

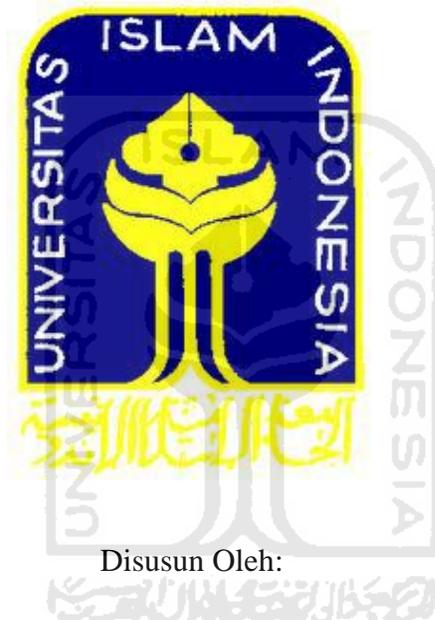
# **PERAMALAN BEBAN LISTRIK PROVINSI D.I. YOGYAKARTA TAHUN**

## **2016-2021 DENGAN METODE *CURVE FIT***

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia



Disusun Oleh:

Nama : RYAN BAGUS PRASETYA

NIM : 12524043

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

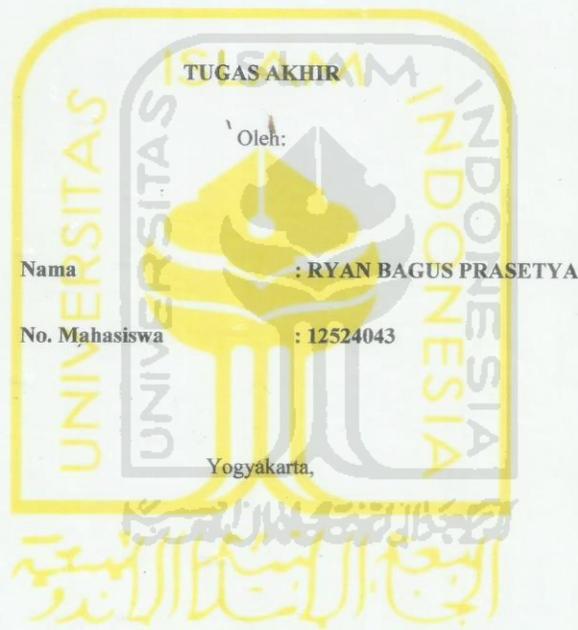
**2017**

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PERAMALAN BEBAN LISTRIK PROVINSI D.I. YOGYAKARTA TAHUN

2016-2021 DENGAN METODE *CURVE FIT*



Pembimbing 1

Pembimbing 2

Wahyudi Budi Pramono, S.T, M.Eng

Warindi, S.T, M.Eng

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

iii

## Lembar Pernyataan Keaslian

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

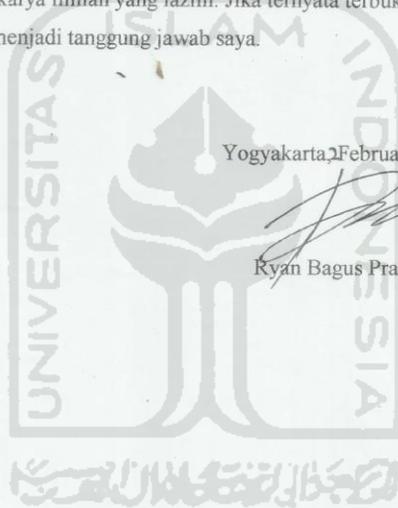
Nama : Ryan Bagus Prasetya

No. Mahasiswa : 12524043

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang sepengetahuan saya, tidak berisi materi yang ditulis oleh orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di Universitas Islam Indonesia atau perguruan tinggi lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya ilmiah yang lazim. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, Februari 2017

  
Ryan Bagus Prasetya



# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PERAMALAN BEBAN LISTRIK PROVINSI D.I. YOGYAKARTA TAHUN 2016-2021  
DENGAN METODE *CURVE FIT*

### TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Ryan Bagus Prasetya

NIM : 12524043

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 28 Februari 2017

Tim Penguji,

Ketua

Warindi, ST., M.Eng.

Anggota I

Yusuf Aziz Amrullah, ST, M.Sc, Ph.D.

Anggota II

Medilla Kusriyanto, ST, M.Eng.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng. Hendra Setiawan, ST, MT.

NIP. 025200526

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

*Kedua orang tua saya, Slamet Haryadi & Suprapti Ning Rahayu*

*Yang telah melimpahkan kasih sayang, mencurahkan segala doa-doa terbaik, memberika doa restu, memberi motivasi dukungan dan semangat yang tiada henti*

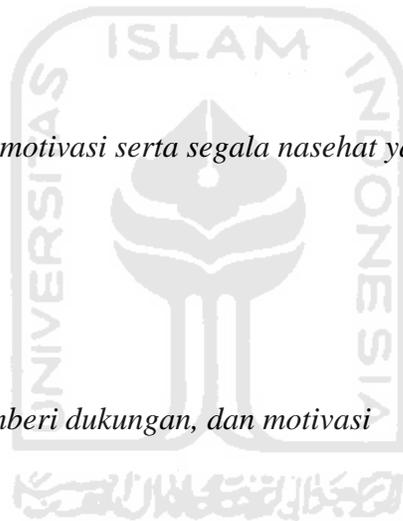
*Kakak-kakak saya, Indah Dianning Rahayu, Indah Lesthyaning Rahayu & Indah Putri*

*Cahyaning Rahayu*

*Yang selalu memberi semangat dan motivasi serta segala nasehat yang bermanfaat untuk mencapai sebuah kesuksesan*

*Indira Noviola Rusman*

*yang selalu meluangkan waktu, memberi dukungan, dan motivasi*



## HALAMAN MOTTO

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.*

*Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan.*

**(Q.S. Al Insyirah 5 – 6)**

*“Bila kau tak tahan lelahnya belajar,*

*Maka kau harus tahan menanggung perihnya kebodohan”*

**-Iman Syafi'i-**

*“Tidak ada usaha yang sia-sia, teruslah berusaha dan tersulah berdoa.*

*Kita bisa merencanakan tetap Allah SWT yang menentukan semuanya”*

**-Ryan Bagus Prasetya-**



## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alam, segala puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “peramalan beban listrik sektor rumah tangga Provinsi DI Yogyakarta tahun 2016-2021 dengan metode *curve fit*” ini dapat terselesaikan dengan baik. Tidak lupa pula shalawat dan salam selalu tercurah kepada nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Semoga kita menjadi umat-umatnya yang dapat meneladani budi pekerti beliau.

Selama mengerjakan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dukungan, fasilitas dan kemudahan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat, karunia dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan semangat dan motivasi hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Warindi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir, yang telah meluangkan waktu dan membagi pengetahuan untuk memberikan bimbingan sampai terselesaikan tugas akhir ini. Semoga Bapak selalu dalam rahmat dan lindungan-Nya.

4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas bimbingan selama menempuh kuliah dari semester pertama hingga akhir di kampus tercinta Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Saudara seperjuangan di Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia angkatan 2012, terimakasih banyak atas kenangan, bantuan, dan kebersamaannya.
6. Dan banyak pihak yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharap saran dan kritik yang bersifat konstruktif dan solutif dari semua pembaca untuk kebaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membutuhkan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kita pemahaman ilmu yang bermanfaat.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Februari 2017

Penulis

# DAFTAR ISI

HALAMAN UTAMA .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
ABSTRAK .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.1.1 Peramalan .....	6
2.1.2 Metode Peramalan .....	7
2.2 Landasan Teori .....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Bahan Penelitian .....	16

3.2	Variabel Penulisan .....	16
3.3	Alur Penelitian .....	17
3.3.1	Pengumpulan Data .....	18
3.3.2	Pengolahan Data .....	19
3.3.3	Menentukan Variabel.....	19
3.3.4	Menentukan Konstanta .....	19
3.3.5	Menentukan Koefisien .....	20
3.3.6	Hitung Data.....	20
3.3.7	Analisis Data.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		21
4.1	Deskripsi Data.....	21
4.2	Perhitungan dan Pembahasan.....	21
4.2.1	Prediksi Jumlah Pelanggan .....	21
4.2.2	Prediksi Daya Tersambung .....	32
4.2.3	Prediksi Konsumsi Daya.....	42
4.3	Analisis .....	53
4.3.1	Uji Koefisien Determinasi Jumlah Pelanggan.....	54
4.3.2	Uji Koefisien Determinasi Daya Tersambung.....	54
4.3.3	Uji Koefisien Determinasi Konsumsi Daya .....	55
4.3.4	Keterbatasan Peramalan Beban Listrik .....	55
BAB V PENUTUP .....		57
5.1	Kesimpulan .....	57
5.2	Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....		59
LAMPIRAN .....		60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Teori.....	15
Gambar 3.1 Alur Penelitian .....	18
Gambar 4.1 Grafik prediksi jumlah pelanggan <i>trendline</i> linier .....	23
Gambar 4.2 Grafik hasil prediksi jumlah pelanggan menggunakan regresi linier .....	24
Gambar 4.3 Grafik prediksi jumlah pelanggan <i>trendline</i> polinomial orde 2 .....	26
Gambar 4.4 Grafik hasil prediksi jumlah pelanggan regresi polinomial orde 2 .....	27
Gambar 4.5 Grafik prediksi jumlah pelanggan <i>trendline</i> polinomial orde 3 .....	30
Gambar 4.6 Grafik prediksi jumlah pelanggan regresi polinomial orde 3 .....	31
Gambar 4.7 Grafik prediksi daya tersambung <i>trendline</i> linier .....	34
Gambar 4.8 Grafik perhitungan daya tersambung regresi linier.....	35
Gambar 4.9 Grafik daya tersambung <i>trendlinier</i> polinomial orde 2.....	37
Gambar 4.10 Grafik hasil prediksi daya tersambung regresi polinomial orde 2.....	38
Gambar 4.11 Grafik daya tersambung <i>trendlinier</i> polinomial orde 3.....	40
Gambar 4.12 Grafik daya tersambung regresi polinomial orde 3 .....	41
Gambar 4.13 Grafik prediksi daya tersambung <i>trendline</i> linier .....	44
Gambar 4.14 Grafik hasil prediksi konsumsi daya tahun regresi linier .....	45
Gambar 4.15 Grafik konsumsi daya <i>trendline</i> polinomial orde 2.....	47
Gambar 4.16 Grafik daya tersambung regresi polinomial orde 2.....	48
Gambar 4.17 Grafik konsumsi daya <i>trendline</i> polinomial orde 3.....	51
Gambar 4.18 Grafik daya tersambung regresi polinomial orde 3.....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data jumlah pelanggan, daya tersambung & konsumsi daya .....	17
Tabel 4.1 Perhitungan konstanta persamaan linier jumlah pelanggan .....	22
Tabel 4.2 Hasil prediksi jumlah pelanggan menggunakan regresi linier .....	24
Tabel 4.3 Tabel perhitungan matriks persamaan regresi polinomial orde 2 .....	25
Tabel 4.4 Hasil prediksi jumlah pelanggan regresi polinomial orde 2 .....	27
Tabel 4.5 Tabel perhitungan matriks persamaan regresi polinomial orde 3 .....	28
Tabel 4.6 Hasil prediksi jumlah pelanggan menggunakan regresi polinomial orde 3 .....	30
Tabel 4.7 Tabel tingkat <i>error</i> jumlah pelanggan .....	31
Tabel 4.8 Perhitungan konstanta persamaan regresi linier daya tersambung .....	32
Tabel 4.9 Hasil prediksi daya tersambung tahun 2016-2021 menggunakan regresi linier .....	34
Tabel 4.10 Perhitungan matriks regresi polinomial daya tersambung orde 2 .....	36
Tabel 4.11 Hasil prediksi daya tersambung menggunakan regresi polinomial orde 2 .....	38
Tabel 4.12 Perhitungan matriks daya tersambung regresi polinomial orde 3 .....	39
Tabel 4.13 Hasil prediksi daya tersambung regresi polinomial orde 3 .....	41
Tabel 4.14 Tabel tingkat <i>error</i> jumlah pelanggan .....	42
Tabel 4.15 Perhitungan konstanta persamaan linier konsumsi daya .....	43
Tabel 4.16 Hasil prediksi konsumsi daya menggunakan regresi linier .....	45
Tabel 4.17 Perhitungan matriks polinomial orde 2 konsumsi daya .....	46
Tabel 4.18 Hasil prediksi konsumsi daya regresi polinomial orde 2 .....	48
Tabel 4.19 Perhitungan matriks polinomial orde 3 konsumsi daya .....	49
Tabel 4.20 Hasil prediksi konsumsi daya regresi polinomial orde 2 .....	51

