0.00	H6 (Utility-2)	
6	RLC load Z	*6*	20.00	1	0.00	15.20	0.00	-Inf	Inf	1.1020	-2.01	19.46	0.00	H2 (RM 4 + RMS)	
7	RLC load PQ	*7*	22.04	1	0.00	10.20	0.00	-Inf	Inf	1.0000	-2.01	10.20	-0.00	H4 (RM 6)	
8	RLC load Z	*8*	20.00	1	0.00	2.80	0.00	-Inf	Inf	1.1024	-2.01	3.04	0.00	H5 (Finishing)	
9	Vsrc	swing	*11*	11.00	1	0.00	35.00	26.25	-Inf	Inf	1	0.00	9.60	-29.65	Gen #2
10	Bus	-	*10*	20.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Three-Phase Transform	
11	Vsrc	PQ	*13*	11.00	1	0.00	35.00	26.25	-Inf	Inf	1.1787	3.87	35.00	26.25	Gen #3
12	Bus	-	*14*	20.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1032	-2.04	0.00	0.00	Three-Phase Transform
13	Vsrc	PQ	*16*	11.00	1	0.00	70.00	52.50	-Inf	Inf	1.1484	2.41	70.00	52.50	Gen #6
14	Bus	-	*17*	20.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1040	-2.07	0.00	0.00	Three-Phase Transform
15	RLC load PQ	*18*	22.03	1	0.00	15.00	0.00	-Inf	Inf	1.0000	-1.90	15.00	-0.00	H14 (SP 3//4)	
16	RLC load Z	*19*	20.00	1	0.00	7.80	0.00	-Inf	Inf	1.1016	-1.90	9.47	0.00	H13 (SP1//2)	
17	RLC load PQ	*20*	22.04	1	0.00	0.40	0.00	-Inf	Inf	1.0000	-1.90	0.40	0.00	H15 (Incenator)	
18	Vsrc	PV	*22*	11.00	1	0.00	35.00	26.25	-Inf	Inf	1.0000	-25.24	35.00	-26.14	Gen #1
19	Bus	-	*23*	20.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1026	-1.88	0.00	0.00	Three-Phase Transform
20	RLC load Z	*24*	20.00	1	0.00	18.80	0.00	-Inf	Inf	1.1011	-1.94	22.79	0.00	Stationary Co-Gen1	
21	RLC load PQ	*25*	22.03	1	0.00	8.00	0.00	-Inf	Inf	1.0000	-1.94	8.00	0.00	H9 (Utility-1+Cont#1)	

Gambar 3.10 Hasil Simulasi *Load Flow*

Gambar 3.10 merupakan hasil inisialisasi simulasi *load flow* yang mana proses ini diperlukan untuk menginisialisasi jaringan dan seluruh rancangan, sehingga simulasi dimulai dalam kondisi tunak.

### 3.7 Skenario Gangguan Beban Lebih

Skenario gangguan beban lebih dilakukan dengan adanya gangguan pada generator sehingga mengharuskan generator padam dan berupa penambahan daya

beban lebih. Simulasi skenario ini yang menyebabkan penurunan frekuensi pada sistem distribusi. Gangguan padamnya generator tidak dijelaskan secara detail. Skenario kombinasi generator padam dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Skenario Kombinasi Generator Padam

No.	G #1	G #2	G #3	G #6
1	Padam	Ref	Nyala	Nyala
2	Nyala	Ref	Padam	Nyala
3	Nyala	Ref	Nyala	Padam
4	Padam	Ref	Padam	Nyala
5	Padam	Ref	Nyala	Padam
6	Nyala	Ref	Padam	Padam

Pada Tabel 3.4 kombinasi generator padam tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya frekuensi acuan pelepasan beban. Generator 2 dijadikan referensi karena diatur dengan mode *swing*. Sehingga, tidak ada skenario pemadaman pada generator 2.

### 3.8 Metode Jaringan Saraf Tiruan

Metode jaringan saraf tiruan pada penelitian bertugas mengambil keputusan untuk menentukan tahap pelepasan beban. Yang kemudian hasil keluaran dari jaringan saraf tiruan ini akan dijadikan acuan untuk beban yang akan dilepaskan ketika terjadi gangguan beban lebih. Sehingga sistem akan kembali normal ke frekuensi 50 Hz. Dalam pengoperasiannya terdapat 4 parameter masuk untuk desain ANN atau jaringan saraf tiruan yaitu:

1. Frekuensi setelah generator padam
2. Nilai Daya Pengirim
3. Nilai Daya Penerima
4. Tahap pelepasan beban

Metode jaringan saraf tiruan dibangun dengan pengaturan konfigurasi sebagai berikut:

Tabel 3.5 Konfigurasi Metode Jaringan Saraf Tiruan

<i>Epoch</i>	100
<i>Hidden Layer</i>	50
<i>Learning rate</i>	0,1
Arsitektur jaringan	LVQ

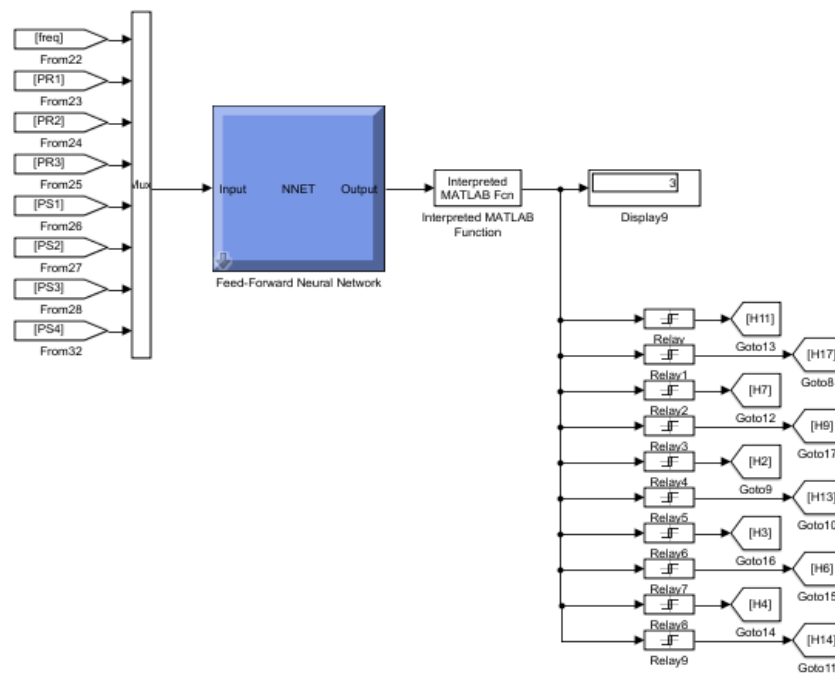
Jaringan saraf tiruan yang telah dibangun dengan konfigurasi sesuai pada Tabel 3.5 kemudian dilakukan *training* untuk proses pembelajaran jaringan. Sampel data yang dilakukan *training* sebanyak 5005 data. Data *training* dapat dilihat pada Lampiran F.

Data *input* yang digunakan untuk data *training* diambil dari data frekuensi, 4 daya pengirim, 3 daya penerima, dan tahap pelepasan beban yang diambil dari 5 skenario pelepasan beban di sistem distribusi. Dengan masing-masing skenario diambil sebanyak 1001 sampel data. Sedangkan pada target adalah *output* tahap pelepasan beban berupa bilangan biner.

Tabel 3.6 *Output* Tahap Pelepasan Beban Pada Metode Jaringan Saraf Tiruan

Tahap Pelepasan Beban	<i>Output</i> Metode Jaringan Saraf Tiruan
I	0001
II	0010
III	0100
IV	1000
V	1001

*Output* pada Tabel 3.6 ini merupakan *output* yang belum diubah ke bilangan desimal. Setelah dilakukan *training*, kemudian dilakukan *testing* dengan data didapat dari skenario pelepasan beban yang lain dengan skenario pelepasan beban yang datanya digunakan untuk *training*. Setelah *testing* pengujian data, kemudian jaringan saraf tiruan dibentuk menjadi blok ANN agar dapat digunakan dan dihubungkan pada simulasi sistem distribusi yang telah dibuat sebelumnya di *Simulink* MATLAB. Blok model metode jaringan saraf tiruan ditunjukkan pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Blok Metode Jaringan Saraf Tiruan

Pada Gambar 3.11 didapatkan hasil dari blok metode jaringan saraf tiruan berupa bilangan biner yang terdiri dari 0 dan 1. Sedangkan, *relay* menggunakan bilangan desimal sebagai masukannya. Oleh karena itu, blok *Interpreted MATLAB function* dipasang setelah blok jaringan saraf tiruan. Blok *Interpreted MATLAB* digunakan untuk mengubah bilangan biner menjadi bilangan desimal. Kemudian *relay* mengirimkan sinyal 0 atau 1 untuk pelepasan beban dengan menggunakan penghubung blok Goto. Sinyal 0 atau 1 yang dikirimkan *relay* diterima oleh *circuit breaker* untuk intruksi pelepasan beban.

### 3.9 Pemilihan Unit Pelepasan Beban

Pemilihan unit beban yang dilepas harus memperhatikan prioritas beban dan jumlah beban pada PT. Dian Swastika Sentosa. Hal ini dilakukan, agar hasil pelepasan beban tidak mengganggu jalannya aktifitas pembangkitan tenaga dan penyaluran tenaga listrik sehingga tidak mempengaruhi proses produksi di PT. Indah Kiat *Pulp & Paper*. Tahap pelepasan beban ditunjukkan pada Tabel 3.7 berikut.



Tabel 3.7 Tahap Pelepasan Beban

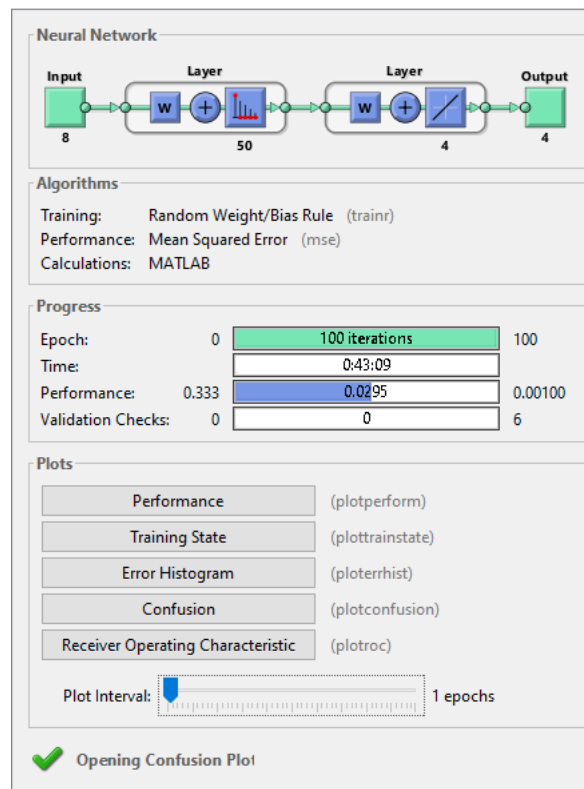
Tahap	Unit Pembebanan	Jumlah Beban (MW)	Total Beban yang dilepas (MW)
I	H7 (PM 2)	13,4	36,4
	H11 (PM 1)	9	
	H17 (AOCC 3/4+SP 5)	14	
II	H13 (SP 1/2)	7,8	44,2
III	H2 (PM 4 + PM5)	15,2	59,4
IV	H9 ( <i>Utility-1 + Converting Printing</i> )	8	67,4
V	H4 (PM 6)	10,22	77,6

Pada Tabel 3.7 dapat dilihat pada tahap I unit beban yang dilepaskan adalah H7(PM2), H11(PM1), dan H17(AOCC  $\frac{3}{4}$ +SP 5). Pada tahap II unit beban yang dilepaskan adalah H7(PM2), H11(PM1), H17(AOCC  $\frac{3}{4}$ +SP 5) dan H13 (SP  $\frac{1}{2}$ ). Pada tahap III unit beban yang dilepaskan adalah H7(PM2), H11(PM1), H17(AOCC  $\frac{3}{4}$ +SP 5), H13 (SP  $\frac{1}{2}$ ), dan H2 (PM4+PM5). Pada tahap IV unit beban yang dilepaskan adalah H7(PM2), H11(PM1), H17(AOCC  $\frac{3}{4}$ +SP 5), H13 (SP  $\frac{1}{2}$ ), H13 (SP  $\frac{1}{2}$ ), H2 (PM4+PM5), dan H9 (*Utility-1 + Converting Printing*). Dan pada tahap terakhir atau tahap v unit beban yang dilepaskan adalah H7(PM2), H11(PM1), H17(AOCC  $\frac{3}{4}$ +SP 5), H13 (SP  $\frac{1}{2}$ ), H2 (PM4+PM5), H9 (*Utility-1 + Converting Printing*), dan H4 (PM6).