## ABSTRAK

Aktivitas manusia dalam penggunaan listrik dari waktu ke waktu akan mengalami peningkatan. Peningkatan kebutuhan listrik tersebut mengharuskan pihak penyedia listrik dapat menyalurkan kebutuhan listrik konsumen agar stabilitas multibidang di masyarakat dapat terjamin. Total daya yang dihasilkan pembangkit harus menyesuaikan kebutuhan daya yang ada pada konsumen. Untuk mengetahui seberapa besar daya yang harus disalurkan ke konsumen, PLN memerlukan suatu perencanaan dengan menggunakan metode peramalan beban listrik agar daya yang transmisikan tepat sasaran dan tepat ukuran. Pada dasarnya ramalan merupakan suatu dugaan atau perkiraan atas terjadinya kejadian di waktu mendatang. Ramalan bisa bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Metode peramalan *curve fit* adalah sebuah metode yang mencocokkan titik data dengan sebuah kurva (*curve fit*). Hasil perhitungan rata-rata peningkatan pertahun jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya adalah sebagai berikut : jumlah pelanggan sebesar 3%, 4% dan 6%. Kemudian daya tersambung sebesar 4%, 6%, 9% dan konsumsi daya sebesar 4%, 6%, 9%. Dari hasil perhitungan menggunakan regresi linier dan polinomial orde 2 dan 3, hasil perhitungan regresi polinomial lebih akurat dibandingkan regresi linier, karena bentuk pola jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya dari PLN tidak beraturan (artinya terdapat data yang pada tahun sekian menurun dan meningkat) sehingga regresi linier tidak cocok digunakan untuk memprediksi data tersebut.

Kata kunci : Kebutuhan Listrik, Metode *Curve Fit*, Peramalan Beban Listrik, Regresi Linier, Regresi Polinomial.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Aktivitas manusia dalam penggunaan listrik dari waktu ke waktu akan mengalami peningkatan. Hal ini diakibatkan karena listrik sudah menjadi bagian penting bagi kemajuan peradaban manusia di berbagai bidang, baik dari sisi ekonomi, teknologi, sosial dan budaya manusia. Peningkatan kebutuhan listrik tersebut mengharuskan pihak penyedia listrik dapat menyalurkan kebutuhan listrik konsumen agar stabilitas multibidang di masyarakat dapat terjamin. Adanya gangguan kekurangan pasokan listrik dapat mengganggu rutinitas kegiatan perekonomian di sisi masyarakat yang terkena dampaknya. Oleh karena itu reliabilitas dari pasokan listrik merupakan hal yang penting.

Total daya yang dihasilkan pembangkit harus menyesuaikan kebutuhan daya yang ada pada konsumen. Untuk mengetahui seberapa besar daya yang harus disalurkan ke konsumen, PLN memerlukan suatu perencanaan dengan menggunakan metode peramalan beban agar daya yang transmisikan tepat sasaran dan tepat ukuran. Maksud dari metode peramalan disini adalah untuk memperkirakan daya yang harus dikeluarkan oleh sisi pembangkitan agar efektifitas antara daya yang dihasilkan pembangkit dengan daya yang diterima konsumen lebih sempurna. Dengan begitu kejadian kelebihan ataupun kekurangan

tegangan dalam sistem tenaga listrik dapat diminimalisasi, selain itu dengan efektifitas penyaluran daya akan meningkatkan pula efektifitas biaya yang harus dikeluarkan PLN untuk biaya ke pihak pembangkitan.

Konsumsi listrik di Indonesia selalu meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dapat terlihat dari data peningkatan beban puncak setiap tahun. Kenaikan ini utamanya disebabkan oleh peningkatan populasi penduduk yang akan berdampak pada peningkatan kebutuhan listrik manusia.

Berdasarkan fenomena tersebut diperlukanlah suatu peramalan beban listrik (electrical load forecasting) kebutuhan listrik masyarakat dan juga ditinjau berdasarkan pengaruh perubahan jumlah penduduk terhadap penggunaan listrik. Sehingga tujuan dari peramalan beban tersebut dapat menjadi bagian dari pengelolaan permintaan listrik. Pengelolaan permintaan listrik sebagai fungsi untuk memproyeksikan beban listrik dan dapat membantu pengelola listrik untuk mendapatkan Gambaran perkiraan kebutuhan daya yang harus disalurkan ke konsumen di masa depan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana cara melakukan peramalan beban listrik dengan metode *Curve*

*Fit* ?

### 1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini terbatas pada studi hubungan daya terhadap pertumbuhan penduduk.
2. Data beban listrik dan jumlah pelanggan yang digunakan merupakan data sekunder beban listrik pada daerah Yogyakarta.
3. Data historis yang akan digunakan adalah data beban listrik yang sesuai selama 15 tahun terakhir, lalu dianalisa untuk mendapatkan model peramalan.
4. Peningkatan pertumbuhan kebutuhan energi listrik dianggap normal, artinya mengabaikan kenaikan harga BBM, bencana alam dan lain-lain.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Meramalkan kebutuhan beban listrik Provinsi DI Yogyakarta mulai tahun 2016 s/d 2021 meliputi jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya.
2. Menguji keakuratan metode *Curve Fit* dalam hal peramalan beban listrik.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

## Bab I Pendahuluan

Pada bab ini diuraikan tentang judul, latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan serta sistematika pembahasan dari tugas akhir peramalan permintaan energi listrik di Yogyakarta.

## Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini diuraikan mengenai teori-teori yang mendukung dalam pelaksanaan serta penyelesaian peramalan permintaan energi listrik di Yogyakarta.

## Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini diuraikan tentang metode penelitian tentang peramalan permintaan energi listrik di Yogyakarta.

## Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisi hasil perhitungan dan pembahasan.

## Bab V Penutup

Dari tahapan-tahapan tersebut diatas maka pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran-saran yang dikemukakan berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Dari penelitian yang sudah ada sebelumnya beberapa diantaranya memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Berikut adalah beberapa penelitian yang sudah ada:

Penelitian oleh Utama tahun 2007 tentang prakiraan kebutuhan tenaga listrik propinsi Bali sampai tahun 2018 dengan metode regresi berganda deret waktu. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan energi listrik dari sektor rumah tangga mengalami peningkatan dengan rata-rata meningkat sebesar 55,71 GWh per tahun. Untuk sektor komersial , publik dan industri masing-masing meningkat sebesar 73,39; 5,64 dan 0,46 GWh per tahun [1].

Penelitian oleh Siregar dan Warman tahun 2013 tentang studi prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2013-2017 wilayah Kota Padang Sidempuan dengan metode gabungan. Hasil untuk prakiraan kebutuhan energi total yang harus diproduksi tahun 2017 sebesar 138.871.315 kWh dengan jumlah pelanggan sebesar 81.555. Sehingga prakiraan kebutuhan energi listrik Kota Padang Sidempuan untuk 5 tahun ke depan pertumbuhannya mencapai 21,8 % [2].

Penelitian oleh Antonov dan Rahman tahun 2015 tentang prakiraan dan analisa kebutuhan energi listrik Provinsi Sumatera Barat hingga tahun 2024

dengan metode analisis regresi linear berganda. Pada tahun 2015 kebutuhan energi listrik sebesar 2680,41 GWH, sedangkan pada tahun 2024 sebesar 3681,12 GWH dengan rata-rata peningkatan per tahun sebesar 3178 GWH atau sebesar 3.59 persen. Sektor rumah tangga menjadi yang paling tinggi kebutuhan energi listriknya pada tahun 2024 yaitu sebesar 2.332.704,91 MWH dengan persentase rata-rata kenaikan per tahun sebesar 5,68 persen [3].

### 2.1.1 Peramalan

Pada dasarnya ramalan merupakan suatu dugaan atau perkiraan atas terjadinya kejadian di waktu mendatang. Ramalan bisa bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Ramalan kualitatif tidak berbentuk angka, misalnya besok akan turun hujan, tahun depan akan terjadi perang, hasil penjualan tahun depan akan meningkat, dan sebagainya. Sedangkan ramalan kuantitatif dinyatakan dalam bentuk angka atau bilangan.

Menurut jangka waktunya, peramalan dibagi menjadi 3 periode, sesuai dengan materi yang diramalkannya. Dalam peramalan beban listrik, periode peramalan dibagi menjadi 3, yaitu:

a. Peramalan Jangka Panjang (*Long-Term Forecasting*)

Merupakan peramalan yang memperkirakan keadaan dalam waktu beberapa tahun ke depan. Tujuannya dalam adalah untuk dapat mempersiapkan ketersediaan unit pembangkitan, sistem transmisi, serta distribusi.

b. Peramalan Jangka Menengah (*Mid-Term Forecasting*)

Merupakan peramalan dalam jangka waktu bulanan atau mingguan. Tujuannya untuk mempersiapkan jadwal persiapan dan operasional sisi pembangkit.

c. Peramalan Jangka Pendek (*Short-Term Forecasting*)

Merupakan peramalan dalam jangka waktu harian hingga setiap jam. Biasa digunakan untuk studi perbandingan beban listrik perkiraan dengan aktual (*realtime*).

### 2.1.2 Metode Peramalan

Ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk melakukan peramalan, tergantung pada jenis peramalan yang akan dilakukan.

1. Metode Analitis (*End Use*)

Prinsip dasar metode analitis adalah perhitungan secara rinci pemakaian tenaga listrik oleh setiap pelanggan, untuk itu perhitungan penjualan tenaga listrik dengan metode ini harus dapat memperkirakan jenis dan jumlah peralatan listrik yang digunakan serta konsumsi spesifiknya setiap macam peralatan sehingga metode ini disebut pula *end use*.

2. Metode Ekonometri

Metode yang disusun berdasarkan kaidah ekonomi dan statistik yang menunjukkan bahwa energi listrik mempunyai peranan dalam mendorong kegiatan perekonomian.

### 3. Metode Kecendrungan (*Black Box*)

Metode ini disebut juga metode *trend* yaitu metode yang dibuat berdasarkan kecendrungan hubungan data masa lalu tanpa memperlihatkan penyebab atau hal-hal yang mempengaruhinya (pengaruh ekonomi, iklim, teknologi dan lain-lain). Metode ini biasanya digunakan untuk prakiraan jangka pendek.

### 4. Metode Gabungan

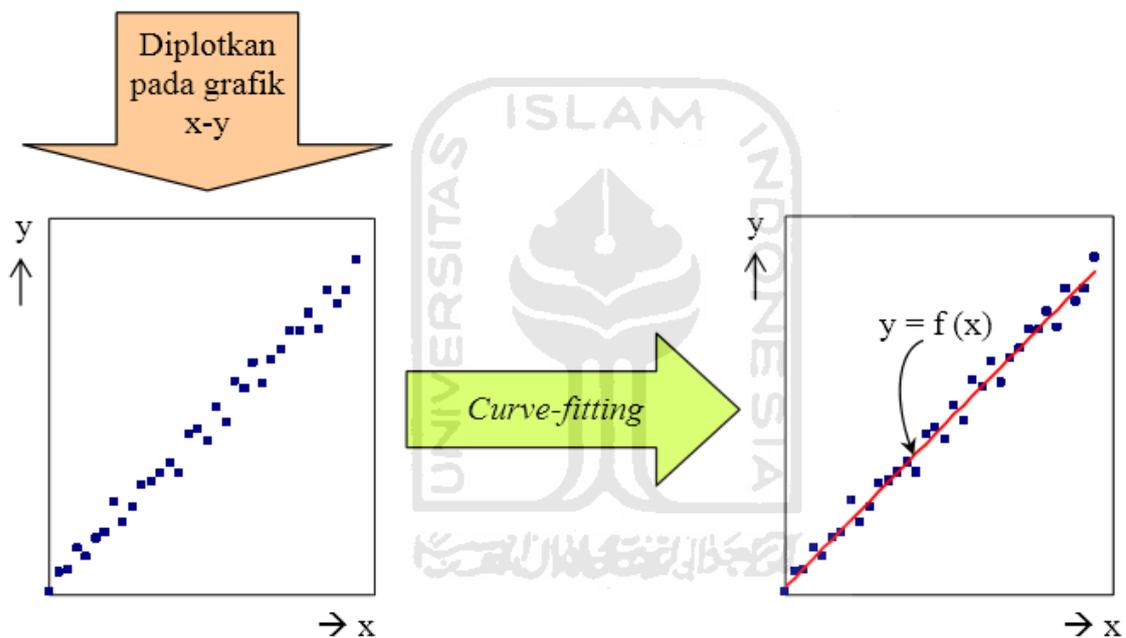
Dari ketiga macam metode diatas dimana masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian sendiri-sendiri. Dengan memperhatikan keunggulan dan kekurangan dari beberapa metode tersebut banyak perusahaan listrik mulai menggunakan suatu metode yang merupakan gabungan dari beberapa metode. Sehingga akan didapat suatu metode yang tanggap terhadap pengaruh aktivitas ekonomi, harga listrik, pergeseran pola penggunaan, kemajuan teknologi, kebijakan pemerintah dan sosio geografi.

### 5. Metode *Curve Fit*

Data-data yang bersifat diskrit dapat dibuat continuum melalui proses *curve-fitting*. *Curve-fitting* merupakan proses *data-smoothing*, yakni proses pendekatan terhadap kecenderungan data-data dalam bentuk persamaan model matematika. Proses ini juga dapat digunakan untuk keperluan interpolasi data. Misalkan

tersedia data-data  $y$  pada berbagai  $x$  (sejumlah  $n$  pasang), maka dapat dicari suatu persamaan  $y = f(x)$  yang memberikan hubungan  $y$  dengan  $x$  yang mendekati data. Proses ini disebut curve fitting.

<b>x</b>	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	...	$x_{n-1}$	$x_n$
<b>y</b>	$y_1$	$y_2$	$y_3$	...	...	$y_{n-1}$	$y_n$



Secara garis besar, ada 2 kategori persamaan model matematika, yakni:

1. Persamaan analitik, yang berdasarkan teori dan fenomena fisik sistem yang teramati.
2. Persamaan empirik, yang (lebih) berdasarkan hubungan antara input dan output sistem yang ditinjau Langkah-langkah yang

dapat ditempuh untuk menentukan persamaan empirik adalah sebagai berikut:

- a. Membuat grafik y versus x berdasarkan data yang tersedia
- b. Meramalkan bentuk persamaan yang kira-kira sesuai (mengandung tetapan-tetapan yang belum diketahui), berdasarkan grafik Misal:
  - ✓ Persamaan linier
  - ✓ Persamaan kuadrat
  - ✓ Persamaan polinomial berorde-m
  - ✓ Persamaan eksponensial
- c. Mengevaluasi nilai tetapan-tetapan tersebut berdasarkan data yang ada regresi Secara garis besar, metode regresi ada 2 macam: (a) regresi linier dan (b) regresi non-linier
- d. Mengevaluasi kesesuaian persamaan empirik terhadap data. Secara sederhana, persamaan empirik dianggap sesuai jika error-nya kecil dan bentuk kurva berdasarkan persamaan empirik ini mirip dengan bentuk kurva berdasarkan data. Jika persamaan empirik tidak sesuai, maka harus dicoba bentuk persamaan yang lain.

## 6. Regresi Linier

Regresi Linear Sederhana adalah metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat

antara variabel faktor penyebab X terhadap variabel akibatnya. Faktor penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan *predictor* sedangkan variabel akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan *response*. Regresi linear sederhana atau sering disingkat dengan SLR (*Simple Linear Regression*) juga merupakan salah satu metode statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Model persamaan dari regresi linier sederhana adalah sebagai berikut [7]:

$$y_i = a + b(x_i) \quad (2.1)$$

Dengan :

$y_i$  = variabel tidak bebas atau variable akibat (*Dependent*)

$x_i$  = variabel bebas atau variable faktor penyebab (*Independent*)

a = konstanta

b = koefisien regresi (kemiringan) besaran *response* yang ditimbulkan oleh *predictor*

## 7. Regresi Polinomial

Regresi adalah tehnik pencocokan kurva untuk data yang berketelitian rendah. Contoh data berketelitian rendah adalah hasil pengamatan, percobaan di laboratorium atau data statistik. Sedangkan Regresi polinomial digunakan menentukan fungsi polinomial yang paling sesuai dengan kumpulan titik data  $(x_n, y_n)$  yang diketahui [8].

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 \quad (2.2)$$

Dengan :

$n$  = banyak data

$a_0$  = konstanta

$a_n, a_{n-1}, a_{n-2}, \dots$  = koefisien dari  $x^n, x^{n-1}, x^{n-2}, \dots$

### 2.2 Landasan Teori

Berdasarkan kajian pustaka di atas maka disusunlah landasan teori ini untuk menjelaskan masalah peramalan beban listrik di Yogyakarta, yaitu :

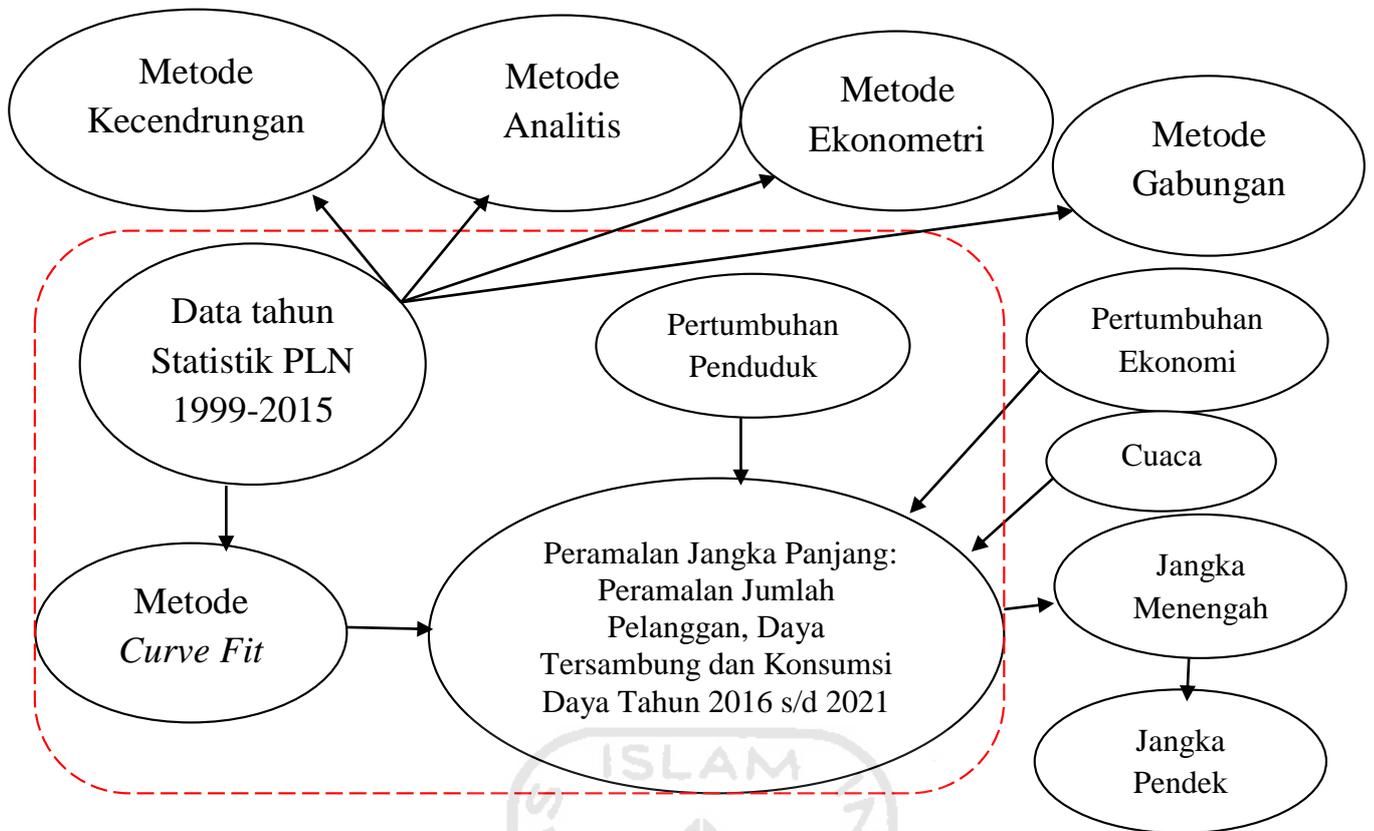
- a. Pemakaian listrik dari tahun ke tahun selalu meningkat sehingga diperlukannya suatu peramalan untuk mengestimasi kebutuhan listrik beberapa tahun ke depan. Faktor-faktor yang mempengaruhi peramalan adalah pertumbuhan penduduk, factor ekonomi, factor cuaca dan lain-lain.

1. Pertumbuhan penduduk menjadi salah satu penyebab yang mempengaruhi hasil akhir suatu peramalan karena semakin

meningkatnya penduduk suatu daerah maka jumlah rumah tangga akan meningkat hal itu juga menyebabkan penambahan jumlah pelanggan listrik.

2. Faktor ekonomi, semakin tinggi pendapatan penduduk maka semakin besar tinggi pula kebutuhan ekonomi rumah tangganya.
  3. Faktor cuaca, perubahan cuaca menyebabkan konsumen lebih sering menggunakan alat pengatur suhu udara dan pemans air.
- b. Peramalan untuk jangka panjang akan lebih dijelaskan lebih rinci di dalam peramalan jangka menengah kemudian jangka menengah akan lebih dijelaskan lagi pada peramalan jangka pendek, oleh sebab itu peramalan jangka panjang yang lebih dulu dilakukan.
- c. Peramalan memiliki empat karakteristik atau prinsip yang dapat dipahami untuk membantu mendapatkan hasil peramalan yang lebih efektif.
1. Peramalan tidak selalu tepat, dalam proses peramalan hasil akhir tidak selalu akurat atau tepat itu hal wajar karena masa depan tidak ada yang mengetahui dengan pasti.
  2. Setiap peramalan seharusnya menyertakan kesalahan (*error*) untuk mengetahui seberapa besar tingkat akurasi metode yang digunakan, dapat berupa persentase, dari peramalan sebagai rentang nilai minimum (batas bawah) dan maksimum (batas atas).

3. Peramalan akan lebih akurat untuk kelompok atau grup, sebagai contoh meramalkan secara akurat seorang murid dalam satu kelas lebih sulit daripada meramalkan rata-rata keseluruhan kelas.
  4. Peramalan lebih akurat untuk jangka waktu yang lebih dekat, sebagai contoh untuk meramalkan kegiatan hari esok atau minggu depan lebih meyakinkan jika dibandingkan dengan meramalkan untuk tahun depan.
- d. Peramalan dengan metode *Curve Fit* merupakan Pencocokan kurva merupakan suatu teknik yang penting dan sangat diperlukan untuk *menghandle* data hasil pengukuran suatu variabel, sehingga diperoleh Gambaran yang jelas mengenai sifat-sifat atau perilaku variabel yang kita ukur. Ada dua alasan mengapa kebutuhan mencocokkan ke kurva dari data hasil pengukuran ini penting. Pertama, dengan cara fitting ini bisa memberikan Gambaran secara matematis mengenai hubungan antara dua variabel yang diukur. Kedua, dari persamaan kurva yang dipeoleh dapat digunakan untuk memprediksikan harga variabel tak bebas di suatu titik dengan cara menginterpolasi diantara harga-harga terukur.