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Metode Jaringan Saraf Tiruan

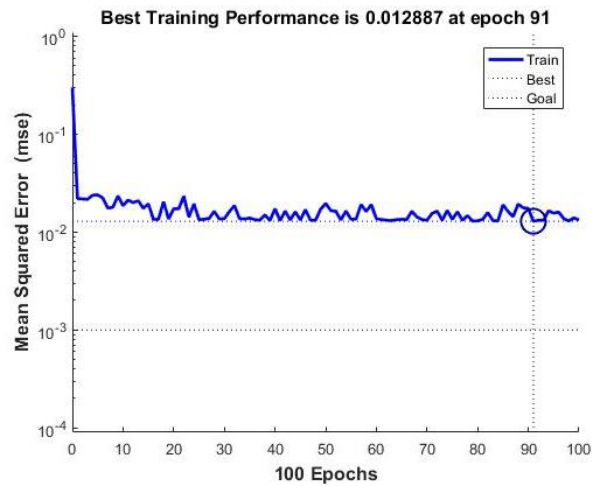
Dalam metode jaringan saraf tiruan ada 2 proses yang difokuskan, yaitu proses *training* dan *testing*. Pada proses *training* sistem akan memproses data dan mempelajari pola dari *input* yang diberikan. Untuk mendapatkan arsitektur jaringan yang terbaik agar hasil yang didapat sesuai yang diharapkan, terlebih dahulu dilakukan *trial* dan *error* dengan nilai parameter yang tetap. Berikut adalah hasil *training* jaringan saraf tiruan yang telah dikonfigurasi sesuai pada Tabel 3.5



Gambar 4. 1 Hasil *Training* Jaringan Saraf Tiruan

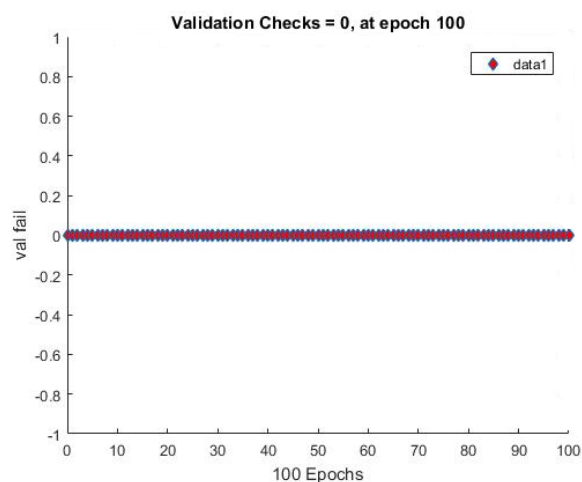
Pada Gambar 4.1 hasil terbaik didapat setelah melakukan training di nilai maksimum iterasi yaitu 100, dengan lama waktu 43 menit 9 detik. Pada arsitektur jaringan ini, jenis pelatihan yang digunakan adalah *Random Weight/Bias Rule* (trainr). *Performance* menyatakan kualitas hasil pembelajaran, dengan semakin

mendekati nol maka kualitas *training* jaringan semakin baik. Pada arsitektur jaringan ini *best training performance* yang didapat adalah 0,012887. Berikut adalah performa *training* metode jaringan saraf tiruan ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut



Gambar 4.2 *Performance Training Jaringan Saraf Tiruan*

Dapat dilihat dari Gambar 4.2 *best performance training* yang didapat 0,012887 pada *epoch* ke 91. Di bawah ini merupakan hasil *validation checks* yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Performance Training Jaringan Saraf Tiruan*

Validation checks pada Gambar 4.3 didapat hasil angka 0 pada *epoch* ke 100. Hasil *training* yang didapat kemudian, dilakukan uji *testing*. *Testing* ini

dilakukan untuk mengetahui bahwa hasil pada metode jaringan saraf tiruan mampu memprediksi secara konsisten. Hasil pengujian dari proses *training* pertama adalah jaringan saraf tiruan didapatkan hasil akurasi sebesar 96.6043%. Dari 5005 Sampel data yang dilakukan *training*, jumlah benar yang didapatkan sebanyak 4835 data.

Selanjutnya jaringan diuji kembali dengan data skenario yang gangguan beban lebih sebelum jaringan dijadikan blok dan dipasang di sistem distribusi. Data yang diambil adalah frekuensi, 4 data aliran daya pengirim, dan 3 data aliran daya penerima Jumlah sampel data yang diujikan pada masing-masing skenario adalah 1001 data. yang telah dilakukan *testing*, dipakai untuk metode jaringan sebagai kendali untuk menentukan tahap pelepasan beban.

Berikut adalah hasil akurasi pengujian data training dengan 5005 sampel data dengan data skenario gangguan beban lebih ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Akurasi Pengujian dengan Sampel Data Skenario

Skenario	Hasil Akurasi (%)
Skenario 1	96,8032
Skenario 2	93,60639
Skenario 3	91,80819
Skenario 4	95,4
Skenario 5	92,10789
Skenario 6	84,44444

Dari Tabel 4.1 hasil pengujian dengan data skenario dapat dilihat 5 dari 6 skenario mendapatkan hasil akurasi di atas 90%, ini menunjukkan pembelajaran pada jaringan sudah baik. Jaringan ini yang kemudian dijadikan bentuk blok untuk dihubungkan ke sistem distribusi sebagai kendali penentu tahap pelepasan beban.

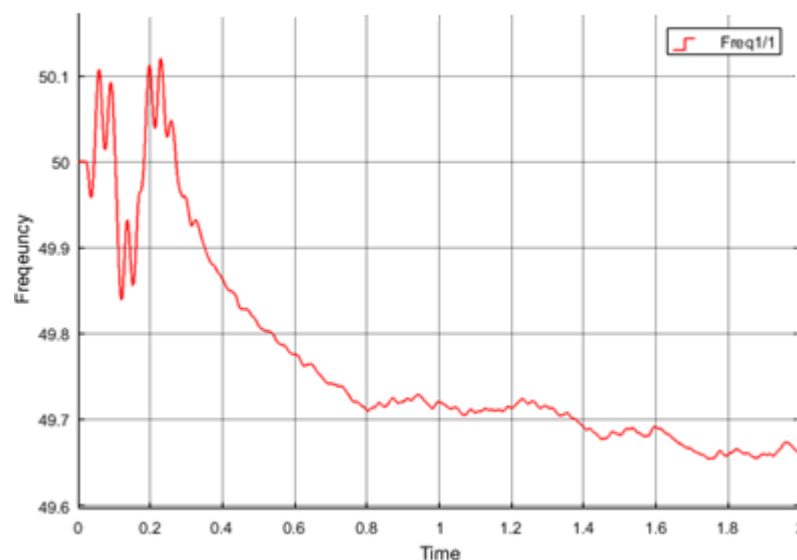
## 4.2 Hasil Simulasi Skenario Generator Padam

Berikut ini adalah hasil simulasi skenario generator padam yang mengakibatkan penurunan frekuensi dan hasil setelah pelepasan beban menggunakan metode jaringan saraf tiruan untuk pemulihan frekuensi sistem. Untuk dapat mengamati perubahan stabilitas frekuensi simulasi dilakukan dalam

kurun waktu 2s. Grafik yang ditunjukkan adalah grafik dengan keadaan sistem distribusi mengalami gangguan beban lebih dengan kondisi sebelum dan sesudah dilakukan pelepasan beban menggunakan metode jaringan saraf tiruan. Parameter yang diperhatikan adalah laju frekuensi dan waktu.

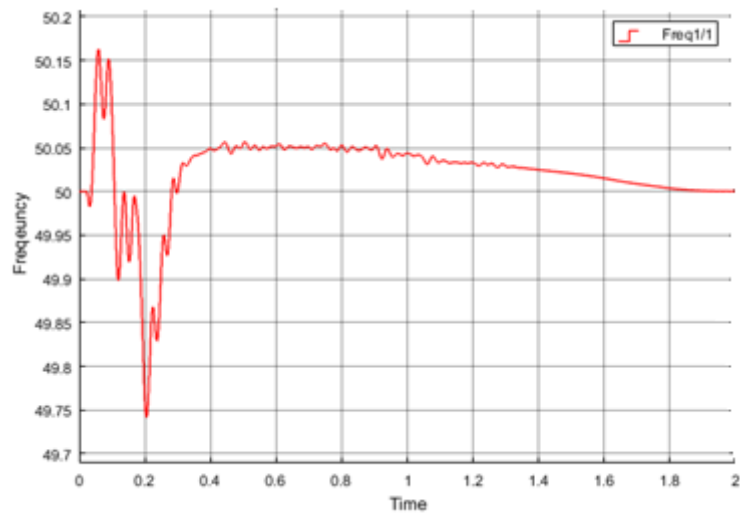
### 1. Generator G#1 Padam

Pada skenario ini G#1 yang pada kondisi normal mengirim suplai daya sebesar 29,2 MW padam, sehingga sistem hanya dapat menyuplai energi sebesar 98,9 MW. seperti pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Respon Frekuensi G#1 Padam

Gangguan beban lebih akibat padamnya generator G#1 menyebabkan penurunan frekuensi pada sistem dari 50Hz menjadi 49,66 Hz dalam simulasi 2s. Pada Gambar 4.4 G#1 padam dan belum dilakukan pelepasan beban. Untuk mengembalikan frekuensi kembali ke angka 50Hz dan keadaan stabil dibutuhkan pelepasan beban. Setelah dipasang metode jaringan saraf tiruan sebagai kendali yang menentukan tahap pelepasan beban saat penurunan frekuensi, didapatkan hasil pelepasan beban tahap I. Frekuensi yang semula tidak stabil berangsur-angsur pulih dan kembali pulih ke angka 50Hz di waktu sekitar 1,8s seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut.

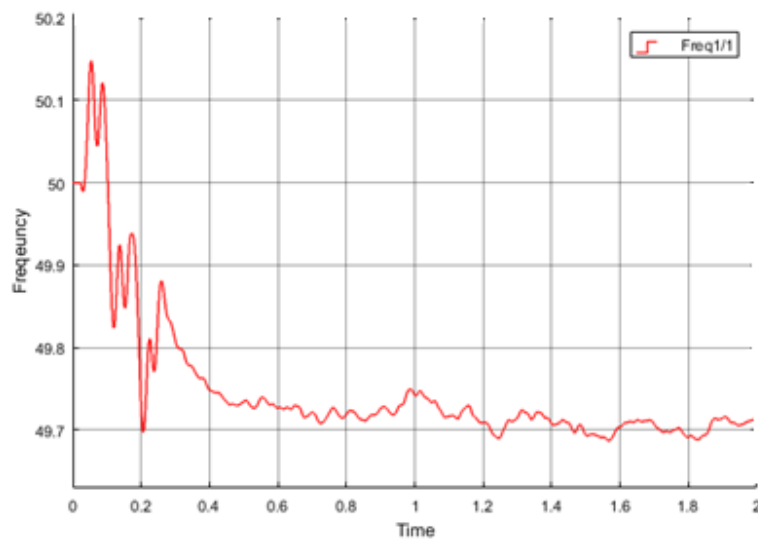


Gambar 4.5 Respon Frekuensi G#1 Padam setelah Pelepasan Beban

Pelepasan beban pada Tahap I melibatkan beban H7 (PM 2), H11 (PM 1), H17 (AOCC 3/4+SP 5) dengan total beban yang dilepaskan adalah 36,4 MW. Pada 0,2s frekuensi berati dititik terendah yaitu 49,74Hz. Setelah terjadi pelepasan beban, frekuensi kembali naik dan berangsur-angsur pulih ke angka 50Hz mulai detik ke 1,8s.

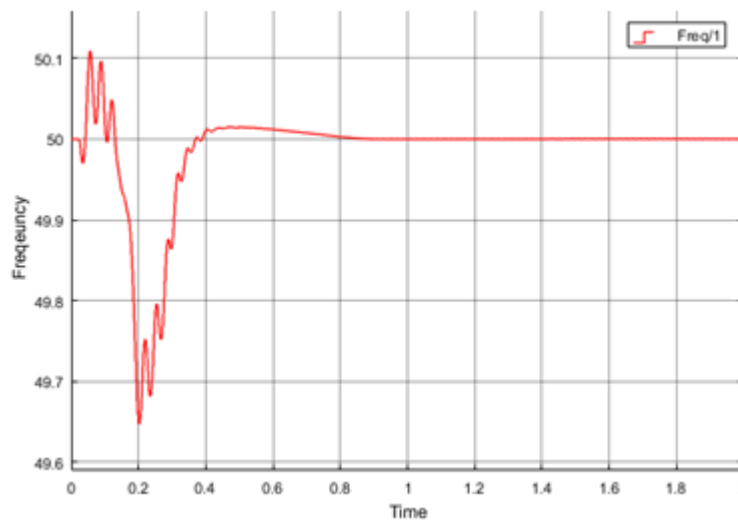
## 2. Generator G#3 Padam

Pada skenario ini G#3 yang pada kondisi normal memiliki daya 29,1 MW padam, sehingga terjadi penurunan frekuensi pada sistem dari 50Hz menjadi 49,71 Hz dalam simulasi 2s. seperti pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Respon Frekuensi G#3 Padam

Pada Gambar 4.6 G#3 padam dan belum dilakukan pelepasan beban. Karena G#3 padam, maka sistem hanya dapat menyuplai daya sebesar 99 MW. Setelah dipasang metode jaringan saraf tiruan sebagai kendali saat penurunan frekuensi, didapatkan hasil pelepasan beban tahap I. Pelepasan beban pada Tahap I melibatkan beban H7 (PM 2), H11 (PM 1), H17 (AOCC 3/4+SP 5) dengan total beban yang dilepaskan adalah 36,4 MW. Frekuensi berangsur-angsur pulih dan kembali ke angka 50 Hz pada waktu 0,7s seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7 berikut.

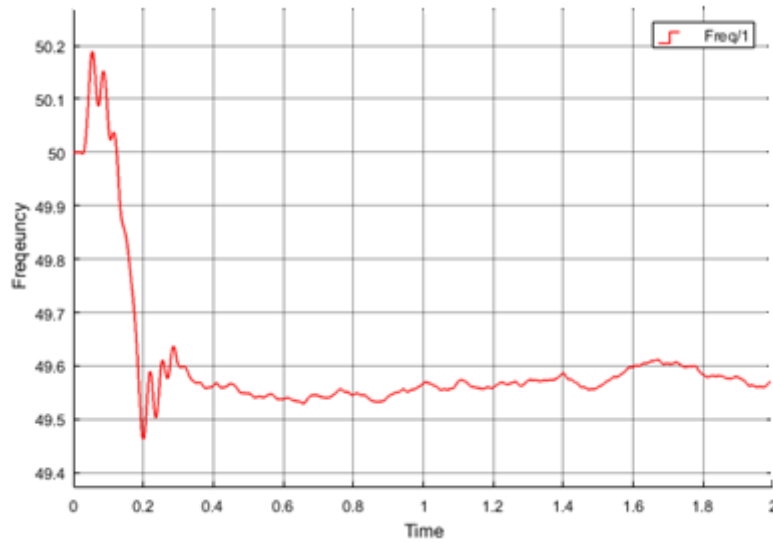


Gambar 4.7 Respon Frekuensi G#3 Padam setelah Pelepasan Beban

Sama seperti saat skenario G#1 padam pada skenario G#3 padam, frekuensi kembali stabil dengan pelepasan beban tahap I yaitu sebesar 36,4 MW dengan unit beban yang dilepas H7 (PM 2), H11 (PM 1), H17 (AOCC 3/4+SP 5) dijalankan selama simulasi 2s. Pada 0,2s merupakan waktu titik terendah frekuensi saat G#3 padam yaitu 49,66Hz. Kemudian frekuensi kembali berangsur-angsur naik ke 50 Hz karena pelepasan beban.