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Dari Gambar di atas dapat dijelaskan untuk mengetahui peramalan beban listrik terdapat beberapa cara atau metode peramalan, misalnya metode *curve fit*, metode gabungan, metode kecendrungan, metode ekonometri, metode analitis dan lain-lain. Secara umum kebutuhan beban listrik dari tahun ke tahun selalu meningkat hal ini dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, faktor cuaca dan lain-lain, namun yang akan dibahas sebatas yang dilingkari merah saja. Data statistik PLN mulai tahun 1999 sampai dengan 2015 menjadi acuan untuk melakukan peramalan 6 tahun ke depan (2016 s/d 2021) menggunakan metode *curve fit*. Setelah mengetahui hasil peramalan untuk 6 tahun ke depan menggunakan metode *curve fit* (jangka panjang) setelah itu dapat dilanjutkan perhitungan peramalan jangka menengah (tiga bulan hingga tiga tahun) kemudian dilanjutkan dengan menghitung peramalan jangka pendek (kurang dari satu tahun, umumnya kurang dari tiga bulan).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bahan Penelitian

Objek penelitian ini adalah metode *Curve Fit* (Pencocokan Kurva). *Curve Fit* adalah sebuah metode untuk mencocokkan titik data dengan sebuah kurva (*Curve Fit*), namun pada prosesnya kurva yang digunakan untuk mencocokkan dengan data adalah kurva Polinomial. Data yang tersedia mulai tahun 1999 sampai dengan 2015, berikut ini adalah Tabel data jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya di wilayah Yogyakarta :

#### 3.2 Variabel Penulisan

Variabel independen  $x_i$  adalah periode tahun dari 1 sampai 16.

Variabel independen  $i$  adalah tahun dari 1999 sampai 2015.

Variabel dependen jumlah pelanggan dapat dilihat seperti table 3.1 di atas (Pg).

Variabel dependen jumlah daya tersambung seperti Tabel 3.1 di atas (Ss).

Variabel dependen jumlah konsumsi daya terlihat pada kolom ke 5 Tabel di atas (Se).

Tabel 3.1 Data jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya

Periode (xi)	Tahun (i)	Jumlah Pelanggan (Pg)	Daya Tersambung (MVA) (Ss)	Konsumsi Daya (GWh) (Se)
1	1999	541813	463,86	755,26
2	2000	557577	494,79	862,18
3	2001	575433	541,37	945,49
4	2002	593833	582,15	966,51
5	2003	613638	615,93	1098,61
6	2004	635410	653,11	1130,83
7	2005	667009	697,73	1244,41
8	2006	690585	744,63	1343,32
9	2007	674134	765,04	1355,59
10	2008	745557	837,44	1481,58
11	2009	770293	882,48	1578,45
12	2010	792516	924,87	1705,94
13	2011	851527	1051,03	1869,77
14	2012	891816	1130,97	2043,76
15	2013	935821	1234,93	2046,23
16	2014	972327	1320,49	2369,62
17	2015	1033966	1448,87	2482,14

### 3.3 Alur Penelitian

Pada Bagian ini dijelaskan mengenai alur dari penelitian studi peramalan permintaan beban di Yogyakarta. Adapun diagram alur penelitian ditunjukkan pada Gambar di bawah :



Gambar 3.1 Alur Penelitian

### 3.3.1 Pengumpulan Data

Data dalam proses ini di dapat dari statistik PLN Provinsi DI Yogyakarta tahun 1999 sampai dengan 2014.

### 3.3.2 Pengolahan Data

Pada tahapan ini akan dilakukan pengelompokan data yang diambil dari statistik PLN tahun 1999 sampai 2014, yaitu jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya untuk melakukan prediksi atau peramalan kebutuhan energi listrik di masa yang akan datang menggunakan regresi linier sederhana dan regresi polinomial.

### 3.3.3 Menentukan Variabel Bebas dan Variabel Tidak Bebas

Variabel bebas yang digunakan adalah periode tahun (x) yang akan di prediksi dan variabel tidak bebas adalah data jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya (y).

### 3.3.4 Menentukan Nilai Konstanta a dan koefisien Regresi b

Nilai a dan b dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini :

$$a = \frac{(\sum yi)(\sum xi^2) - (\sum xi)(\sum xiyi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2} \quad (3.1)$$

$$b = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi)(\sum yi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2} \quad (3.2)$$

Dengan :

n = Jumlah data

### 3.3.5 Menentukan koefisien regresi polinomial

Untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial dapat dihitung dengan cara menyelesaikan persamaan linier simultan dengan eliminasi *Gauss* atau *Gauss-Jordan* berikut :

$$\begin{bmatrix} N & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^N \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{N+1} \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{N+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_i^N & \sum x_i^{N+1} & \sum x_i^{N+2} & \dots & \sum x_i^{2N} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^N y_i \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

$N$  = jumlah data

$a_0$  = konstanta

### 3.3.6 Hitung Data

Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai konstanta setiap variabel regresi linier dan regresi polinomial berdasarkan jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya.

### 3.3.7 Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pengujian koefisien determinasi ( $R^2$ ) data jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya terhadap ketepatan metode *curve fit* dengan memperhatikan nilai  $R^2$  dari persamaan *trendline* polinomial dan linier. Ketepatan dilihat dari nilai  $R^2$  mendekati angka 1 .

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Deskripsi Data**

Dalam melakukan analisis pada penelitian ini menggunakan data statistik PLN Yogyakarta dari tahun 1999 sampai 2014. Adapun data yang dimaksud adalah :

1. Data jumlah pelanggan
2. Data jumlah daya tersambung rumah tangga
3. Data jumlah konsumsi daya rumah tangga

#### **4.2 Perhitungan dan Pembahasan**

##### **4.2.1 Prediksi Jumlah Pelanggan Provinsi DI Yogyakarta**

Dari data jumlah pelanggan yang diperoleh dari Statistik PLN Provinsi D.I. Yogyakarta tahun 1999 sampai dengan 2015 dapat dianalisis menggunakan metode *curve fit* dengan hitungan rumus regresi linier sederhana dan regresi polinomial dan membandingkan hasil dari *Microsoft excel*.

Tabel 4.1 Perhitungan untuk mendapatkan konstanta persamaan linier jumlah pelanggan

(i)	(xi)	(yi)	xi <sup>2</sup>	xiyi
1999	1	541813	1	541813
2000	2	557577	4	1115154
2001	3	575433	9	1726299
2002	4	593833	16	2375332
2003	5	613638	25	3068190
2004	6	635410	36	3812460
2005	7	667009	49	4669063
2006	8	690585	64	5524680
2007	9	674134	81	6067206
2008	10	745557	100	7455570
2009	11	770293	121	8473223
2010	12	792516	144	9510192
2011	13	851527	169	11069851
2012	14	891816	196	12485424
2013	15	935821	225	14037315
2014	16	972327	256	15557232
Jumlah	136	11509289	1496	107489004

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (jumlah pelanggan)

Berdasarkan persamaan 3.1 dan 3.2 maka diperoleh nilai :

$$a = 477829$$

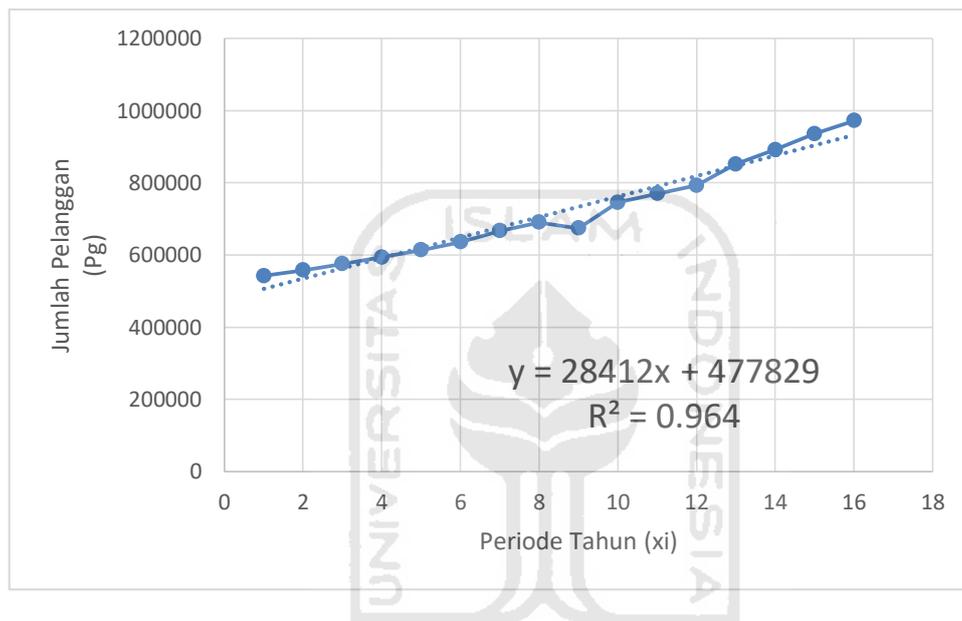
$$b = 28412$$

Hasil di atas jika dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier 2.1 maka:

$$y_i = a + b(x_i)$$

$$y_i = 477829 + 28412x_i$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan tahun 2016-2021 menggunakan regresi linier :



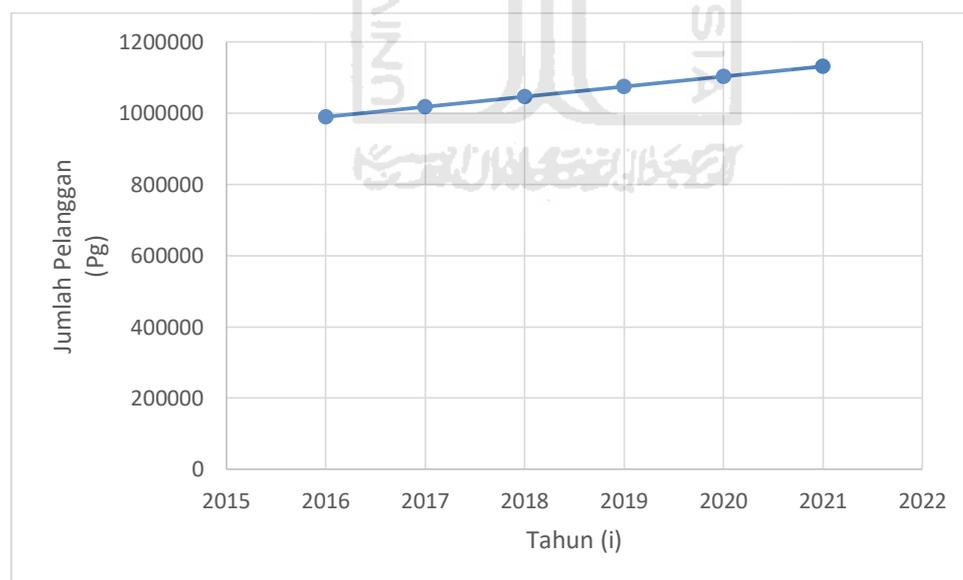
Gambar 4.1 Grafik prediksi jumlah pelanggan *trendline* linier

Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa *time series plot* dari *trend* linier berbentuk pola garis lurus, namun karena beberapa plot data jumlah pelanggan ada yang mengalami kenaikan atau penurunan, misalnya pada periode tahun ke-9 (tahun 2007) mengalami penurunan dan periode tahun ke-16 mengalami kenaikan (tahun 2014) sehingga garis *trend* linier tidak seluruhnya mengenai plot data jumlah pelanggan.