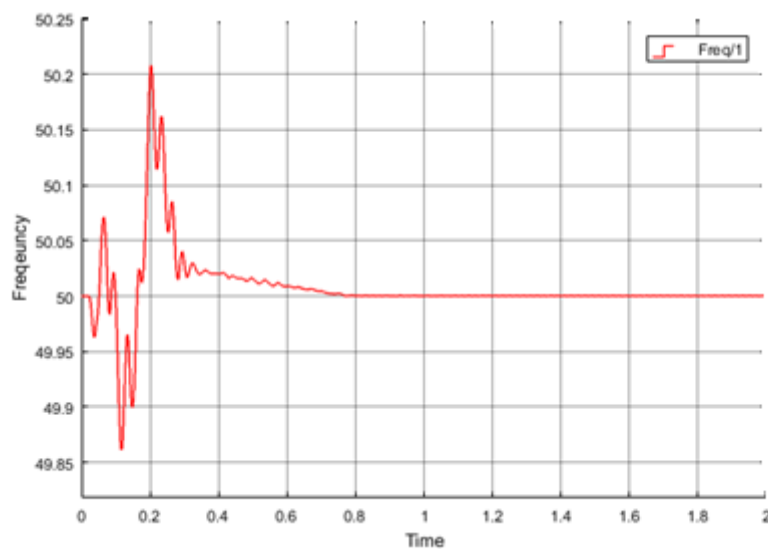
### 3. Generator G#6 Padam

Pada skenario ini G#6 yang pada kondisi normal memiliki daya 40,8 MW terjadi gangguan yang mengakibatkan padam, sehingga sistem hanya dapat menyuplai daya sebesar 87,3 MW. Maka pada sistem distribusi terjadi penurunan frekuensi pada sistem dari 50Hz menjadi 49,57 Hz dalam simulasi 2s. seperti pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Respon Frekuensi G#6 Padam

Pada Gambar 4.8 G#6 padam dan belum dilakukan pelepasan beban. Setelah dipasang metode jaringan saraf tiruan sebagai kendali saat penurunan frekuensi, didapatkan hasil pelepasan beban tahap II. Pelepasan beban pada Tahap II melibatkan beban H7 (PM 2), H11 (PM 1), H17 (AOCC 3/4+SP 5), dan H13 (SP 1/2) dengan total beban yang dilepaskan adalah 44,2 MW. Frekuensi berangsur-angsur pulih dan kembali ke angka 50Hz pada waktu sekitar 0,8s seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9 berikut.



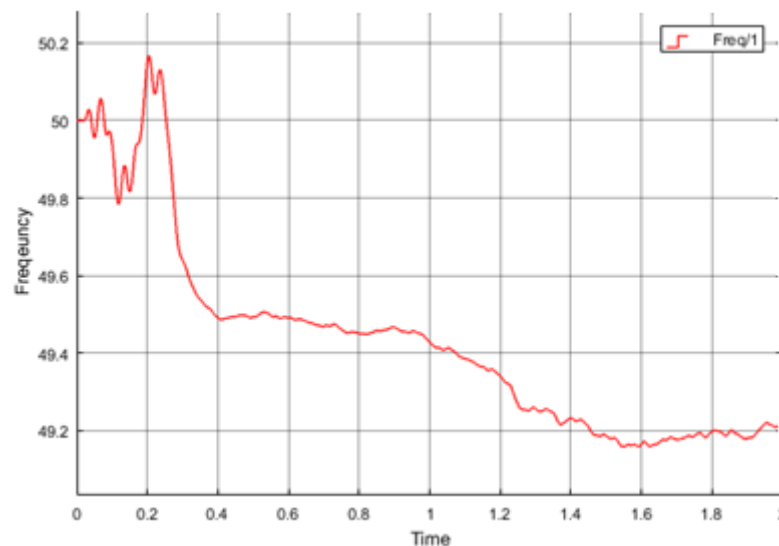
Gambar 4.9 Respon Frekuensi G#6 Padam setelah Pelepasan Beban



Dapat dilihat pada Gambar 4.9, respon frekuensi mengalami penurunan pada 0,2s pertama, kemudian frekuensi naik tetapi melebihi batas normal yaitu 50Hz. Di waktu 0,2s kedua, kemudian frekuensi kembali turun dan berangsur-angsur ke keadaan stabil di angka 50Hz pada detik ke 0,8s.

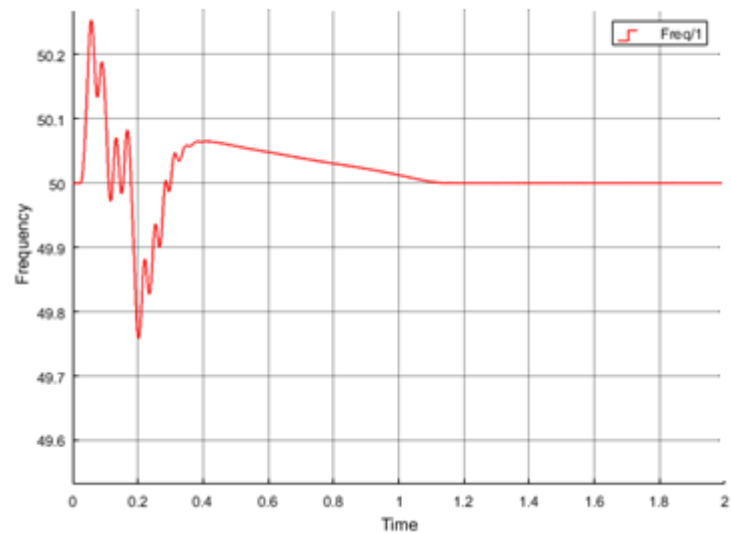
#### 4. Genator G#1 dan G#3 padam

Pada skenario ini terdapat 2unit generator padam yaitu G#1 dan G#3 dengan total daya sebesar 58,2 MW pada kondisi normal, sehingga sistem hanya dapat menyuplai daya sebesar 69,9MW. Padamnya 2unit generator ini menyebabkan terjadi penurunan frekuensi pada sistem dari 50Hz menjadi 49,2 Hz dalam simulasi 2s. seperti pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Respon Frekuensi G#1 & G#3 Padam

Pada Gambar 4.10 G#1 dan G#3 padam dan belum dilakukan pelepasan beban. Setelah dipasang metode jaringan saraf tiruan sebagai kendali saat penurunan frekuensi, didapatkan hasil pelepasan beban tahap III sebesar 59,6 MW yaitu pada unit beban H7 (PM 2), H11 (PM 1), H17 (AOCC 3/4+SP 5), H13 (SP 1/2), dan H2 (PM 4 + PM5) dengan total daya yang dilepaskan sebesar 59,4MW. Frekuensi yang semula tidak stabil di 0,2s naik menjadi 50,2 dan kemudian mengalami penurunan di 0,4s berangsur-angsur pulih dan kembali ke angka 50Hz pada waktu sekitar 1,4s. Frekuensi kemudian stabil dia angka 50 Hz hingga sampai pada waktu 2s seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut.

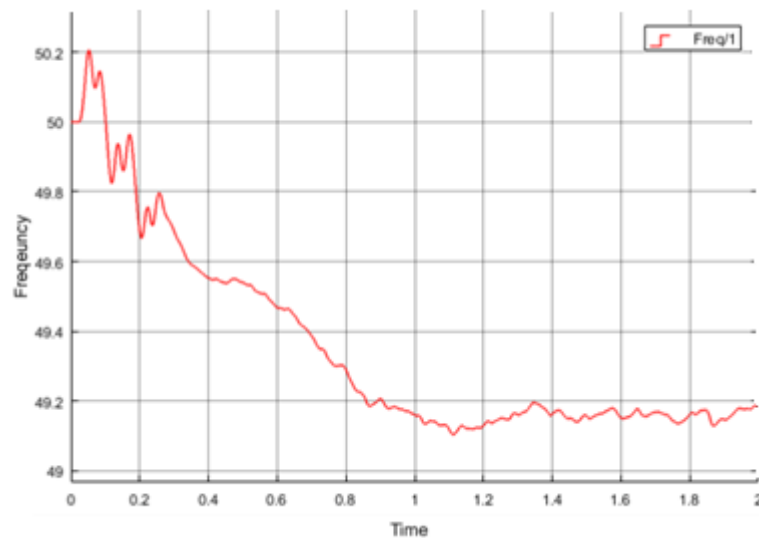


Gambar 4.11 Respon Frekuensi G#1 & G#3 Padam setelah Pelepasan Beban

Jika dilihat pada Gambar 4.11, grafik menunjukkan perubahan frekuensi pada 0,2s pertama naik hingga 50,28Hz. Kemudian tepat didetik 0,2s frekuensi turun hingga 49,76. Setelah itu frekuensi berangsur-angsur naik kembali ke angka 50Hz.

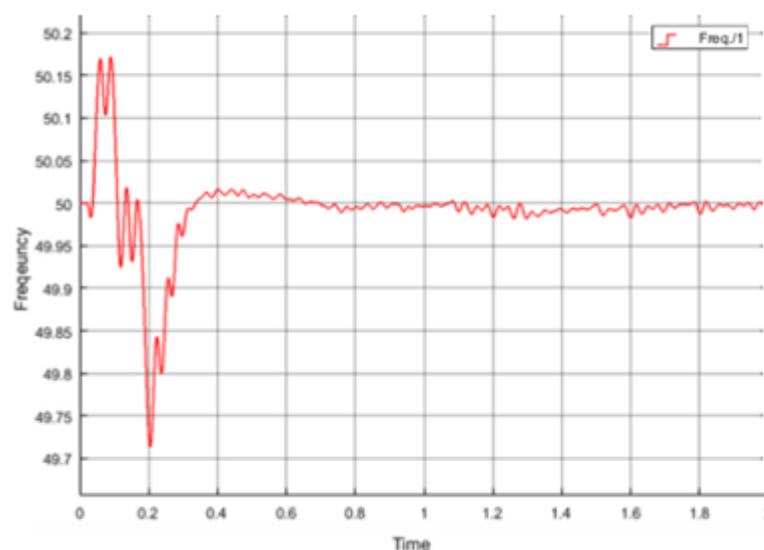
## 5. Generator G#1 dan G#6 padam

Pada skenario ini terdapat 2unit generator padam yaitu G#1 dan G#6 dengan total daya sebesar 70 MW pada kondisi normal, sehingga terjadi penurunan frekuensi pada sistem dari 50Hz menjadi 49,1 Hz dalam simulasi 2s. seperti pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Respon Frekuensi G#1 & G#6 Padam

Pada Gambar 4.12 G#1 dan G#6 padam dan belum dilakukan pelepasan beban. Karena padamnya generator G#1 dan G#6 dengan total daya sebesar 70 MW. Maka sistem hanya dapat menyuplai energi sebesar 58,1 Hz. Setelah dipasang metode jaringan saraf tiruan sebagai kendali yang menentukan tahap pelepasan beban saat terjadi penurunan frekuensi, didapatkan hasil pelepasan beban tahap V sebesar 77,6 MW yaitu pada unit H7 (PM 2), H11 (PM 1), H17 (AOCC 3/4+SP 5), H13 (SP 1/2), dan H2 (PM 4 + PM5), H9 (*Utility-1 + Converting Printing*), H4 (PM 6). Frekuensi berangsur pulih kembali ke angka 50 Hz ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut.



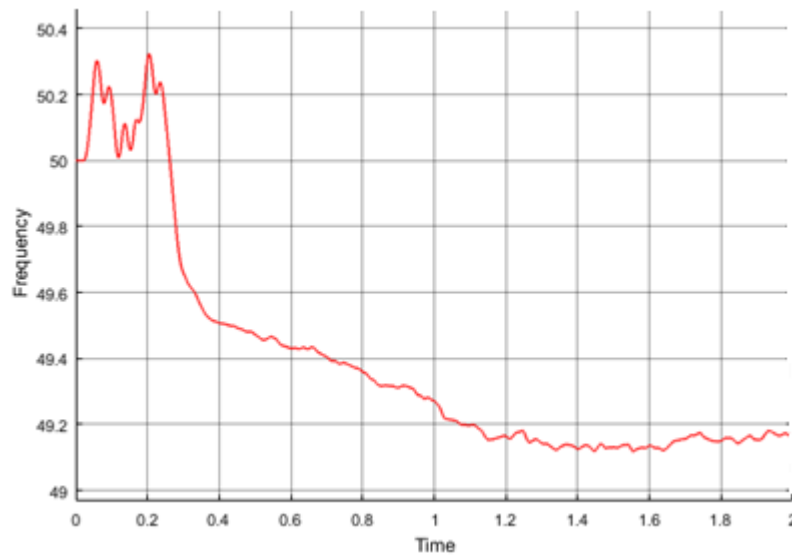
Gambar 4.13 Respon Frekuensi G#1 & G#6 Padam setelah Pelepasan Beban

Dapat dilihat pada gambar 4.13 simulasi yang pada sistem telah dipasang metode jaringan saraf tiruan untuk pelepasan beban. Saat generator G#1 dan G#6 padam frekuensi sangat tidak stabil. Pada 0,2s pertama frekuensi naik ke angka 50,17Hz. Kemudian frekuensi mengalami penurunan tepat di 0,2s di angka 49,75Hz. Kemudian karena pelepasan beban dengan metode jaringan saraf tiruan, frekuensi berangsur-angsur naik ke angka 49,99Hz.

## 6. Generator G#3 dan G#6 padam

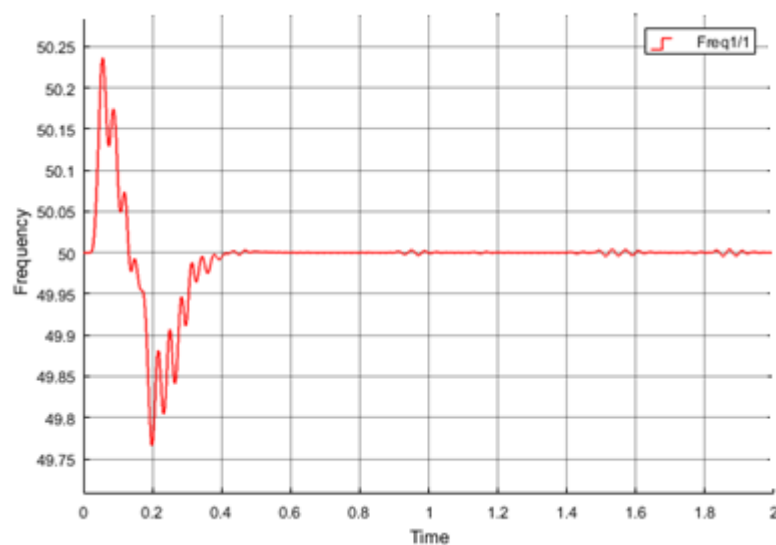
Pada skenario ini terdapat 2unit generator padam yaitu G#3 dan G#6 dengan total daya sebesar 69.8 MW pada kondisi normal, sehingga terjadi penurunan

frekuensi pada sistem dari 50Hz menjadi 49,17 Hz dalam simulasi 2s. seperti pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Respon Frekuensi G#3 & G#6 Padam

Pada Gambar 4.14 G#3 dan G#6 padam dan belum dilakukan pelepasan beban. Setelah dipasang metode jaringan saraf tiruan sebagai kendali saat penurunan frekuensi, didapatkan hasil pelepasan beban tahap V sebesar 77,6 MW yaitu pada unit H7 (PM 2), H11 (PM 1), H17 (AOCC 3/4+SP 5), H13 (SP 1/2), dan H2 (PM 4 + PM5), H9 (*Utility-1 + Converting Printing*), H4 (PM 6). Frekuensi berangsur pulih kembali ke angka 50 Hz ditunjukkan pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4. 15 Respon Frekuensi G#3 & G#6 Padam setelah Pelepasan Beban

Dapat dilihat pada Gambar 4.15, hilangnya suplai daya dari G#3 dan G#6 sebesar 69,8 mengakibatkan sistem hanya mampu menyuplai daya sebesar 58,2 MW. Stabilitas frekuensi terganggu dan menjadi tidak stabil. Pada di 0,2s pertama frekuensi naik hingga 50,23Hz. Kemudian turun ke angka 49,77Hz pada detik 0,2s. Setelah 0,2s frekuensi berangsur-angsur kembali ke angka 50Hz karena adanya pelepasan beban dengan metode jaringan saraf tiruan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisis pada skripsi ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode jaringan saraf tiruan dapat menentukan tahap pelepasan beban berdasarkan perubahan frekuensi dan perubahan daya pada sisi pengirim dan sisi penerima. Tahapan yang terbentuk dengan metode jaringan saraf adalah sebanyak 5 tahap.
2. Hasil akurasi yang didapatkan dengan data *training* dilakukan pengujian dengan data 6 skenario yaitu skenario I 96,8%, skenario II 93,6%, skenario III 91,8%, skenario IV 95,4%, skenario V 92,1%, dan skenario VI 84,44%.
3. Dengan skenario gangguan beban lebih yang dilakukan dengan padamnya generator, metode jaringan saraf tiruan dapat mengembalikan frekuensi yang turun kembali ke angka 50Hz.

### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisis pada skripsi ini metode jaringan saraf tiruan dapat menjadi kendali untuk menentukan tahap pelepasan beban. Dapat diambil saran pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode kecerdasan buatan lain dan gangguan pada sistem diharapkan lebih bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Martiningsih, W., Wahyudin, “Pelepasan Beban dengan Under Frequency Relay pada Sistem Distribusi PT. DSS Power,” *Seminar Nasional Teknik Elektro*, pp. 54–58, 2018.
- [2] Kumar, N. M, Sujatha, M., Devaraj, T., “Artificial Neural Network Approach for Under Frequency Load Shedding,” *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 3, no. 7, pp. 1–7, 2012.
- [3] P. System Relaying Committee of the IEEE Power Engineering Society, *IEEE Guide for Protective Relaying of Utility-Consumer Interconnections*, vol. 1, no. April. 3 Park Avenue, New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2004.
- [4] Yan, J., Li, C., and Liu, Y., “Adaptive Load Shedding Method Based On Power Imbalance Estimated By ANN,” *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, pp. 2996–2999, 2017.
- [5] Nugraheni, A., “Simulasi Pelepasan Beban Dengan Menggunakan Rele Frekuensi Pada Sistem Tenaga Listrik CNOOC SES Ltd.,” pp. 1–157, 2011.
- [6] Hsu, C. T., Chuang, H. J., and Chen, C. S., “Artificial Neural Network Based Adaptive Load Shedding For An Industrial Cogeneration Facility,” *Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2008.
- [7] Shokooh, F., “An Intelligent Load Shedding (ILS) System Application In A Large Industrial Facility,” *Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society)*, vol. 1, no. 949, pp. 417–425, 2005.
- [8] Sofwan, A., Utomo, B., “Sistem Proteksi terhadap Kestabilan Frekuensi Beban Berbasis Fuzzy Logic Control,” *Seminar Nasional Electrical, Informatics, And It's Educations*, pp. 19–25, 2009.
- [9] Karim, K., Soeprijanto, A., dan Purnomo, M. H., “Pelepasan Beban Otomatis Menggunakan Ann-Cbp-Flc Pada,” *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi*

- Informasi 2008 (Snati 2008)*, pp. 15–20, 2008.
- [10] Hooshmand, R., and Moazzami, M., “Optimal Design Of Adaptive Under Frequency Load Shedding Using Artificial Neural Networks In Isolated Power System,” *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 42, no. 1, pp. 220–228, 2012.
- [11] Faizantahir, M., Teheeb-Ul-Hassan, H., Mehmood, K., Qamar H. G. M., and Rashid, H., “Optimal Load Shedding Using An Ensemble Of Artificial Neural Networks,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, vol. 7, no. 2, pp. 39–46, 2016.
- [12] Hsieh, S. C., “Load Shedding Scheme Of Offshore-Island Power Grids Of Renewable Energy Using Neural Network,” *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention 2020, ICKII 2020*, pp. 325–328, 2020.
- [13] Anh, Q. H., “Load Shedding Apply Neural Network and Voltage Electrical Distance,” *International Journal of Engineering Trends and Technology ISSN:2278-0181*, vol. 7, no. 06, pp. 229–235, 2018.
- [14] Chuvychin, V., Gurov, N., and Rubcov, S., “Adaptive Underfrequency Load Shedding And Underfrequency Load Restoration System,” *IEEE Russia Power Tech, PowerTech*, pp. 1–6, 2005.
- [15] Fan, Y., Zi, X., Jun, L., and Bingbing, L., “Research On Optimal Load Shedding For Active Distribution Network Based On Genetic Algorithm,” *2017 2nd International Conference on Power and Renewable Energy, ICPRE 2017*, pp. 510–514, 2018.
- [16] Sonar, V. V., and Mehta, H. D., “Load Shedding Optimization in Power System Using Swarm Intelligence-Based Optimization Techniques,” *International Journal of Advance Research in Engineering*, vol. 2, no. 5, p. 2015, 2015.
- [17] Suropto, S., *Sistem Tenaga Listrik*. LP3M UMY, 2017.
- [18] Heri, J., “Analisis Perhitungan Efisiensi Gas Air Heater Di PLTU Cirebon,”



- pp. 277–284, 2018.
- [19] Pradnya, M. A., Arjana, I. G. D., Wijaya, W. A., “Load Shedding Terhadap Pembebanan Pada Saluran Transmisi 150Kv Di Bali,” vol. 16, no. 1, 2017.
- [20] Armansyah, S., “Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal,” *Jurnal Teknik Elektro UISU*, vol. 1, no. 3, pp. 48–55, 2016.
- [21] Saadat, H., *power-System-Analysis*. McGraw-Hill, 1999.
- [22] Khundur, P., Phoserba, J., Ajarapu, V., and Cutsem, T. V., “Definition and Classification of Power System Stability,” *Regional Anesthesia*, vol. 17, no. 4, pp. 237–238, 2004.
- [23] Ma, Y., Liv, S., Zhou, X., and Gao, Z., “Review Analysis Of Voltage Stability In Power System,” *2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2017*.
- [24] Marsudi, D., *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha Ilmu, 2006.
- [25] Said, S. M., “Pelepasan Beban Menggunakan Under Frequency Relay pada Pusat Pembangkit Tello.” makassar, pp. 111–118, 2009.
- [26] Corina, V. Z., and Facta, M., “Beban Manual Di Sub Sistem Kelistrikan Tanjung Jati,” vol. 5, no. 4, 2016.
- [27] Fausett, L., *Fundamentals Of Neural Network Architectures, Algorithms, and Applications*, vol. 116, no. 0. 2017.
- [28] Mishra, M., and Srivastava, M., “A view of Artificial Neural Network,” *2014 International Conference on Advances in Engineering and Technology Research, ICAETR 2014*, pp. 7–9, 2014.
- [29] Kusumadewi, S., *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, 1st ed. Graha Ilmu, 2003.
- [30] Muslimin, “Peramalan Beban Listrik Jangka Menengah Pada Sistem Kelistrikan Kota Samarinda,” *Jiti*, vol. 14, no. 09, pp. 113–121, 2015.

- [31] Kusumadewi, S., Hartati, S., *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yigayakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [32] Le, N. T., Quyen, A. H., Nguyen, A. N., Phan, B. T. T., Phung, A. T., and Phung, T. T., “Application Of Dual Artificial Neural Networks For Emergency Load Shedding Control,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 4, pp. 74–82, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110411.
- [33] Le N. T., Phung, T. T., Sari, A. H., Phung B. L., and Nguyen, A. N, “A Hybrid Approach Of Artificial Neural Network-Particle Swarm Optimization Algorithm For Optimal Load Shedding Strategy,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 4253–4263, 2022.

## **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN A Listing Code

Lampiran *Listing code* metode jaringan saraf tiruan untuk menentukan tahap pelepasan beban di MATLAB.

### *Training Code*

```
clear all

excel_data = xlsread('data_example.xlsx', 'all');
P          = excel_data(:, 1:8)';
T          = excel_data(:, 9)';
% label    = excel_data(:, 7)';

% net      = fitlm(P, label);

target_vec = ind2vec(T);

net = lvqnet(50, 0.01, 'learnlv1');
net.trainParam.epochs = 100;
net.trainParam.goal = 1e-3;

net = train(net, P, target_vec);

% save('training_data', 'net')
```

### *Testing Code*

```
clear all
load('training_data.mat')

testing_dataset = xlsread('data_power.xlsx', 'Skenario45');

test_input  = testing_dataset(:, 1:8)';
test_target = testing_dataset(:, 9)';

total_data = numel(test_target);
test_result = zeros(total_data, 1);

for i = 1:total_data
    uji = net(test_input(1:8, i));
    uji_ind = vec2ind(uji);

    test_result(i) = uji_ind;
end

result = [test_result'; test_target];

jumlah_benar = 0;

for i = 1 : total_data
    if (result(1, i) == result(2, i))
        jumlah_benar = jumlah_benar + 1;
    end
end
```

```

end

accuracy = jumlah_benar / total_data;
accuracy_in_percent = accuracy * 100;

% uji = predict(net, null);

%{
for i = 1:numel(testing_data(:, 9))

end
%}

% total_beban = xlsread('Params.xlsx', 'params', 'C2:C11');

% testing_input = testing_data(:, 1);
% testing_target = testing_data(:, 2);
% testing_pattern = testing_data(:, 5:8);

% output_result = zeros(numel(testing_target), 1);

%{
for i = 1:numel(testing_input)
    uji = predict(net, testing_input(i));
    output_result(i) = ceil(uji);
end
%}

% testing_result = [output_result'; testing_target'];

% subplot(211)
% plot(P(1,:), T, 'bo', P(1,:), y, 'r*');
% xlabel('input');
% ylabel('target atau output');
% grid;
% subplot(212)
% plot(P(1,:), T, 'bo', P(1,:), y, 'r*');
% xlabel('input kedua');
% ylabel('target atau output');
% grid;

load('training_data.mat')

gensim(net);

```

## LAMPIRAN B DATA GENERATOR

### 1. Data generator Unit 1, 2, dan 3

<u>TECHNICAL DATA OF GENERATOR</u>	
1. RATINGS AND SPECIFICATIONS	
TYPE	OF-35-2-11
RATED OUTPUT	35 MW/43,75 MVA
RATED VOLTAGE	11 KV
RATED CURRENT	2296 A
RATED POWER FACTOR	0,80
FREQUENCY	50 HZ
SPEED	3000 r/min
NO. OF PHASES	3
STATOR WINDING CONNECTION	STAR
NO. OF TERMINALS	6
COOLING SYSTEM	CLOSED-CIRCUIT AIR COOLED
AMBIENT TEMPERATURE	5--40 DEG.C
SHORT CIRCUIT RATIO (GUAR.)	>=0.45
SUBTRANSIENT REACTANCE (GUAR.)	>=0.10
TRANSIENT REACTANCE (GUAR.)	<=0.30
EFFICIENCY (GUAR.)	>=97.5 %
BEARING PEDESTAL VIBRATION	<=0.30 mm
EXCITATION SYSTEM	STATIC THYRISTOR EXCITATION
CEILING VOLTAGE	>=1.8 p.u
VOLTAGE RESPONSE RATIO	HIGH INITIAL RESPONSE SYSTEM
DURATION FOR FORCING EXCITATION	10 S
NOISE (GUAR.)	<=90 dB (A)

## 2. Data Generator Unit 6

OPERATING AND MAINTENANCE MANUAL		Section 1
THOMAS BANKQUE		01 . 05
DESCRIPTIVE MANUAL		Page : 01
		Revision :
		Date :
Par.		
<b>GENERAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>		
- Cold air temperature.....		40°C
- Apparent power .....		87 500 KVA
- Power under continuous operating conditions.....		70 000 KW
- Voltage +/- 5 % .....		11 000 V
- Current .....		4 593 A
- Cos Ø .....		0.8
- Frequency.....		50 Hz
- Speed .....		3 000 rpm
- Airgap.....		60 mm
- Air flow rate .....		34.2 m <sup>3</sup> /s
- Losses to be dissipated.....		1 758 KW
- Number of high voltage outputs .....		6
- Number of phases.....		3
- Three-phase short circuit torque transmitted to foundations .....		2 600 000 mN