Tabel 4.2 Hasil prediksi jumlah pelanggan tahun 2016-2021 menggunakan regresi linier

Jumlah Pelanggan Regresi Linier			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun (%)
2016	18	989245	3
2017	19	1017657	3
2018	20	1046069	3
2019	21	1074481	3
2020	22	1102893	3
2021	23	1131305	3
Rata-rata			3

Tabel di atas adalah hasil prediksi jumlah pelanggan menggunakan regresi linier dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 3%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.2 Grafik hasil prediksi jumlah pelanggan tahun 2016-2021 menggunakan regresi linier

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan 2016 hingga 2021 menggunakan regresi polinomial orde 2 :

Tabel 4.3 Tabel perhitungan matriks untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial orde 2

Jumlah Pelanggan (Pg)							
(i)	(xi)	xi <sup>2</sup>	xi <sup>3</sup>	xi <sup>4</sup>	(yi)	xiyi	xi <sup>2</sup> yi
1999	1	1	1	1	541813	541813	541813
2000	2	4	8	16	557577	1115154	2230308
2001	3	9	27	81	575433	1726299	5178897
2002	4	16	64	256	593833	2375332	9501328
2003	5	25	125	625	613638	3068190	15340950
2004	6	36	216	1296	635410	3812460	22874760
2005	7	49	343	2401	667009	4669063	32683441
2006	8	64	512	4096	690585	5524680	44197440
2007	9	81	729	6561	674134	6067206	54604854
2008	10	100	1000	10000	745557	7455570	74555700
2009	11	121	1331	14641	770293	8473223	93205453
2010	12	144	1728	20736	792516	9510192	114122304
2011	13	169	2197	28561	851527	11069851	143908063
2012	14	196	2744	38416	891816	12485424	174795936
2013	15	225	3375	50625	935821	14037315	210559725
2014	16	256	4096	65536	972327	15557232	248915712
Jml	136	1496	18496	243848	11509289	107489004	1247216684

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (jumlah pelanggan)

Untuk mendapatkan persamaan polinomial digunakan dua langkah, yang pertama dengan perhitungan matriks dan yang kedua menggunakan bantuan *microsoft excel*. Tabel 4.3 diubah ke dalam bentuk matrik 3.4 sehingga menghasilkan matrik sebagai berikut :

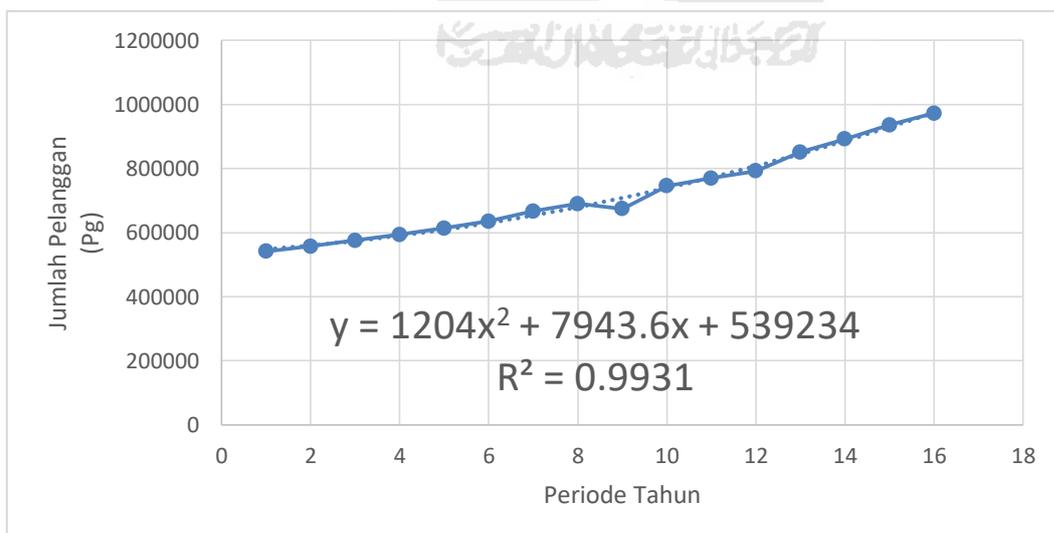
$$\begin{bmatrix} 16 & 136 & 1496 \\ 136 & 1496 & 18496 \\ 1496 & 18496 & 243848 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11509289 \\ 107489004 \\ 1247216684 \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas ini digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial dengan metode eliminasi *Gauss*, maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} a_0 &= 539234 \\ a_1 &= 7943,6 \\ a_2 &= 1204 \end{aligned}$$

Regresi polinomial orde 2 dapat dinyatakan seperti persamaan di bawah dan hasil prediksi untuk tahun 2016 hingga 2021 dapat dilihat pada tabel 4.4.

$$y_i = 1204x_i^2 + 7943,6x_i + 539234$$

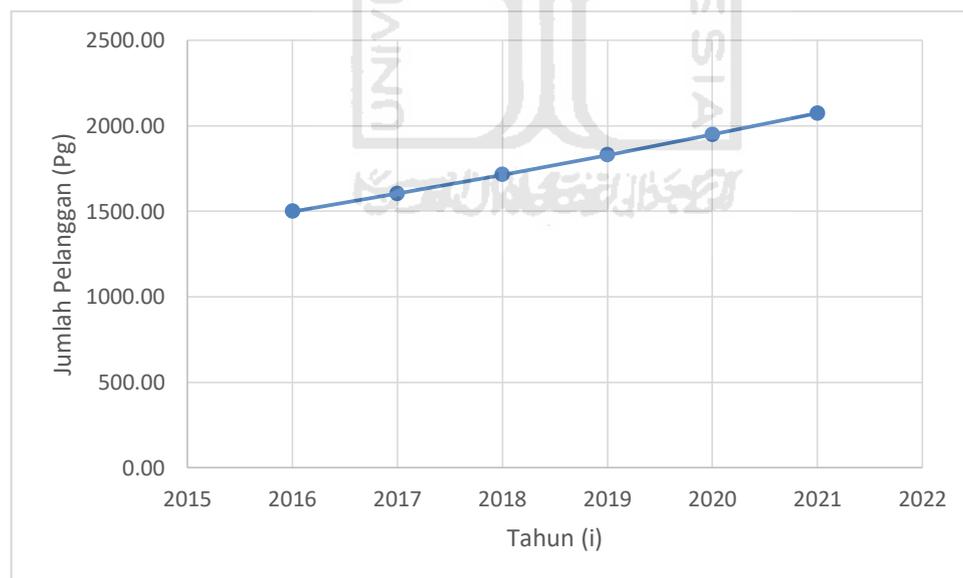


Gambar 4.3 Grafik prediksi jumlah pelanggan *trendline* polinomial orde 2

Tabel 4.4 Hasil prediksi jumlah pelanggan tahun 2016-2021 regresi polinomial orde 2

Jumlah Pelanggan Regresi Polinomial Orde 2			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun (%)
2016	18	1498,88	4
2017	19	1603,67	4
2018	20	1713,52	4
2019	21	1828,42	4
2020	22	1948,36	4
2021	23	2073,36	3
Rata-rata			4

Tabel di atas adalah hasil prediksi jumlah pelanggan menggunakan regresi polinomial orde 2 dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 4%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.4 Grafik hasil prediksi jumlah pelanggan tahun 2016-2021 regresi polinomial orde 2

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan 2016 hingga 2021 menggunakan regresi polinomial orde 3 :

Tabel 4.5 Tabel perhitungan matriks untuk mendapatkan persamaan perhitungan regresi polinomial orde 3

Jumlah Pelanggan (Pg)										
(i)	(xi)	xi <sup>2</sup>	xi <sup>3</sup>	xi <sup>4</sup>	x <sup>5</sup>	x <sup>6</sup>	(yi)	xiyi	xi <sup>2</sup> yi	xi <sup>3</sup> yi
1999	1	1	1	1	1	1	541813	541813	541813	541813
2000	2	4	8	16	32	64	557577	1115154	2230308	4460616
2001	3	9	27	81	243	729	575433	1726299	5178897	15536691
2002	4	16	64	256	1024	4096	593833	2375332	9501328	38005312
2003	5	25	125	625	3125	15625	613638	3068190	15340950	76704750
2004	6	36	216	1296	7776	46656	635410	3812460	22874760	137248560
2005	7	49	343	2401	16807	117649	667009	4669063	32683441	228784087
2006	8	64	512	4096	32768	262144	690585	5524680	44197440	353579520
2007	9	81	729	6561	59049	531441	674134	6067206	54604854	491443686
2008	10	100	1000	10000	100000	1000000	745557	7455570	74555700	745557000
2009	11	121	1331	14641	161051	1771561	770293	8473223	93205453	1025259983
2010	12	144	1728	20736	248832	2985984	792516	9510192	114122304	1369467648
2011	13	169	2197	28561	371293	4826809	851527	11069851	143908063	1870804819
2012	14	196	2744	38416	537824	7529536	891816	12485424	174795936	2447143104
2013	15	225	3375	50625	759375	11390625	935821	14037315	210559725	3158395875
2014	16	256	4096	65536	1048576	16777216	972327	15557232	248915712	3982651392
Jml	136	1496	18496	243848	3347776	47260136	11509289	107489004	1247216684	15945584856

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (jumlah pelanggan)

Untuk mendapatkan persamaan polinomial digunakan dua langkah, yang pertama dengan perhitungan matriks dan yang kedua menggunakan bantuan *microsoft excel*. Tabel 4.5 diubah ke dalam bentuk matrik 3.4 sehingga menghasilkan matrik sebagai berikut :

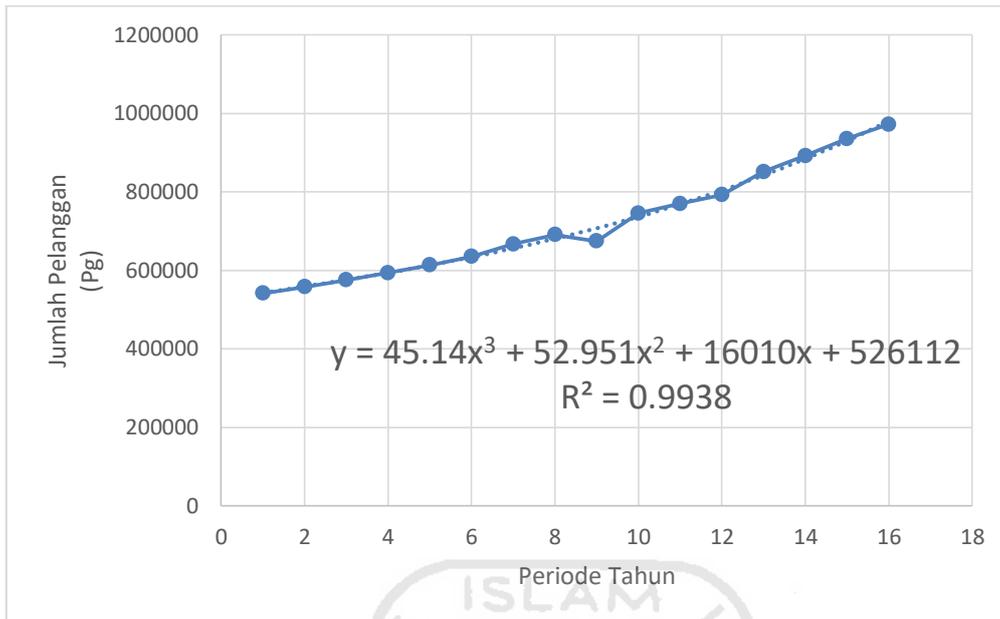
$$\begin{bmatrix} 16 & 136 & 1496 & 18496 \\ 136 & 1496 & 18496 & 243848 \\ 1496 & 18496 & 243848 & 3347776 \\ 18496 & 243848 & 3347776 & 47260136 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11509289 \\ 107489004 \\ 1247216684 \\ 15945584856 \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas ini digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial dengan metode eliminasi *Gauss*, maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} a_0 &= 526112 \\ a_1 &= 16010 \\ a_2 &= 52,951 \\ a_3 &= 45,14 \end{aligned}$$

Regresi polinomial orde 3 dapat dinyatakan seperti persamaan di bawah dan hasil prediksi untuk tahun 2016 hingga 2021 dapat dilihat pada tabel 4.6.

$$y_i = 45,14x_i^3 + 52,951x_i^2 + 16010x_i + 526112$$

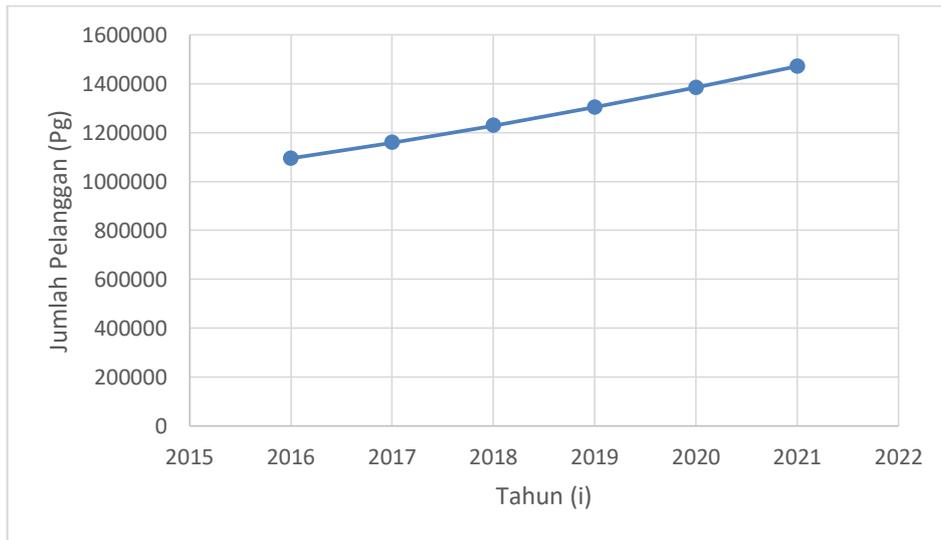


Gambar 4.5 Grafik prediksi jumlah pelanggan *trendline* polinomial orde 3

Tabel 4.6 Hasil prediksi jumlah pelanggan menggunakan regresi polinomial orde 3

Jumlah Pelanggan Regresi Polinomial Orde 3			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun (%)
2016	18	1094705	5
2017	19	1159033	6
2018	20	1228612	6
2019	21	1303715	6
2020	22	1384611	6
2021	23	1471571	6
Rata-rata			6

Tabel di atas adalah hasil prediksi jumlah pelanggan menggunakan regresi polinomial orde 3 dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 6%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.6 Grafik hasil prediksi jumlah pelanggan tahun (2016-2021) menggunakan regresi polinomial orde 3

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah pelanggan dengan regresi linier, polinomial orde 2 dan 3 bahwa jumlah pelanggan untuk regresi linier mengalami kenaikan 3%. Untuk regresi polinomial orde 2, orde 3 sebesar 4%, 6% yang setiap tahunnya cenderung meningkat seiring pertambahan periode waktu.