LAMPIRAN C Data Transformator

**SHIH LIN ELECTRIC & ENGINEERING CO.**  
TRANSFORMER SPECIFICATION

For IEEE Purpose  
 For IEC Purpose

1. Purchase	IEEE (DP 4.2.4)	Remarks
2. Industry Place	---	
3. Quantity	One Set	
4. Data	Continuous Rating 33.30 kVA 60 Hz 21000-21000-21000-11000-11000 11000 V H.V. Voltage H.V. : 110 KV + L.V. : 110 KV H.V. : 55 KV + L.V. : 38 KV Applied Voltage Vector Group Spec. Instruction	
5. Standard	IEEE C57.12	
6. Site Conditions	Max. Ambient Temperature : 40 °C Altitude : 2000 ft Below Service Location : Out Door	
7. Type	Oil Immersed	
8. Cooling Type	ONAN	
9. Oil preservation	Seawater with Conservator	
10. Internal connection Method	H.V. Side : Vertical L.V. Side : Vertical	
11. Characteristics (Rated Voltage & Frequency at 0% Load, 75°C P.F.1.0)	No-load : --- A Total Loss : 45000 W Efficiency : 99.50 % % IR : 11.0 %	Excitation Current : 1.2 % Voltage Regulation (%) : 1.2 % Audible Level : 60 db
12. Temperature Rise	Winding : 65 °C Oil : 55 °C	
13. Approximate Weight & Dimension	Length (L) : --- mm Width (W) : --- mm Height (H) : --- mm	Oil : 2000 Liter Total Weight : 10000 Kg
14. Outline Drawing	E 31032	
15. Painting Color	No. 1-94 (Grey Blue) (R.E)	
16. Special condition	---	

Prepared: C. Y. A. Checked/Approved: [Signature] Spec. No.: SHK0004N51/25



**TRANSFORMATOR OIL IMMERSED PT DSS**

NO	NAME	RATED POWER	TYPE OF COOLING	RATED VOLTAGE	RATED CURRENT	% Z	PLASA	F	VECTOR GROUP
1	Main Transformer with #1, #2, dan #3	50.5/44 MVA	ONAN/ONAF	HV 20000 / LV 11000 V	HV 1270.2 / LV 2309.5 A	10.50%	3 φ	50 Hz	YNd11
2	Main Transformer Unit #5	87.5/109 MVA	ON/FA	HV 11000 / HV 20000 V	HV 4593.5721 / HV 2376.7147 A	10.84%	3 φ	50 Hz	YNd11
3	HV Stand By Transformer #2	7000 / 10000 KVA	ONAN/ONAF	HV 20 ± 3.8 / LV 10771.3 A	HV : 524.9 / LV : 10771.3 A	7.23%	3 φ	50 Hz	YNd11
4	HV Stand By Transformer #1	7000/10000 KVA	ONAN/ONAF	HV 20 ± 3.8 / LV 10771.3 A	HV : 288.7 / LV : 1872.5 A	7.62%	3 φ	50 Hz	YNd11
5	HV Auxiliary Unit #1	10000 KVA	ONAN/ONAF	HV 11000 / LV 3450 V	HV 524.9 / LV 1671.5 A	7.43%	3 φ	50 Hz	Dd0
6	HV Auxiliary Unit #2	10000 KVA	ONAN/ONAF	HV 11000 / LV 3450 V	HV 524.9 / LV 1671.5 A	7.43%	3 φ	50 Hz	Dd0
7	HV Auxiliary Unit #3	10000 KVA	ONAN/ONAF	HV 11000 / LV 3450 V	HV 524.9 / LV 1671.5 A	7.43%	3 φ	50 Hz	Dd0
8	HV Auxiliary Unit #6	12500/15600 KVA	ON/FA	HV 11000 / LV 3450 V	HV 626 / LV 818.78 A	6.59%	3 φ	50 Hz	Dd0
9	TRANSFORMATOR DIESEL 1	5000 KVA	ONAN	HV 11000 / LV 20000 KV	HV 282.4 / HV 144.3 A	6.70%	3 φ	50 Hz	Dyn11
10	TRANSFORMATOR DIESEL 2	5000 KVA	ONAN	HV 11000 / LV 20000 KV	HV 282.4 / HV 144.3 A	6.70%	3 φ	50 Hz	Dyn11
11	TRANSFORMATOR DIESEL 3	5000 KVA	ONAN	HV 11000 / LV 20000 KV	HV 144.3 A / LV 282.4 A		3 φ	50 Hz	YNd11
12	TRANSFORMATOR DIESEL 4	5000 KVA	ONAN	HV 11000 / LV 20000 KV	HV 144.3 A / LV 282.4 A		3 φ	50 Hz	YNd11
13	TRANSFORMATOR DIESEL 5	4000/5000 KVA	ONAN/ONAF	HV 11000 / LV 20000 KV	HV 115.47/144.34 / LV 209/44282.43	6.03%	3 φ	50 Hz	YNd11

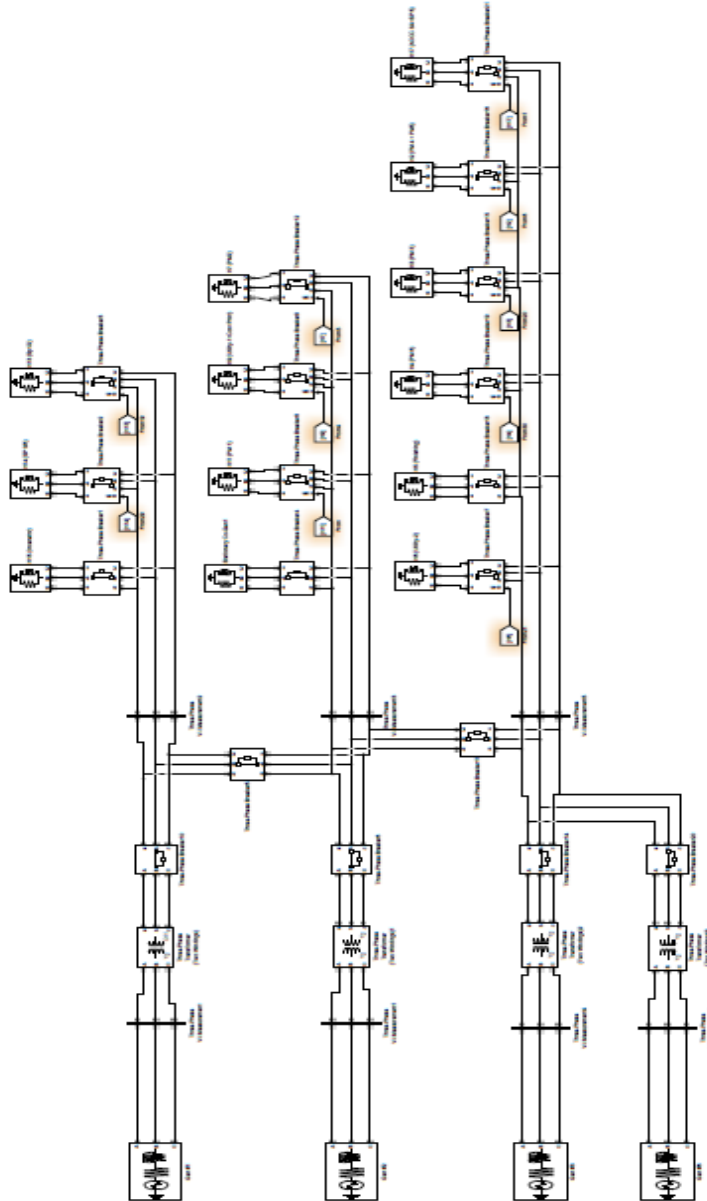
	STATIONARY TRANSFORMATOR W/T	2500 KVA	ONAN	HV 20000/ LV 400 KV	PRIMER 72,17/SECONDARY 2508 A	6,50%	3 φ	50 Hz	Dyn 5
14	TRANSFORMATOR MCC 1 W/T	4000/5000 KVA	OA/FA	HV 20000/ LV 11000 KV	HV OA 115A FA: 134A / LV OA: 210A FA: 262 A	6,0 %	3 φ	50Hz	Dyn11
15	TRANSFORMATOR MCC 2 W/T	1500 KVA	OA	HV 3300 / LV 360/220 V	HV 262 / LV 2279 A	6,1 %	3 φ	50Hz	Dyn11
16	NO 15 W/T	1250/1400-1438/1610 KVA	OA/FFA	HV 3300/ LV 380		6,12 %	3 φ	50 Hz	Dyn
17	TRANSFORMATOR #1 #2 #3 #6 CHS	800 KVA	ONAN	HV 3,45+- 5% / LV 0,4 KV	HV 133,9/ LV 1154,7 A	8%	3 φ	50 Hz	D, dyn11
18		10000 KVA	ONAN/ ONAP	HV 20000/ LV 3450 V	HV 288,7 / LV 1673,5 A	7,23%	3 φ	50 Hz	YN, dl1
19	TRANSFORMATOR PLN 150 KV	10000/12500 KVA	ONAN/ ONAF	HV 20000 (8+-) x1,25% / LV 3450 V	HV 0,288 / LV 2,09 A	7,23%	3 φ	50 Hz	YNdl1

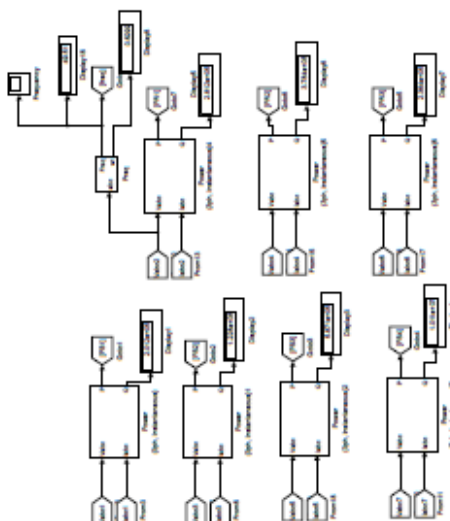
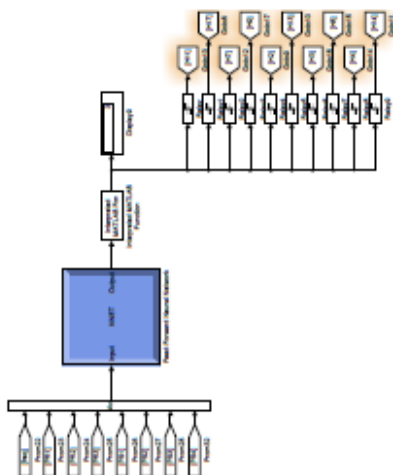
Mengesahai  
Kepala Divisi Elektrikal & Injeksi  
04.18.2018  
DNN/ER  
Lili Susanti Dibia Ningsih  
NIP : 983312

**LAMPIRAN D      *Circuit Breaker***

Circuit-breaker		A	630	1250	1600	2000	2500	3200
Rated current			7.2	12	17.5	24	36	
Rated short-circuit breaking capacity	kA	12.5	12.5	12.5	12.5	2.5	2.5	
	kA	16	16	16	16	16	16	
	kA	25	25	25	25	25	25	
	kA	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	
	kA	40	40	-	-	-	-	
Rated short-circuit making capacity	kA	45	63	80	100			
Rated frequency	Hz	50-60						
Rated operating sequence		O - 0.3 s - CO - 3 min - CO						
Total opening time	ms	60						
Closing time	ms	60						
Rating of charging motor	VA (W)	300						
Closing coil	VA (W)	250						
Trip coil	VA (W)	250						

LAMPIRAN E *Single Line* Sistem Distribusi Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Simulink Matlab





**LAMPIRAN F            Data Metode Jaringan Saraf Tiruan**

<b>Frequency</b>	<b>Ps1</b>	<b>Ps2</b>	<b>Ps3</b>	<b>Ps4</b>	<b>Pr1</b>	<b>Pr2</b>	<b>Pr4</b>	<b>Tahap Pelepasan Beban</b>
50	62160463	34954132	55019591	37280359	10213249	34930575	57829813	1
50	61572671	34623444	54498515	36990273	10251190	34443533	56645108	1
50	60737761	34153715	53757985	36640677	10464108	33872740	55225536	1
50	60175336	33837444	53259526	36290343	10649148	33622479	54715706	1
50	59923899	33696359	53037875	35911340	10623643	33704998	55245185	1
50	59864502	33663445	52987389	35531322	10355736	33959480	56360563	1
50	59882651	33674114	53005811	35231749	9951013	34207659	57460011	1
50	59913941	33691978	53035214	35089859	9571533	34333394	58092519	1
50	59935980	33704376	53055250	35130112	9351107	34305074	58093730	1
50	27625294	23152202	87398098	33345719	11532952	28272942	27636941	1
50	16774742	23195194	77982880	25434081	7707245	20754832	-7337891	1
49.9996	2516896	9650792	27337482	3465911	11316172	3486423	-1000364	1
49.9973	52.05954	4152811	2594065	134548.9	6197569	606694.4	3050771	1
49.99245	46.6643	1421690	914647.2	276423.9	1946644	588215.7	2275439	1
49.98376	62.40325	35823.76	44066.04	242944.5	24605.37	557773.7	1899233	1
49.97198	109.3927	0.020386	5135.319	217977.9	32868.46	551611.3	2115623	1
49.95769	126.8885	0.014002	18.5353	204221.4	35832.64	554235.2	2280965	1
49.94201	94.59527	0.023958	426.3802	205036	26611.63	560661	2248774	1
49.92793	57.5862	0.021403	882.5089	233783.4	22874.98	601532.3	2820237	1
49.91905	65.93236	0.009088	712.5629	265404.6	24098.4	628093.4	3088317	1
49.91506	109.8628	0.004759	201.3919	299383.3	31163.93	657985.9	3389330	1
49.91693	127.0782	0.014121	19.97907	310467.7	39886.74	649798.8	3108452	1
49.92404	94.56105	0.02399	428.3571	302926	47844.27	627160.9	2735746	1
49.93586	57.51932	0.021348	879.7005	278050.2	52112.18	594495	2266292	1
49.9516	66.0054	0.0091	714.8412	239654.6	49886.15	552189.9	1775948	1
49.97126	109.8896	0.004761	200.1916	212837.7	43903.45	539875.8	1732406	1
49.99149	127.1581	0.014105	19.64554	196784.6	34473.9	536730.8	1822124	1
50.01148	94.64087	0.024038	429.9323	205319.8	26656.84	561021.6	2254698	1
50.0263	57.49988	0.021331	877.6908	233530.3	22895.55	600691.6	2791726	1
50.0356	66.02392	0.009127	716.6678	265806	24209.9	629023.7	3117582	1
50.03851	109.7995	0.004764	199.3374	298814.9	31141.91	656803.6	3347792	1
50.03522	127.0904	0.014078	19.37793	310419.6	39892.37	650021.4	3120763	1
50.02701	94.60152	0.024051	431.0508	302810.7	47823.32	627193.8	2733034	1
50.01294	57.44331	0.021292	876.0566	277650.5	51993.79	593810.3	2252703	1
49.99559	66.08609	0.009131	717.957	240114.8	49904.63	553272	1806601	1
49.97637	109.8336	0.004764	198.6373	212659	43813.34	539311.6	1718371	1
49.95547	127.1686	0.014072	19.19224	197182.9	34520.35	537330.3	1840210	1
49.93939	94.67636	0.024085	431.9811	205584.2	26701.81	561332.2	2259072	1

49.92809	57.43279	0.021287	874.9224	233353.3	22925.01	600034.9	2775017	1
49.9235	66.0952	0.009151	719.0403	266107	24308.23	629714.6	3130704	1
49.92494	109.7503	0.004766	198.1555	298334.8	31130.77	655832.1	3321501	1
49.93171	127.0999	0.014053	19.0345	310332.1	39894.33	650144.9	3124668	1
49.94334	1455071	1310395	1510507	309728.4	507866.5	8119983	3166931	1
49.9563	4550376	3799139	4432518	283233.7	946993.5	18225405	2673322	1
49.966	9388574	7257466	8774039	241427.6	999131.6	29990051	1845408	1
49.97153	13131695	8902163	11716001	213174.1	541943.9	36245756	1746372	1
49.9722	12201269	7482633	10834396	205204.5	615805.1	30714665	2301937	1
49.96798	12375290	7047022	10985297	205933.9	1629761	26558734	2258387	1
49.9589	8877923	4998975	7875384	239615.8	3546399	15779750	3195210	1
49.94507	8931810	5029318	7918202	266929	5560590	13462131	3139077	1
49.92882	8458976	4763075	7495509	299133.8	6704974	12474280	3350686	1
49.90912	8763910	4934777	7766843	308647	6377549	15048602	3049107	1
49.8869	9338922	5258554	8280793	304915.2	4897150	19134412	2803985	1
49.86379	9840278	5540858	8730362	275543.3	3048728	22795540	2195293	1
49.83932	10124337	5700806	8986059	241656.2	1652328	24805435	1851264	1
49.81475	10196473	5741424	9051383	213244.3	1212351	24834789	1741307	1
49.79326	10134163	5706338	8994934	196877.7	1770895	23332131	1815693	1
49.7772	10023784	5644186	8894172	207881	2974689	21176904	2314974	1
49.76783	9926202	5589240	8804404	232215.5	4280903	19273355	2730239	1
49.7653	9868615	5556814	8750974	266986.9	5198884	18249424	3137004	1
49.76923	9851907	5547406	8735362	298566.8	5462717	18284973	3315892	1
49.77968	9863245	5553790	8746193	308929.3	5090971	19155899	3079676	1
49.79394	9886798	5567052	8768874	304292.8	4328965	20389224	2767451	1
49.81232	9910002	5580118	8791443	275690.5	3518656	21473400	2217585	1
49.83112	9925754	5588987	8806855	241752.3	2959121	22056066	1856603	1
49.84736	9931869	5592430	8812755	213149.4	2805627	22022774	1733734	1
49.85954	9929597	5591152	8810251	197470.4	3040754	21502646	1845246	1
49.8659	9922016	5586882	8802413	207760.5	3511978	20773065	2295774	1
49.86616	9912724	5581650	8792938	232431.5	4009454	20128509	2738666	1
49.86054	9904957	5577277	8785152	267039	4352627	19785853	3133133	1
49.84994	9900893	5574989	8781248	298090.3	4447466	19807229	3293454	1
49.83515	9901320	5575229	8781928	309092.3	4305225	20118788	3093669	1
49.819	9905574	5577624	8786393	303757.4	4019223	20557678	2746478	1
49.80501	9911837	5581151	8792722	275779	3716221	20941621	2230951	1
49.79539	9917794	5584505	8798571	241835.6	3506860	21148828	1862432	1
49.79118	9921362	5586514	8801929	213113.1	3448107	21135618	1733097	1
49.79262	9921399	5586535	8801776	197982.6	3533704	20948707	1864257	1
49.79946	9918053	5584651	8798371	207711.1	3707813	20687952	2286299	1
49.81105	9912665	5581618	8793099	232620.4	3892764	20456061	2742188	1
49.82695	9907282	5578586	8787958	267068.9	4021835	20333733	3128185	1
49.84542	9903881	5576671	8784811	297682.5	4059267	20340583	3277730	1

49.86447	9903674	5576555	8784743	309169.4	4008256	20451144	3098578	1
49.88174	9906669	5578241	8787682	303298.4	3902718	20608165	2734009	1
49.89358	9911685	5581065	8792455	275828.4	3789072	20744147	2239407	1
49.9003	16791715	9456297	14896307	1093924	7633047	13969095	44246230	1
49.90176	34239247	19274530	30368694	7095903	7205315	15598590	91827691	1
49.9014	53601603	30161044	47521969	19966822	1363011	13269159	1.33E+08	1
49.90159	62490832	35149166	55374689	32683620	-5165036	11547691	1.28E+08	1
49.90406	64206354	36099553	56852522	43429209	-6710599	13971394	90662432	1
49.90959	63032647	35428010	55767037	50148281	-2099054	21491396	44492726	1
49.91868	61497223	34560267	54375393	51422422	6290223	31852430	10196390	1
49.93107	60483890	33994130	53471054	47502466	14696229	41300786	-1112052	1
49.94663	60015515	33739992	53073561	40380951	19961791	46661669	10510877	1
49.96455	59864684	33665784	52971584	32942555	20686341	46673713	36515156	1
49.9849	59840384	33660086	52982276	27781698	17405614	42211840	64822640	1
50.00373	59850604	33668785	53012544	26291482	12016707	35630794	84886640	1
50.0211	59870507	33677756	53034764	28336187	6825468	29634541	91125202	1
50.03266	59898151	33687621	53048547	32554841	3642469	26246969	83950546	1
50.03815	59929841	33698945	53057178	37062150	3231069	26202724	68452390	1
50.03747	59956319	33708977	53060949	40206215	5230154	28913881	51695274	1
50.03108	59969050	33714354	53059359	41124116	8492303	32924834	39858301	1
50	66864744	27835103	59170559	38646389	10577622	34669456	56226354	2
50	66239876	27574849	58616716	38359251	10628144	34186786	55041114	2
50	65382396	27217702	57856282	38022700	10869034	33638458	53657536	2
50	64824244	26985353	57361732	37675894	11068396	33422265	53230041	2
50	64582803	26885091	57149094	37284508	11034300	33534828	53853749	2
50	64526881	26862194	57101844	36884326	10742718	33807138	55042698	2
50	64541810	26868765	57117525	36568346	10312716	34060459	56179019	2
50	64567570	26879690	57142070	36420631	9916855	34182038	56811408	2
50	64585253	26887047	57158218	36465757	9693048	34144616	56785775	2
50	27293856	24485387	85877669	33357140	11519142	28314980	29804005	2
50	15800716	23794675	77137684	24721070	8447386	20375674	-8725679	2
49.99968	2756839	10732662	26280310	3813034	11280094	3434458	-2073308	2
49.99759	46.61888	4529428	2185817	128736.2	6145176	606041.3	3048776	2
49.99224	46.81257	1761187	876486.6	278955.2	2180962	588890.3	2289609	2
49.98381	60.04268	109362.5	74460.78	244417.9	74806.5	559796.1	1917898	2
49.97201	109.3937	0.011789	5135.27	217808.2	25712.1	554189.2	2131158	2
49.95742	126.8876	0.008502	18.53504	202485.9	35947.88	556392.6	2287678	2
49.94152	94.59364	0.014106	426.3776	202403.3	25467.86	561581.7	2244278	2
49.9266	57.58506	0.01293	882.5058	231240	20790.62	600849	2805844	2
49.91675	65.93196	0.006137	712.5629	263949.7	21900.53	626087.4	3070069	2
49.91171	109.8617	0.003558	201.394	299543.5	29661.15	655405.9	3373703	2
49.91225	127.0752	0.008573	19.97787	312207.3	39681.13	647648.4	3101873	2
49.91821	94.55712	0.014124	428.3501	305553.2	48984.11	626243.3	2740270	2



49.92909	57.51654	0.012897	879.6912	280586.4	54188.55	595176.9	2280586	2
49.945	66.00466	0.006143	714.8357	241106.3	52077.83	554193.1	1794151	2
49.96382	109.8896	0.003557	200.1907	212675.7	45399.53	542450.7	1747932	2
49.9833	127.1571	0.008563	19.64526	195048.2	34677.45	538878.1	1828712	2
50.00361	94.63922	0.014152	429.9296	202696.1	25515.87	561937.4	2250178	2
50.01822	57.49874	0.012888	877.6878	230998.9	20821.83	600012.2	2777542	2
50.02773	66.02351	0.00616	716.6679	264355.2	22019.33	627024.7	3099454	2
50.0306	109.7984	0.003559	199.3394	298976.1	29647.23	654235.1	3332378	2
50.02759	127.0874	0.008548	19.37676	312150.6	39685.84	647878.6	3114195	2
50.01915	94.59759	0.014159	431.0439	305428.8	48960.15	626281	2737564	2
50.006	57.44054	0.012864	876.0474	280174.8	54059.82	594488.5	2266806	2
49.98825	66.08534	0.006162	717.9515	241562.2	52088.83	555268	1824668	2
49.96778	109.8335	0.003558	198.6364	212496.2	45301.57	541875.2	1733700	2
49.94869	127.1676	0.008544	19.19196	195455	34724.62	539469.9	1846772	2
49.9317	94.67471	0.01418	431.9784	202969.7	25564.07	562243.4	2254559	2
49.92169	57.43165	0.012861	874.9193	230833.6	20861.42	599359.2	2761010	2
49.91676	66.09479	0.006175	719.0403	264660.8	22125.35	627722.8	3112723	2
49.91845	109.7492	0.00356	198.1575	298496.7	29643.74	653274.8	3306273	2
49.92527	127.0969	0.008534	19.03334	312054.9	39687.29	648010	3118137	2
49.93719	1456511	1308912	1512240	312338.7	504304.6	8124814	3171477	2
49.94931	4575535	3777923	4454734	285737.3	974765	18219310	2687184	2
49.95933	9561683	7097954	8927038	242873.1	1088650	30039995	1863223	2
49.96534	13717961	8294209	12234464	212998.5	624963.1	36586874	1761561	2
49.9662	13008805	6483541	11548477	203487.7	612200.1	31159321	2308420	2
49.96195	13339144	5696621	11837548	203335.6	1519455	27094965	2254009	2
49.95287	9507229	3962905	8431343	237115	3568825	15943500	3181400	2
49.93906	9650218	4022507	8552709	265479.5	5824391	13619290	3121310	2
49.92293	9306173	3879099	8244050	299301	7152736	12801172	3335512	2
49.90312	9769016	4072026	8655424	310353.4	6830531	15654804	3042657	2
49.8805	10444917	4353762	9259001	307520.6	5230474	19978436	2808363	2
49.85782	10977281	4575668	9736268	278039.1	3232159	23773479	2209107	2
49.83334	11247124	4688147	9979484	243101	1734976	25810936	1868919	2
49.80877	11290712	4706316	10019488	213075.3	1278606	25789737	1756322	2
49.78729	11205998	4671004	9943047	195172.2	1895272	24196783	1822075	2
49.77124	11086227	4621080	9833776	205279.9	3193579	21948258	2310536	2
49.76189	10989826	4580897	9744895	229723.9	4586779	19976462	2716460	2
49.75937	10938218	4559385	9696683	265544.9	5552811	18924423	3119364	2
49.76332	10927387	4554871	9686293	298734.8	5815638	18972821	3300918	2
49.77345	10942101	4561004	9700205	310631.3	5403884	19885826	3073256	2
49.78726	10966348	4571110	9723619	306887.5	4585068	21171585	2771827	2
49.80541	10988527	4580355	9745381	278176.7	3724915	22299389	2231225	2
49.82439	11002669	4586250	9759419	243190.2	3139076	22903699	1874115	2
49.84079	11007365	4588208	9764055	212981.5	2987753	22866539	1748565	2