Tabel 4.7 Tabel tingkat *error* jumlah pelanggan

Tahun 2015	Uji Keakuratan Jumlah Pelanggan		
	Linier	Polinomial Orde 2	Polinomial Orde 3
Data Akurat	1033966	1033966	1033966
Prediksi	960833	1022231	1035358
<i>Error</i>	7,07%	1,13%	0,13%

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa tingkat *error* regresi linier, polinomial orde 2 dan polinomial orde 3 menghasilkan nilai *error* masing-masing sebesar 7,07%, 1,13%

dan 0,13%. Semakin kecil nilai *error* maka semakin erat atau rapat antara garis *trend* suatu regresi dengan plot data.

#### 4.2.2 Prediksi Daya Tersambung Provinsi DI Yogyakarta

Dari data daya tersambung yang diperoleh dari Statistik PLN Provinsi D.I. Yogyakarta tahun 1999 sampai dengan 2014 dapat dianalisis menggunakan metode *curve fit* dengan hitungan rumus regresi linier sederhana dan regresi polinomial dan membandingkan hasil dari *Microsoft excel*.

Tabel 4.8 Perhitungan untuk mendapatkan konstanta persamaan regresi linier daya tersambung

(i)	(xi)	(yi)	xi <sup>2</sup>	xi yi
1999	1	463,86	1	463,86
2000	2	494,79	4	989,58
2001	3	541,37	9	1624,11
2002	4	582,15	16	2328,6
2003	5	615,93	25	3079,65
2004	6	653,11	36	3918,66
2005	7	697,73	49	4884,11
2006	8	744,63	64	5957,04
2007	9	765,04	81	6885,36
2008	10	837,44	100	8374,4
2009	11	882,48	121	9707,28
2010	12	924,87	144	11098,44
2011	13	1051,03	169	13663,39
2012	14	1130,97	196	15833,58
2013	15	1234,93	225	18523,95
2014	16	1320,49	256	21127,84
Jumlah	136	12940,82	1496	128459,9

Dengan :

$i$  = tahun

$x_i$  = periode tahun

$y_i$  = data aktual (daya tersambung)

Berdasarkan persamaan 3.1 dan 3.2 maka diperoleh nilai :

$$a = 347,23$$

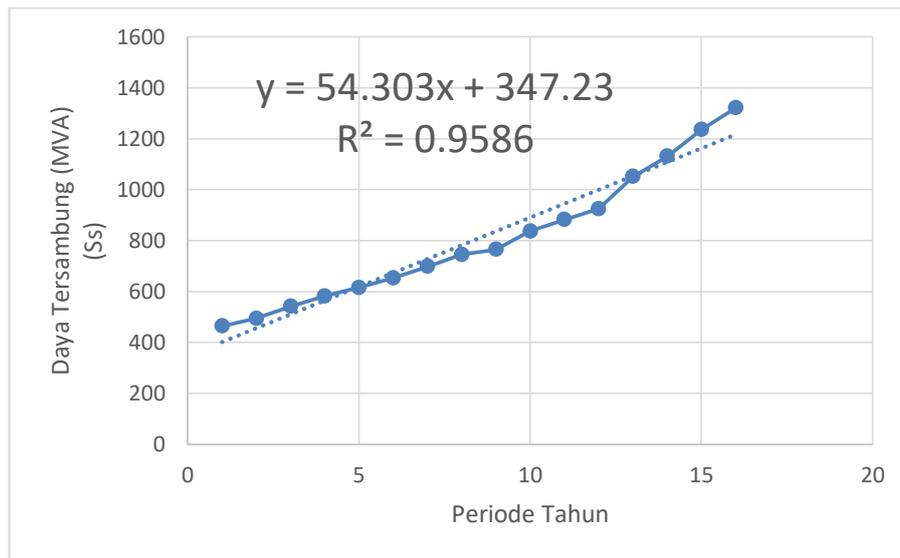
$$b = 54,303$$

Hasil di atas jika dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier 2.1 maka:

$$y_i = a + b(x_i)$$

$$y_i = 347,23 + 54,303x_i$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan tahun 1999-2014 menggunakan regresi linier :



Gambar 4.7 Grafik prediksi daya tersambung *trendline* linier

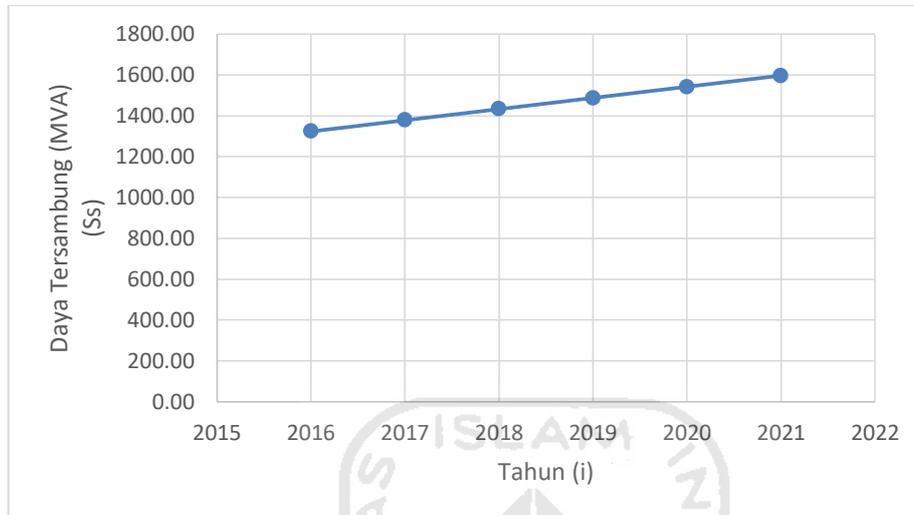
Dapat dilihat dari grafik daya tersambung di atas bahwa *time series plot* dari *trend* linier berbentuk pola garis lurus, namun tidak semua plot data daya tersambung mengenai garis *trend* linier.

Tabel 4.9 Hasil prediksi daya tersambung tahun 2016-2021 menggunakan regresi linier

Daya Tersambung Regresi Linier			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun
2016	18	1324,68	4%
2017	19	1378,99	4%
2018	20	1433,29	4%
2019	21	1487,59	4%
2020	22	1541,90	4%
2021	23	1596,20	3%
Rata-rata			4%

Tabel di atas adalah hasil prediksi daya tersambung menggunakan regresi linier dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar

4%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.8 Grafik perhitungan daya tersambung tahun (2016-2021) menggunakan regresi linier

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan 2016 hingga 2021 menggunakan regresi polinomial orde 2 :

Tabel 4.10 Perhitungan matriks untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial daya tersambung orde 2

Daya tersambung (MVA) (Ss)							
(i)	(xi)	xi <sup>2</sup>	xi <sup>3</sup>	xi <sup>4</sup>	(yi)	xiyi	xi <sup>2</sup> yi
1999	1	1	1	1	463,86	463,86	463,86
2000	2	4	8	16	494,79	989,58	1979,16
2001	3	9	27	81	541,37	1624,11	4872,33
2002	4	16	64	256	582,15	2328,6	9314,4
2003	5	25	125	625	615,93	3079,65	15398,25
2004	6	36	216	1296	653,11	3918,66	23511,96
2005	7	49	343	2401	697,73	4884,11	34188,77
2006	8	64	512	4096	744,63	5957,04	47656,32
2007	9	81	729	6561	765,04	6885,36	61968,24
2008	10	100	1000	10000	837,44	8374,4	83744
2009	11	121	1331	14641	882,48	9707,28	106780,08
2010	12	144	1728	20736	924,87	11098,44	133181,28
2011	13	169	2197	28561	1051,03	13663,39	177624,07
2012	14	196	2744	38416	1130,97	15833,58	221670,12
2013	15	225	3375	50625	1234,93	18523,95	277859,25
2014	16	256	4096	65536	1320,49	21127,84	338045,44
Jml	136	1496	18496	243848	12940,82	128459,85	1538257,53

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (daya tersambung)

Untuk mendapatkan persamaan polinomial digunakan dua langkah, yang pertama dengan perhitungan matriks dan yang kedua menggunakan bantuan *microsoft excel*. Tabel 4.10 diubah ke dalam bentuk matrik 3.4 sehingga menghasilkan matrik sebagai berikut :

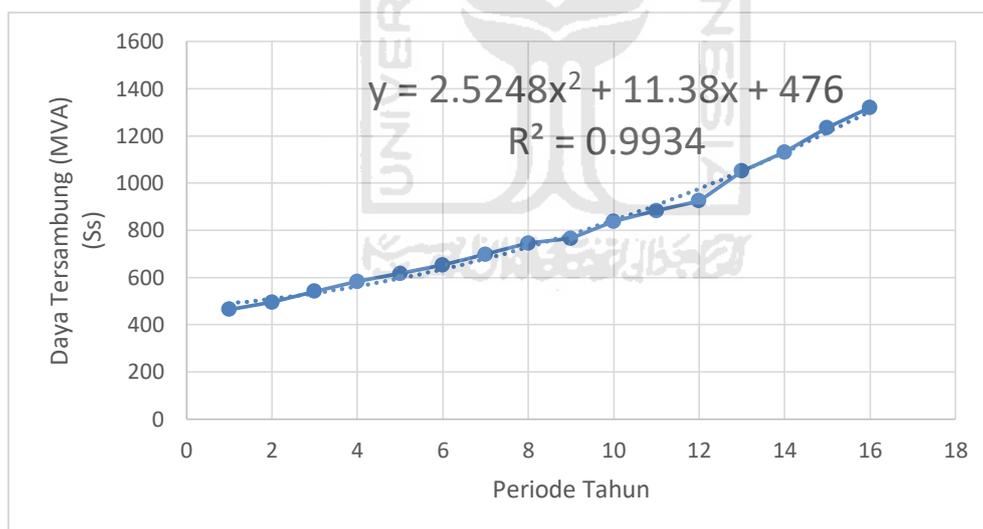
$$\begin{bmatrix} 16 & 136 & 1496 \\ 136 & 1496 & 18496 \\ 1496 & 18496 & 243848 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12940,82 \\ 128459,85 \\ 1538257,53 \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas ini digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial dengan metode eliminasi *Gauss*, maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} a_0 &= 476 \\ a_1 &= 11,38 \\ a_2 &= 2,5248 \end{aligned}$$

Regresi polinomial orde 2 dapat dinyatakan seperti persamaan di bawah dan hasil prediksi untuk tahun 2016 hingga 2021 dapat dilihat pada tabel 4.11.

$$y_i = 2,5248x_i^2 + 11,38x_i + 476$$



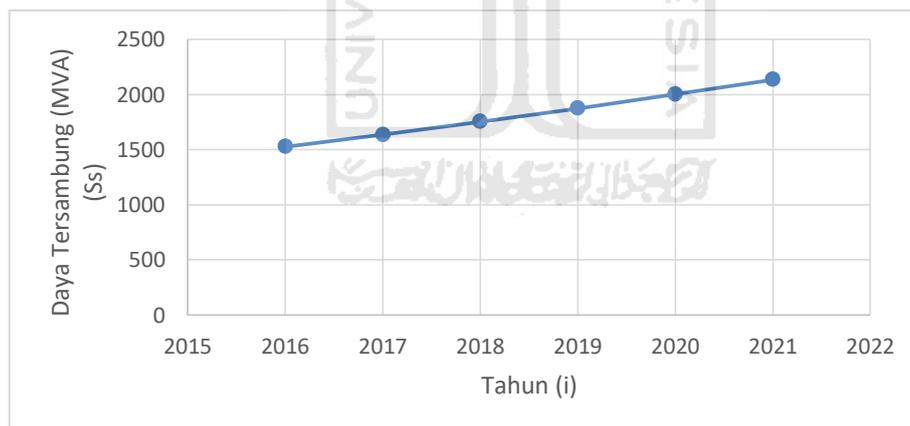
Gambar 4.9 Grafik daya tersambung *trendlinier* polinomial orde 2

Gambar grafik di atas menunjukkan jika garis *trend* polinomial orde 2 cukup erat dengan pola plot data daya tersambung yang mengalami kenaikan dan penurunan.