49.85239	11004197	4586887	9760702	195771	3247360	22322729	1851593	2
49.85817	10996266	4583581	9752481	205170.7	3752474	21561291	2291352	2
49.85789	10987062	4579745	9743021	229949.5	4279412	20889212	2725051	2
49.85181	10979688	4576671	9735550	265603.7	4637947	20532178	3115644	2
49.84079	10976185	4575211	9732147	298257.1	4731159	20555085	3278652	2
49.82585	10977198	4575633	9733379	310788	4573958	20880695	3087291	2
49.80951	10981910	4577597	9738296	306340.9	4267408	21339009	2750832	2
49.79626	10988376	4580293	9744844	278255.7	3946579	21739978	2244435	2
49.78825	10994217	4582727	9750611	243267	3727977	21956215	1879787	2
49.78495	10997389	4584049	9753617	212946.4	3670336	21942351	1747763	2
49.78731	10996887	4583840	9752966	196289.5	3765162	21747041	1870557	2
49.79497	10993053	4582242	9749100	205132.3	3951908	21474517	2281905	2
49.80725	10987405	4579888	9743571	230147.9	4147788	21232253	2728723	2
49.82365	10982085	4577670	9738473	265639.9	4282477	21104308	3110856	2
49.84251	10979047	4576404	9735649	297848.1	4319130	21111452	3263089	2
49.86155	10979365	4576536	9736058	310858.7	4262314	21226998	3092250	2
49.87783	10982846	4577987	9739447	305871	4148892	21391104	2738331	2
49.88947	10988125	4580188	9744470	278295.5	4028450	21533414	2252746	2
49.89573	18606875	7756966	16502124	950157.6	8067786	14423392	45754665	2
49.89702	37297157	15543153	33073060	6938429	7399128	15765446	94182547	2
49.89636	57707438	24038604	51150465	20152866	1076886	12744586	1.35E+08	2
49.89643	66762864	27799895	59146417	33437653	-5735499	10532001	1.28E+08	2
49.89868	68462487	28496158	60606552	44853167	-7137155	12924991	88494039	2
49.90414	67370065	28032431	59590568	52065192	-2100019	20790461	40820529	2
49.91316	65985077	27452641	58331337	53473000	6751168	31622294	6096736	2
49.92541	65101645	27087905	57542814	49343075	15472368	41440131	-4665844	2
49.9413	64700324	26928118	57206455	41829909	20832493	46954146	8090015	2
49.9593	64561498	26878563	57117005	34018615	21453396	46903509	35326918	2
49.97969	64521455	26867990	57115094	28650696	17953248	42241154	64543902	2
49.99951	64511466	26865995	57127879	27169167	12330214	35427536	84956684	2
50.01649	64518093	26866915	57137869	29395511	6973702	29257810	90976670	2
50.02884	64541060	26872008	57146488	33869847	3737091	25805519	83202302	2
50.03503	64573668	26880546	57154829	38600154	3379952	25806350	67005440	2
50.03504	64602989	26889041	57160347	41860006	5501021	28634867	49714033	2
50.02925	64618071	26894016	57160612	42764570	8896997	32779825	37663428	2
50.01809	64616721	26894593	57157032	41423129	12134293	36532757	34114560	2
50.00229	64606008	26892876	57154813	38723173	14097664	38634084	38714826	2
50	28680942	26333988	34658285	34658285	9305675	594086.8	81865751	3
50	28403539	26079285	34322879	34322879	9346085	582620.7	80482300	3
50	27983393	25693519	33814667	33814667	9578689	575633.8	78636486	3
50	27681864	25416664	33449854	33449854	9802737	575322.9	77629467	3
50	27538618	25285140	33276670	33276670	9813109	582693.3	77735090	3
50	27503269	25252684	33234288	33234288	9553750	593979.8	78588651	3

50	27515999	25264372	33250267	33250267	9123063	605515.6	79611589	3
50	27538332	25284878	33277858	33277858	8695365	612786.6	80321178	3
50	27554647	25299857	33297959	33297959	8426589	612574.2	80487156	3
50	16627035	26521209	29809599	29809599	16679976	15615092	27505155	3
50	10948823	21929466	32097937	32097937	9482574	31054832	-5.8E+07	3
49.99967	7431562	17944347	50297660	50297660	3199961	51894947	-1.9E+07	3
49.9974	9224246	16459097	55135424	55135424	167027.9	53643004	-8.7E+07	3
49.9924	13041433	35162267	71156543	71156543	28978.24	51643816	-3337159	3
49.98559	11081005	31284487	43089577	43089577	36488.43	42213442	2143416	3
49.97979	6057871	3029209	36688438	36688438	27898.72	35930884	2037809	3
49.97717	2857.15	0.022425	30653233	30653233	23294.6	31458595	1904671	3
49.97849	6488.283	0.092213	33895118	33895118	24484.73	35415435	2192286	3
49.98434	10003.04	0.130926	48674861	48674861	29850.96	49005137	2315299	3
49.99425	9274.794	0.107979	55149052	55149052	39469.89	54880445	3022220	3
50.00804	5128.689	0.043318	49605325	49605325	47413.54	50077234	3340574	3
50.02499	3545.174	0.034198	48082654	48082654	52573.54	49502472	3601721	3
50.04455	6583.354	0.093262	58064644	58064644	50944.61	59016591	3193513	3
50.06552	10013.63	0.138697	67762007	67762007	44604.5	67265902	2667877	3
50.0888	9266.498	0.107885	63938867	63938867	35564.15	62940091	2066185	3
50.11329	5130.522	0.041866	51432993	51432993	26612.97	51594022	1524850	3
50.13852	3538.084	0.033217	47079063	47079063	22550.28	48525880	1520361	3
50.16208	6574.442	0.092951	56625934	56625934	23432.88	57769001	1734812	3
50.1838	10016.74	0.138757	66777613	66777613	29901.13	66483671	2321219	3
50.19964	9259.792	0.107967	63500249	63500249	39403.27	62616227	2990876	3
50.20914	5139.164	0.04202	51358950	51358950	47445.35	51509058	3368353	3
50.21162	3542.708	0.033294	47174805	47174805	52445.16	48500816	3557355	3
50.20751	6577.113	0.093012	56762387	56762387	50920.77	57729703	3205751	3
50.19769	10025.62	0.138828	66888513	66888513	44580.84	66435342	2665141	3
50.18332	9253.352	0.107941	63559336	63559336	35530.56	62594595	2055244	3
50.16496	5139.734	0.042026	51362671	51362671	26713.1	51541062	1557377	3
50.14671	3535.935	0.033227	47133900	47133900	22564.19	48585714	1509028	3
50.13016	6569.008	0.092943	56697566	56697566	23510.75	57839627	1753190	3
50.11855	10027.27	0.138802	66825288	66825288	29946.79	66528817	2325460	3
50.11267	9248.267	0.10789	63520943	63520943	39350.02	62634969	2971682	3
50.11279	5147.24	0.042073	51362698	51362698	47460.3	51511920	3379448	3
50.11848	3540.791	0.033264	47171618	47171618	52332.02	48497569	3528537	3
50.12815	2466070	5303921	5529771	5529771	-549297	18041537	3657277	3
50.14014	3291681	6673692	6495628	6495628	-411927	14643995	2665767	3
50.15273	5191968	5959650	6762013	6762013	3451641	-2556711	2479014	3
50.16142	9321586	8570250	11193119	11193119	6312448	-6991682	2034869	3
50.16496	12607488	11545036	15150401	15150401	7077368	-1596810	1932179	3
50.16353	14250986	13054589	17140764	17140764	5365218	7298614	1769978	3
50.15692	6723871	6157320	8079040	8079040	4998534	-1272048	2771358	3

50.14598	6967265	6382389	8372173	8372173	8893890	-3147550	2938677	3
50.13152	6620733	6067745	7962871	7962871	8547244	244615.4	3830390	3
50.11367	6650803	6094492	7997972	7997972	7698454	305120	3487692	3
50.09233	6371427	5837447	7660645	7660645	6344421	352266.2	3271053	3
50.07003	6590320	6036753	7922200	7922200	5331977	482661.3	2580693	3
50.0449	6880573	6301723	8269927	8269927	4696992	668779.9	2117408	3
50.02392	7073805	6478399	8501784	8501784	4577906	815149.9	1560196	3
50.00655	7152951	6551194	8597316	8597316	4986278	881357	1502003	3
49.995	7158662	6557149	8605130	8605130	5743094	842741.1	1816863	3
49.99048	7135251	6536529	8578070	8578070	6551207	696866.1	2279356	3
49.99204	7110882	6514821	8549582	8549582	7125719	527883.4	2994527	3
49.99953	7096727	6502073	8532852	8532852	7302621	370368.2	3359627	3
50.01269	7093194	6498647	8528357	8528357	7085343	306327.9	3480979	3
50.03046	7096155	6500902	8531316	8531316	6617283	352578.1	3238083	3
50.04869	7100943	6504772	8536394	8536394	6107195	483993.7	2614826	3
50.0693	7104327	6507492	8539964	8539964	5743307	667698.6	2088617	3
50.08333	7104898	6507886	8540480	8540480	5628547	814542.1	1587868	3
50.09436	7102873	6506153	8538207	8538207	5759510	880511.3	1511643	3
50.09783	7099504	6503354	8534533	8534533	6045864	840902.3	1807723	3
50.09566	7096350	6500784	8531160	8531160	6357916	697511.5	2305029	3
50.0874	7094725	6499525	8529509	8529509	6580333	527221.6	2967836	3
50.0749	7095194	6500029	8530169	8530169	6649650	371782.7	3362441	3
50.05802	7097475	6502036	8532804	8532804	6568629	307531.9	3473037	3
50.0399	7100612	6504727	8536335	8536335	6392833	353059.8	3217002	3
50.02279	7103337	6507024	8539350	8539350	6201643	485144.4	2632881	3
50.00902	7104620	6508059	8540707	8540707	6066255	666804.8	2074922	3
49.99958	7103996	6507447	8539905	8539905	6024946	813877.1	1607007	3
49.99637	7101753	6505451	8537285	8537285	6076137	879598.2	1521357	3
49.99893	7098799	6502865	8533891	8533891	6185332	839255.4	1805901	3
50.00709	7096275	6500679	8531023	8531023	6303208	697917.4	2319849	3
50.0197	7095155	6499739	8529789	8529789	6386284	526769.7	2951262	3
50.0325	7095840	6500386	8530638	8530638	6410509	373078.9	3360093	3
50.0426	7098037	6502355	8533222	8533222	6377458	308724	3464344	3
50.04861	7100887	6504885	8536542	8536542	6308743	353650.6	3202349	3
50.04932	7103279	6506992	8539308	8539308	6235002	486135.1	2642068	3
50.04503	18209312	16699659	21953417	21953417	5368863	679989.9	47047816	3
50.03615	23054142	21155020	27836415	27836415	-619759	829041	88163720	3
50.0222	24101357	22129148	29143813	29143813	-6590095	894395.8	1.08E+08	3
50.00473	29971134	27518604	36248579	36248579	-1.3E+07	834420	1.27E+08	3
49.98623	31193795	28641215	37723469	37723469	-1.1E+07	703701.9	1.13E+08	3
49.9624	30236222	27762000	36553538	36553538	-1708001	519249.1	84856059	3
49.9404	28894503	26530073	34915180	34915180	10266891	379324.9	59197560	3
49.91466	27944260	25657588	33752760	33752760	20176359	307673.7	46389397	3

49.88891	27491394	25241780	33199123	33199123	24562531	352143.4	48744049	3
49.86555	27374207	25134183	33059972	33059972	22643221	491286.1	62169378	3
49.83972	27409044	25166169	33110987	33110987	16147954	659470.4	79395379	3
49.81429	27479799	25231134	33207528	33207528	8201480	816069.1	93335614	3
49.78923	27537833	25284419	33286486	33286486	1906901	876038.4	99567851	3
49.76265	27572881	25316600	33332699	33332699	-781569	833799.9	97348496	3
50	89169533	29133854	31489563	35799723	9821348	35059880	59156631	4
50	88316386	28854979	31187824	35507866	9847413	34569507	57974507	4
50	87063170	28445314	30744370	35146735	10032673	33977810	56521937	4
50	86190277	28160102	30435708	34793240	10202320	33693765	55930501	4
50	85787257	28028672	30293871	34426872	10184283	33745363	56363515	4
50	85690038	27997319	30260738	34068155	9940016	33980971	57401810	4
50	85723265	28008575	30273858	33786901	9561677	34223460	58461493	4
50	85780942	28027658	30295252	33652706	9200142	34353397	59092807	4
50	85822668	28041303	30310328	33689183	8984388	34334614	59121169	4
50	45169856	32276728	33304308	32054064	12640337	23281035	20684576	4
50	36778592	28860329	29673789	23834187	6279976	20909433	-3E+07	4
49.99961	18573076	14874837	15284650	4740194	8876050	10259478	-1.2E+07	4
49.99756	1857918	3647067	3612236	139887.5	4848561	866014.2	-5E+07	4
49.99206	91.12977	1090008	1096033	281088.8	1752092	456350.4	1195104	4
49.98358	79.59996	174958.5	175925.9	240447.3	173693.1	594868.8	1999974	4
49.97187	23.74904	0.001925	0.280819	218335.5	16623.73	572785.2	2074272	4
49.95749	1.066485	0.003581	0.249589	198401.7	36351.35	531811	1602665	4
49.94027	43.45718	0.004298	0.327461	208577.2	26646.15	535703	1963329	4
49.91978	91.00008	0.004229	0.39227	231755.5	20462.17	551306.6	2373379	4
49.89877	80.31553	0.003614	0.375216	269862.7	21516.14	598529.4	3064813	4
49.87637	23.54134	0.003188	0.281306	296782.1	27916.23	631536.3	3320885	4
49.85587	1.073528	0.003583	0.249944	309834	38121.88	656443.3	3382568	4
49.83922	43.39964	0.004291	0.326211	303225.6	48348.83	661152.3	3119411	4
49.82797	91.06322	0.004229	0.393201	273177	53514.08	629693.4	2490425	4
49.82263	80.24078	0.003609	0.374378	242381.8	53528.69	599442.2	2053507	4
49.82349	23.57164	0.003187	0.281552	210767.5	46420.3	554997	1612411	4
49.82934	1.081646	0.003586	0.250509	198686.9	36356.32	532227.2	1611645	4
49.84075	43.36084	0.004291	0.325635	208451.9	26650.75	535190.2	1946575	4
49.85736	91.13613	0.004236	0.3942	232268	20588.92	552492.6	2406784	4
49.87601	80.19098	0.00361	0.37386	269438.6	21534.39	597645.3	3029307	4
49.89324	23.60706	0.003188	0.281623	296766.3	27971.67	631775.9	3328471	4
49.90793	1.086943	0.003587	0.250644	309714.3	38141.55	656415.8	3375856	4
49.91766	43.31475	0.004285	0.324833	302701.5	48246.17	660142.4	3095037	4
49.92107	91.18328	0.004235	0.394664	273522.9	53517.28	630518.9	2516125	4
49.91944	80.13101	0.003605	0.373354	242062.5	53398.71	598583.4	2034219	4
49.91245	23.62965	0.003187	0.281792	211130.5	46416.61	555573.6	1634537	4
49.90125	1.093515	0.00359	0.251042	198958.5	36361.12	532607	1620598	4