Tabel 4.11 Hasil prediksi daya tersambung tahun 2016-2021 menggunakan regresi polinomial orde 2

Daya Tersambung Regresi Polinomial Orde 2			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun (%)
2016	18	1525,20	7
2017	19	1635,84	7
2018	20	1752,06	7
2019	21	1873,83	6
2020	22	2001,17	6
2021	23	2134,07	6
Rata-rata			7

Tabel di atas adalah hasil prediksi daya tersambung menggunakan regresi polinomial orde 2 dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 7%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.10 Grafik hasil prediksi daya tersambung (2016-2021) menggunakan regresi polinomial orde 2

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan 2016 hingga 2021 menggunakan regresi polinomial orde 3 :

Tabel 4.12 Perhitungan matriks untuk mendapatkan persamaan polinomial daya tersambung regresi polinomial orde 3

Daya Tersambung (MVA) (Ss)										
i	xi	xi <sup>2</sup>	xi <sup>3</sup>	xi <sup>4</sup>	x <sup>5</sup>	x <sup>6</sup>	yi	xiyi	xi <sup>2</sup> yi	xi <sup>3</sup> yi
1999	1	1	1	1	1	1	463,86	463,86	463,86	463,86
2000	2	4	8	16	32	64	494,79	989,58	1979,16	3958,32
2001	3	9	27	81	243	729	541,37	1624,11	4872,33	14616,99
2002	4	16	64	256	1024	4096	582,15	2328,6	9314,4	37257,6
2003	5	25	125	625	3125	15625	615,93	3079,65	15398,25	76991,25
2004	6	36	216	1296	7776	46656	653,11	3918,66	23511,96	141071,76
2005	7	49	343	2401	16807	117649	697,73	4884,11	34188,77	239321,39
2006	8	64	512	4096	32768	262144	744,63	5957,04	47656,32	381250,56
2007	9	81	729	6561	59049	531441	765,04	6885,36	61968,24	557714,16
2008	10	100	1000	10000	100000	1000000	837,44	8374,4	83744	837440
2009	11	121	1331	14641	161051	1771561	882,48	9707,28	106780,08	1174580,88
2010	12	144	1728	20736	248832	2985984	924,87	11098,44	133181,28	1598175,36
2011	13	169	2197	28561	371293	4826809	1051,03	13663,39	177624,07	2309112,91
2012	14	196	2744	38416	537824	7529536	1130,97	15833,58	221670,12	3103381,68
2013	15	225	3375	50625	759375	11390625	1234,93	18523,95	277859,25	4167888,75
2014	16	256	4096	65536	1048576	16777216	1320,49	21127,84	338045,44	5408727,04
Jml	136	1496	18496	243848	3347776	47260136	12940,82	128459,85	1538257,53	20051952,51

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (daya tersambung)

Untuk mendapatkan persamaan polinomial digunakan dua langkah, yang pertama dengan perhitungan matriks dan yang kedua menggunakan bantuan *microsoft excel*. Tabel 4.12 diubah ke dalam bentuk matrik 3.4 sehingga menghasilkan matrik sebagai berikut :

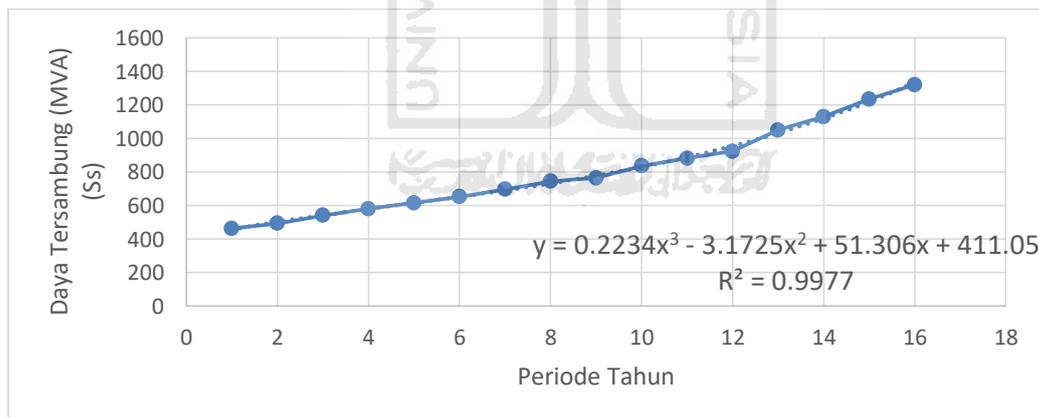
$$\begin{bmatrix} 16 & 136 & 1496 & 18496 \\ 136 & 1496 & 18496 & 243848 \\ 1496 & 18496 & 243848 & 3347776 \\ 18496 & 243848 & 3347776 & 47260136 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12940,82 \\ 128459,85 \\ 1538257,53 \\ 20051952,51 \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas ini digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial dengan metode eliminasi *Gauss*, maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} a_0 &= 411,05 \\ a_1 &= 51,306 \\ a_2 &= -3,1725 \\ a_3 &= 0,2234 \end{aligned}$$

Regresi polinomial orde 3 dapat dinyatakan seperti persamaan di bawah dan hasil prediksi untuk tahun 2016 hingga 2021 dapat dilihat pada tabel 4.13.

$$y_i = 0,2234x_i^3 - 3,1725x_i^2 + 51,306x_i + 411,05$$



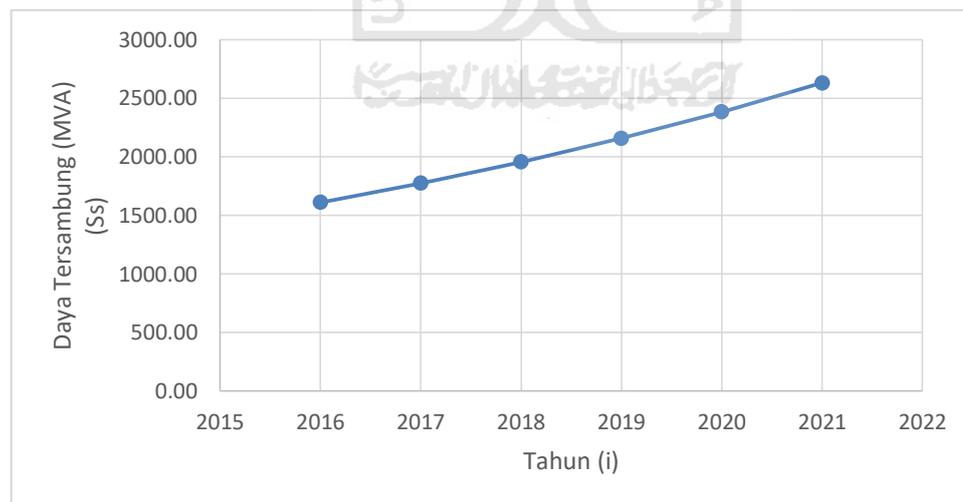
Gambar 4.11 Grafik daya tersambung *trendlinier* polinomial orde 3

Gambar grafik di atas menunjukkan jika garis *trend* polinomial orde 3 cukup erat dengan pola plot data daya tersambung yang mengalami kenaikan dan penurunan.

Tabel 4.13 Hasil prediksi daya tersambung tahun 2016-2021 menggunakan regresi polinomial orde 3

Daya Tersambung Regresi Polinomial Orde 3			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun (%)
2016	18	1609,54	8
2017	19	1772,89	9
2018	20	1955,37	9
2019	21	2158,31	9
2020	22	2383,06	9
2021	23	2630,94	9
Rata-rata			9

Tabel di atas adalah hasil prediksi daya tersambung menggunakan regresi polinomial orde 3 dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 9%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.12 Grafik daya tersambung (2016-2021) menggunakan regresi polinomial orde 3

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah pelanggan dengan regresi linier, polinomial orde 2 dan 3 bahwa jumlah pelanggan untuk regresi linier mengalami kenaikan 4%. Untuk regresi polinomial orde 2, orde 3 sebesar 6%, 9% yang setiap tahunnya cenderung meningkat seiring pertambahan periode waktu.

Tabel 4.14 Tabel tingkat *error* jumlah pelanggan

Tahun 2015	Uji Keakuratan Daya Tersambung		
	Linier	Polinomial Orde 2	Polinomial Orde 3
Data Akurat	1448,87	1448,87	1448,87
Prediksi	1270,38	1399,13	1463,96
<i>Error</i>	12,32%	3,43%	1,04%

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa tingkat *error* regresi linier, polinomial orde 2 dan polinomial orde 3 menghasilkan nilai *error* masing-masing sebesar 12,32%, 3,43% dan 1,04%. Semakin kecil nilai *error* maka semakin erat atau rapat antara garis *trend* suatu regresi dengan plot data.

#### 4.2.3 Prediksi Konsumsi Daya Provinsi DI Yogyakarta

Dari data jumlah pelanggan yang diperoleh dari Statistik PLN Provinsi DI Yogyakarta tahun 1999 sampai dengan 2015 dapat dianalisis menggunakan metode *curve fit* dengan hitungan rumus regresi linier sederhana dan regresi polinomial dan membandingkan hasil dari *Microsoft excel*.

Tabel 4.15 Perhitungan untuk mendapatkan konstanta persamaan linier konsumsi daya

i	xi	yi	xi <sup>2</sup>	xi yi
1999	1	755,26	1	755,26
2000	2	862,18	4	1724,36
2001	3	945,49	9	2836,47
2002	4	966,51	16	3866,04
2003	5	1098,61	25	5493,05
2004	6	1130,83	36	6784,98
2005	7	1244,41	49	8710,87
2006	8	1343,32	64	10746,6
2007	9	1355,59	81	12200,3
2008	10	1481,58	100	14815,8
2009	11	1578,45	121	17363
2010	12	1705,94	144	20471,3
2011	13	1869,77	169	24307
2012	14	2043,76	196	28612,6
2013	15	2046,23	225	30693,5
2014	16	2369,62	256	37913,9
Jumlah	136	22797,55	1496	227295

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (konsumsi daya)

Berdasarkan persamaan 3.1 dan 3.2 maka diperoleh nilai :

$$a = 586,95$$

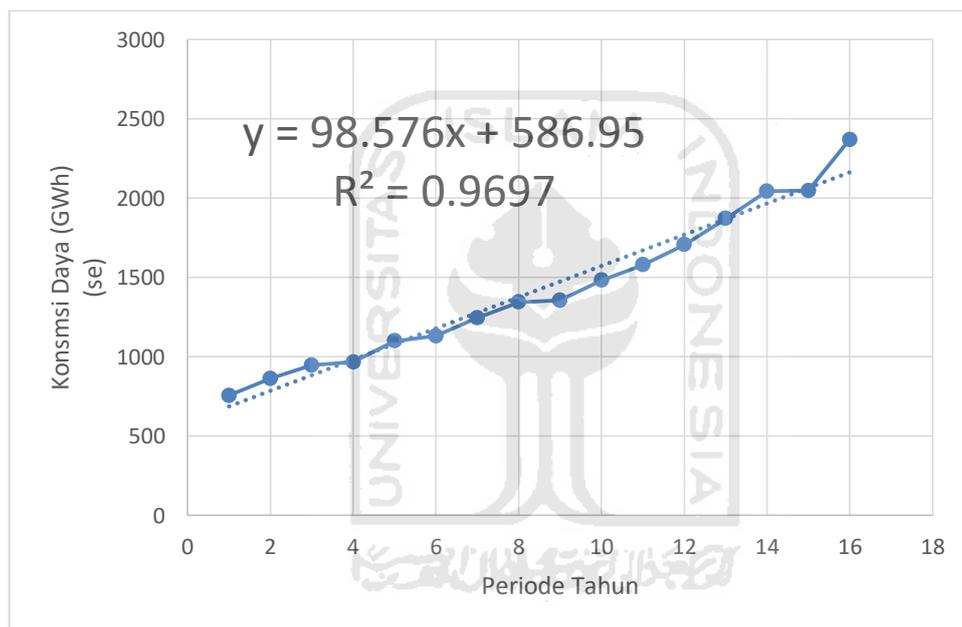
$$b = 98,576$$

Hasil di atas jika dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier 2.1 maka:

$$y_i = a + b(x_i)$$

$$y_i = 586,95 + 98,576x_i$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan tahun 1999-2014 menggunakan regresi linier :