49.88544	43.28597	0.004285	0.324587	208396.5	26664.36	534847.4	1940042	4
49.8678	91.24202	0.004241	0.395312	232685.4	20702.42	553450.4	2425374	4
49.84877	80.09417	0.003606	0.373082	269096.7	21563.35	596958.5	3007710	4
49.83358	23.65824	0.003188	0.281805	296716.4	28023.26	631929.2	3328892	4
49.82358	1.097439	0.00359	0.251054	309572	38155.9	656339.7	3368295	4
49.81958	1615956	933173.3	980593	308117.1	494243.4	7516230	3501623	4
49.8206	5190787	2775997	2899029	281781.7	1102802	16458770	2983279	4
49.82393	11267663	5507861	5772554	240654.9	1649817	26825776	2013609	4
49.82618	17023861	7102978	7512643	213403.2	1598717	33183726	1705069	4
49.82599	16890313	6224437	6657672	206352.9	1214102	29146676	2071100	4
49.82235	17548456	5879061	6349813	207563	1418744	25750040	1926766	4
49.81485	11952662	3910706	4231702	241103.6	2472476	14952854	2887392	4
49.80313	11615513	3800396	4109227	267697.4	4454900	12156257	2971774	4
49.78801	11019915	3605527	3896127	298885.4	5828969	11221806	3391756	4
49.77061	11757712	3846921	4157419	307489.1	5832369	14006902	3278108	4
49.75123	12894896	4218988	4561985	303281	4655091	18283837	3137265	4
49.72932	13823228	4522723	4893335	274065.3	3004293	22043426	2501603	4
49.70706	14309020	4681665	5067502	240888.3	1676431	24066854	2017403	4
49.68343	14389879	4708121	5096995	213486.8	1195603	24069394	1700737	4
49.66234	14228505	4655322	5039273	198027.8	1648795	22542034	1587517	4
49.64631	13994675	4578817	4954890	209507.1	2733575	20383785	1983610	4
49.63672	13802594	4515971	4885030	233687.8	3948388	18494610	2425177	4
49.63383	13698319	4481854	4846721	267751.5	4825018	17485712	2971924	4
49.63735	13676670	4474771	4838553	298324.5	5099172	17521473	3356018	4
49.64653	13707503	4484860	4849883	307780.9	4774494	18372781	3306920	4
49.66156	13757475	4501209	4868596	302670	4072952	19573257	3096947	4
49.67957	13802200	4515843	4885587	274220.1	3313810	20624735	2521304	4
49.69792	13829670	4524830	4896165	240988.5	2781155	21187748	2020669	4
49.71403	13838057	4527575	4899432	213389.7	2626294	21154259	1693967	4
49.72613	13831727	4525504	4896923	198615.3	2838036	20651447	1618969	4
49.7325	13817447	4520831	4891227	209378.5	3276229	19948104	1968063	4
49.7328	13801783	4515706	4884962	233897.8	3744280	19327845	2436313	4
49.72719	13789750	4511769	4880171	267799.9	4071096	18999016	2970009	4
49.71685	13784134	4509932	4877997	297849.6	4165829	19020319	3332888	4
49.70277	13785452	4510363	4878629	307948.4	4036731	19320217	3318923	4
49.68823	13792211	4512575	4881419	302141.8	3770077	19741970	3072432	4
49.67612	13801520	4515620	4885165	274314.3	3484761	20110374	2531887	4
49.66858	13810032	4518405	4888512	241075.3	3285563	20308952	2024634	4
49.66638	13814915	4520003	4890361	213352	3227279	20295822	1693943	4
49.66962	13814738	4519945	4890197	199123.2	3305257	20116115	1640034	4
49.67799	13809859	4518349	4888220	209322.1	3467763	19865779	1962047	4
49.69082	13802247	4515858	4885239	234081	3641899	19643181	2442671	4
49.70778	13794770	4513412	4882377	267826.3	3764561	19525951	2966857	4

49.72684	13790145	4511898	4880659	297443.1	3801437	19532642	3316613	4
49.74683	13789986	4511846	4880665	308029.7	3754889	19638903	3321736	4
49.76401	13794238	4513238	4882330	301689.7	3656387	19789824	3056573	4
49.77686	13801219	4515522	4884988	274369.3	3549471	19920439	2537475	4
49.78503	23391544	7654259	8279684	1230367	7195424	13491047	42735752	4
49.78855	48528800	15873205	17173441	7227324	6996804	15386070	89334363	4
49.7901	76892598	25139281	27198930	19738157	1645255	13732971	1.3E+08	4
49.79216	90368659	29533529	31949645	31879199	-4572075	12507379	1.27E+08	4
49.7964	93054700	30399090	32875102	41938603	-6247466	14966720	92474024	4
49.80335	91127533	29759565	32167409	48132960	-2075832	22127210	47913076	4
49.8136	88516760	28902700	31225970	49239348	5817741	31985803	14143979	4
49.82732	86729668	28321781	30589924	45510216	13874589	41030264	2343799	4
49.84283	85880610	28052165	30299596	38783318	19026141	46214933	12829737	4
49.86195	85616000	27974790	30224454	31737675	19853755	46283374	37547754	4
49.88131	85600610	27976682	30238068	26808762	16806312	42029410	64864808	4
49.89954	85653491	27996634	30269581	25328455	11671131	35694589	84499676	4
49.91599	85714595	28014827	30294289	27197648	6661898	29884248	90901708	4
50	28441004	56873644	1.01E+08	45286378	37419.72	47224424	98128952	5
50	28171991	56335411	1E+08	45014831	36704.9	46685354	96604491	5
50	27789914	55570825	98776398	44776273	36267.49	46081752	94671681	5
50	27532658	55056157	97861156	44508131	36246.67	45837261	93756706	5
50	27417833	54826857	97454132	44076738	36708.11	45905060	94026835	5
50	27390914	54773766	97361076	43499912	37414.85	46085959	94997823	5
50	27399400	54791573	97394216	42932829	38137.71	46211679	96038549	5
50	27413755	54820887	97447404	42556321	38593.72	46208736	96678566	5
50	27423740	54841045	97483574	42474855	38580.19	46091463	96733886	5
50	4606157	34987161	97986915	36892568	-9577006	38375515	52620570	5
50	1441368	15463882	86258279	23156190	-1.1E+07	26425614	-341808	5
49.99961	962.0021	6047197	35437552	136672.1	6666755	7713061	-1.2E+07	5
49.99728	1121798	7907252	1603354	-4037053	13472037	604744.4	-9390224	5
49.99202	1998965	10736985	321798.6	111779.2	12498290	625511.6	2100987	5
49.98441	1264677	7084061	401.3075	251690.8	7814283	577374.1	1941231	5
49.97308	304163.5	3817796	0.842276	212588.6	3818549	567290.5	2142353	5
49.96282	705.1697	2382223	0.892355	177921.4	2285639	540305	1771049	5
49.9547	53.23556	1639156	0.708908	186509.7	1682009	567664.6	2559451	5
49.95132	136.0645	2139312	0.543042	209123.7	2223963	577609.4	2600892	5
49.95265	138.0124	2760052	0.620721	258522.6	2876411	615768.1	3116231	5
49.95905	50.84454	3833134	0.824236	301048	3869400	633889.3	3208493	5
49.96994	0.126833	4075465	0.911859	332737.8	4018397	653220.7	3294450	5
49.98464	56.64093	3272324	0.72799	328273.1	3222308	636383.1	2830126	5
50.00205	142.038	2596377	0.547617	298729.7	2635843	610703.7	2386966	5
50.02325	140.7725	3002785	0.622134	253168.7	3092969	581291.6	1974663	5
50.04252	51.72839	3930358	0.828461	204123	3974046	547245.9	1657402	5

50.05784	0.119081	4091357	0.911427	179870.1	4071398	544901.7	1827142	5
50.06889	56.37804	3257782	0.728817	179204.7	3258133	550129.5	2098885	5
50.07594	141.9372	2578648	0.5482	209413.4	2661005	577912.3	2604160	5
50.08044	140.602	2992263	0.620309	258141.4	3100855	614860.3	3083989	5
50.08098	51.73545	3928834	0.829519	301330	3959298	634809.3	3237325	5
50.0774	0.120379	4096840	0.909777	332009.9	4037136	652047.9	3253124	5
50.06949	56.35608	3266690	0.728871	328178.2	3216035	636668.4	2845926	5
50.05697	142.0328	2587017	0.548724	298607.1	2626629	610797.9	2387057	5
50.04247	140.5644	2996803	0.619533	252892.9	3087244	580667.4	1964642	5
50.02812	51.78942	3927871	0.831204	204704.8	3971694	548345.1	1688645	5
50.01727	0.120791	4090811	0.909373	179847.5	4070849	544322.9	1812710	5
50.01152	56.30223	3257938	0.729403	179653.7	3258214	550668.4	2113714	5
50.01137	142.0661	2578900	0.549093	209681.4	2661176	578162.9	2605517	5
50.01613	140.4824	2992423	0.618393	257844.4	3100976	614139.9	3063951	5
50.02677	51.80788	3928895	0.831639	301506.9	3959382	635486.7	3249668	5
50.04067	0.121748	4096843	0.908236	331376.5	4037213	651088.7	3227380	5
50.05869	1390624	2848805	3757301	335328.3	2159585	9703389	3301003	5
50.07766	3197268	6243385	8463917	298457.3	2155609	21021184	2388787	5
50.09497	5138991	9616238	13875956	258897.7	517516.4	33267485	2389348	5
50.10918	6784793	12338030	19531740	213314.9	54238.41	41255168	2165617	5
50.11738	7765481	14256977	23957483	179086.9	73227.55	45099002	1792435	5
50.11952	5885753	11398219	19864624	187786.3	69772.03	35559107	2572059	5
50.11567	5240149	10483163	18646008	210202.9	52278.44	31942958	2600259	5
50.10566	3302970	6611607	11764011	264144.9	31026.41	20927216	3479465	5
50.09247	3401222	6808280	12113951	302240	10723.08	22002671	3259211	5
50.07514	3448422	6902761	12282061	332026.8	1587.381	23267078	3256027	5
50.05274	3897993	7802673	13883271	326259.4	5873.794	26574784	2782275	5
50.03029	4418748	8845076	15738015	300931.3	22718.86	29875271	2461837	5
50.00727	4794776	9597779	17077296	251208.6	44748.57	31983340	1913906	5
49.98124	4951012	9910518	17633752	206656.1	63917.09	32637584	1733186	5
49.96073	4920370	9849182	17524617	180679.9	73549.4	32192548	1836053	5
49.94312	4787655	9583523	17051932	179545.1	68285.27	31248239	2082552	5
49.93349	4638818	9285594	16521827	212135	52530.02	30335923	2656039	5
49.93007	4530824	9069422	16137194	256766.7	29844.95	29753551	3011608	5
49.93321	4483934	8975561	15970187	302208.6	10825.15	29568950	3255224	5
49.94241	4489666	8987034	15990600	331341	1730.804	29677194	3223021	5
49.95687	4525317	9058399	16117579	326520.2	6058.898	29917974	2814948	5
49.97491	4567270	9142375	16266999	300319.9	22758.45	30152771	2429449	5
49.99367	4599134	9206159	16380488	251477.6	44720.21	30298569	1938444	5
50.0106	4614182	9236280	16434083	206869.1	63843.72	30346049	1740277	5
50.02315	4613614	9235144	16432061	180727.5	73322.2	30318875	1826980	5
50.0299	4603084	9214065	16394556	180181.8	68239.13	30260421	2109921	5
50.03022	4589252	9186378	16345293	212011.1	52387.25	30207489	2632945	5



50.02458	4577471	9162795	16303332	256864.6	29925.15	30173339	3017665	5
50.01426	4570773	9149388	16279476	302137.3	10923.23	30164456	3249761	5
49.99877	4569836	9147512	16276138	330717.8	1863.944	30168414	3201912	5
49.98269	4573559	9154964	16289398	326631.5	6221.146	30176294	2831226	5
49.96774	4579806	9167470	16311649	299786.6	22796.58	30183396	2412207	5
49.95803	4586168	9180204	16334308	251681	44690	30183847	1954275	5
49.9531	4590611	9189098	16350132	207078.9	63763.78	30185137	1747581	5
49.95403	4591936	9191750	16354851	180837.4	73116.37	30186463	1825126	5
49.96058	4590033	9187940	16348072	180749.7	68177.16	30190751	2126568	5
49.97209	4585818	9179504	16333061	211958.7	52264.93	30199004	2619855	5
49.9876	4580907	9169673	16315570	256941.1	29994.41	30203930	3018650	5
50.00564	4577073	9161998	16301914	302039	11023.52	30207469	3243429	5
50.02423	4575641	9159133	16296815	330165.3	1999.26	30203836	3187319	5
50.03896	4577056	9161964	16301852	326651	6374.982	30194943	2838557	5
50.04845	4580722	9169303	16314911	299331.9	22839.3	30185659	2403265	5
50.05193	5865063	11743784	20902083	-505081	45558.12	20440846	48863439	5
50.05027	13662243	27346487	48655015	4841426	63469.08	22212151	1.11E+08	5
50.04687	23411136	46844432	83318271	18264334	73073.41	16111382	1.7E+08	5
50.04441	28288530	56589217	1.01E+08	32026504	67808.57	9666424	1.73E+08	5
50.04463	29459580	58914085	1.05E+08	45641233	52381.2	10399961	1.36E+08	5
50.04848	29005375	57988284	1.03E+08	56829916	29911.8	21032772	85421621	5
50.05588	28258212	56483315	1E+08	62613794	11168.74	38188606	46747943	5
50.06724	27731395	55429177	98480856	61541475	2192.889	55300374	33024100	5
50.08211	27475861	54926656	97602644	54709821	6429.092	66316612	44671763	5
50.09957	27389833	54767796	97343655	45227602	22957.14	68271568	72528994	5
50.12016	27375754	54752028	97337647	36770228	44627.02	61975803	1.03E+08	5
50.13938	27382167	54772180	97386510	32107612	63493.93	51098925	1.26E+08	5
50.15897	27392888	54794171	97426604	32206400	72911.55	40311868	1.33E+08	5
50.17294	27405897	54814975	97454339	36176761	67813.61	33430078	1.26E+08	5
50.1807	27420079	54835244	97476000	41916046	52241.46	32196070	1.09E+08	5
50.18214	27431964	54851438	97491321	47067818	29997.52	36029434	90525741	5