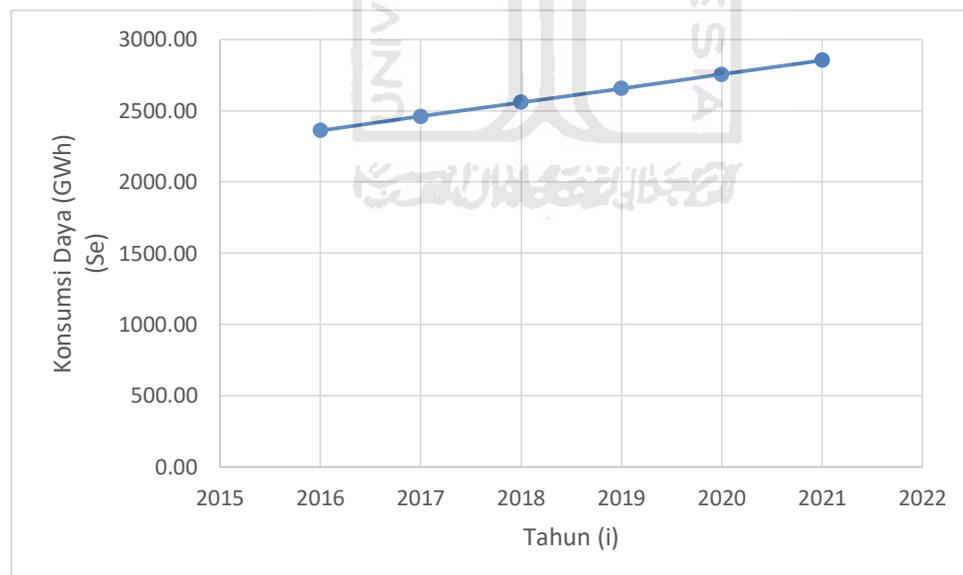
Gambar 4.13 Grafik prediksi daya tersambung *trendline* linier

Dapat dilihat dari grafik daya tersambung di atas bahwa *time series plot* dari *trend* linier berbentuk pola garis lurus, namun tidak semua plot data daya tersambung mengenai garis *trend* linier.

Tabel 4.16 Hasil prediksi konsumsi daya tahun 2016-2021 menggunakan regresi linier

Konsumsi Daya Regresi Linier			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun (%)
2016	18	2361,32	4
2017	19	2459,89	4
2018	20	2558,47	4
2019	21	2657,05	4
2020	22	2755,62	4
2021	23	2854,20	3
Rata-rata			4

Tabel di atas adalah hasil prediksi konsumsi daya menggunakan regresi linier dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 4%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.14 Grafik hasil prediksi konsumsi daya tahun (2016-2021) menggunakan regresi linier

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan 1999 hingga 2014 menggunakan regresi polinomial orde 2 :

Tabel 4.17 Perhitungan matriks untuk mendapatkan persamaan polinomial orde 2  
konsumsi daya

konsumsi Daya (GWh) (Se)							
i	xi	xi <sup>2</sup>	xi <sup>3</sup>	xi <sup>4</sup>	yi	xiyi	xi <sup>2</sup> yi
1999	1	1	1	1	755,26	755,26	755,26
2000	2	4	8	16	862,18	1724,36	3448,72
2001	3	9	27	81	945,49	2836,47	8509,41
2002	4	16	64	256	966,51	3866,04	15464,16
2003	5	25	125	625	1098,61	5493,05	27465,25
2004	6	36	216	1296	1130,83	6784,98	40709,88
2005	7	49	343	2401	1244,41	8710,87	60976,09
2006	8	64	512	4096	1343,32	10746,6	85972,48
2007	9	81	729	6561	1355,59	12200,3	109802,79
2008	10	100	1000	10000	1481,58	14815,8	148158
2009	11	121	1331	14641	1578,45	17363	190992,45
2010	12	144	1728	20736	1705,94	20471,3	245655,36
2011	13	169	2197	28561	1869,77	24307	315991,13
2012	14	196	2744	38416	2043,76	28612,6	400576,96
2013	15	225	3375	50625	2046,23	30693,5	460401,75
2014	16	256	4096	65536	2369,62	37913,9	606622,72
Jml	136	1496	18496	243848	22797,6	227295	2721502,41

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (daya tersambung)

Untuk mendapatkan persamaan polinomial digunakan dua langkah, yang pertama dengan perhitungan matriks dan yang kedua menggunakan bantuan *microsoft excel*. Tabel 4.17 diubah ke dalam bentuk matrik 3.4 sehingga menghasilkan matrik sebagai berikut :

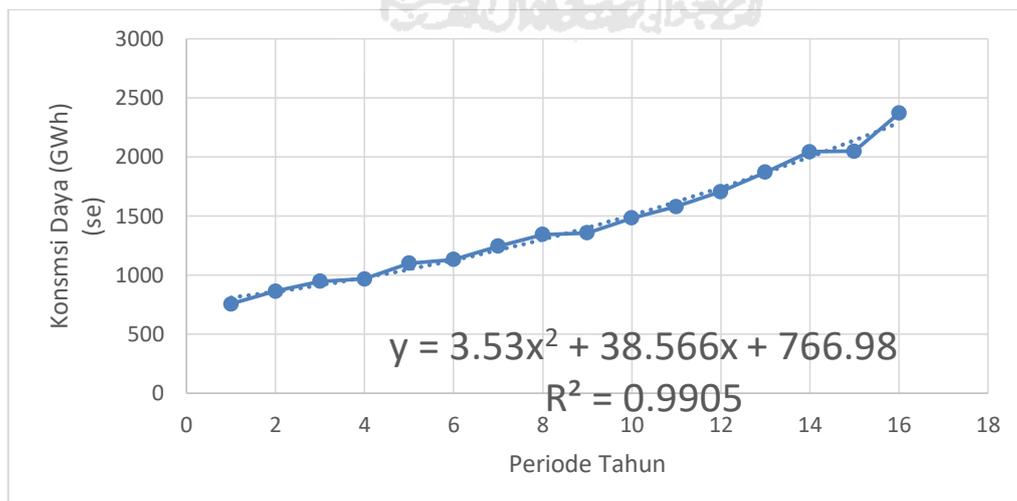
$$\begin{bmatrix} 16 & 136 & 1496 \\ 136 & 1496 & 18496 \\ 1496 & 18496 & 243848 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22797,6 \\ 227295 \\ 2721502,41 \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas ini digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial dengan metode eliminasi *Gauss*, maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} a_0 &= 766,98 \\ a_1 &= 38,566 \\ a_2 &= 3,53 \end{aligned}$$

Regresi polinomial orde 2 dapat dinyatakan seperti persamaan di bawah dan hasil prediksi untuk tahun 2016 hingga 2021 dapat dilihat pada tabel 4.18.

$$y_i = 3,53x_i^2 + 38,566x_i + 766,98$$



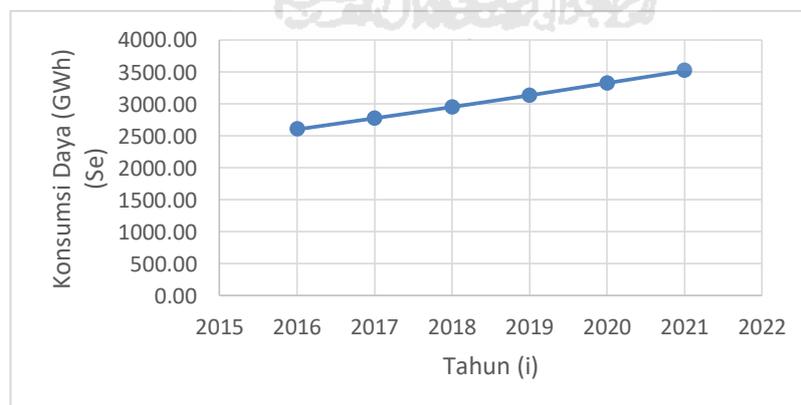
Gambar 4.15 Grafik konsumsi daya *trendline* polinomial orde 2

Gambar grafik di atas menunjukkan jika garis *trend* polinomial orde 2 cukup erat dengan pola plot data daya tersambung yang mengalami kenaikan dan penurunan.

Tabel 4.18 Hasil prediksi konsumsi daya tahun (2016-2021) menggunakan regresi polinomial orde 2

konsumsi Daya Regresi Polinomial Orde 2			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun
2016	18	2604,89	6%
2017	19	2774,06	6%
2018	20	2950,30	6%
2019	21	3133,60	6%
2020	22	3323,95	6%
2021	23	3521,37	6%
Rata-rata			6%

Tabel di atas adalah hasil prediksi konsumsi daya menggunakan regresi polinomial orde 2 dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 6%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.16 Grafik daya tersambung (2016-2021) menggunakan regresi polinomial orde 2

Berikut ini adalah hasil perhitungan prediksi jumlah pelanggan 1999 hingga 2014 menggunakan regresi polinomial orde 3 :

Tabel 4.19 Perhitungan matriks untuk mendapatkan persamaan polinomial orde 3  
konsumsi daya

Konsumsi Daya (GWh) (Se)										
i	xi	xi <sup>2</sup>	xi <sup>3</sup>	xi <sup>4</sup>	x <sup>5</sup>	x <sup>6</sup>	yi	xiyi	xi <sup>2</sup> yi	xi <sup>3</sup> yi
1999	1	1	1	1	1	1	755,26	755,26	755,26	755,26
2000	2	4	8	16	32	64	862,18	1724,36	3448,72	6897,44
2001	3	9	27	81	243	729	945,49	2836,47	8509,41	25528,23
2002	4	16	64	256	1024	4096	966,51	3866,04	15464,16	61856,64
2003	5	25	125	625	3125	15625	1098,61	5493,05	27465,25	137326,25
2004	6	36	216	1296	7776	46656	1130,83	6784,98	40709,88	244259,28
2005	7	49	343	2401	16807	117649	1244,41	8710,87	60976,09	426832,63
2006	8	64	512	4096	32768	262144	1343,32	10746,56	85972,48	687779,84
2007	9	81	729	6561	59049	531441	1355,59	12200,31	109802,79	988225,11
2008	10	100	1000	10000	100000	1000000	1481,58	14815,8	148158	1481580
2009	11	121	1331	14641	161051	1771561	1578,45	17362,95	190992,45	2100916,95
2010	12	144	1728	20736	248832	2985984	1705,94	20471,28	245655,36	2947864,32
2011	13	169	2197	28561	371293	4826809	1869,77	24307,01	315991,13	4107884,69
2012	14	196	2744	38416	537824	7529536	2043,76	28612,64	400576,96	5608077,44
2013	15	225	3375	50625	759375	11390625	2046,23	30693,45	460401,75	6906026,25
2014	16	256	4096	65536	1048576	16777216	2369,62	37913,92	606622,72	9705963,52
Jml	136	1496	18496	243848	3347776	47260136	22797,55	227294,95	2721502,41	35437773,85

Dengan :

i = tahun

xi = periode tahun

yi = data aktual (daya tersambung)

Untuk mendapatkan persamaan polinomial digunakan dua langkah, yang pertama dengan perhitungan matriks dan yang kedua menggunakan bantuan *microsoft excel*. Tabel 4.19 diubah ke dalam bentuk matrik 3.4 sehingga menghasilkan matrik sebagai berikut :

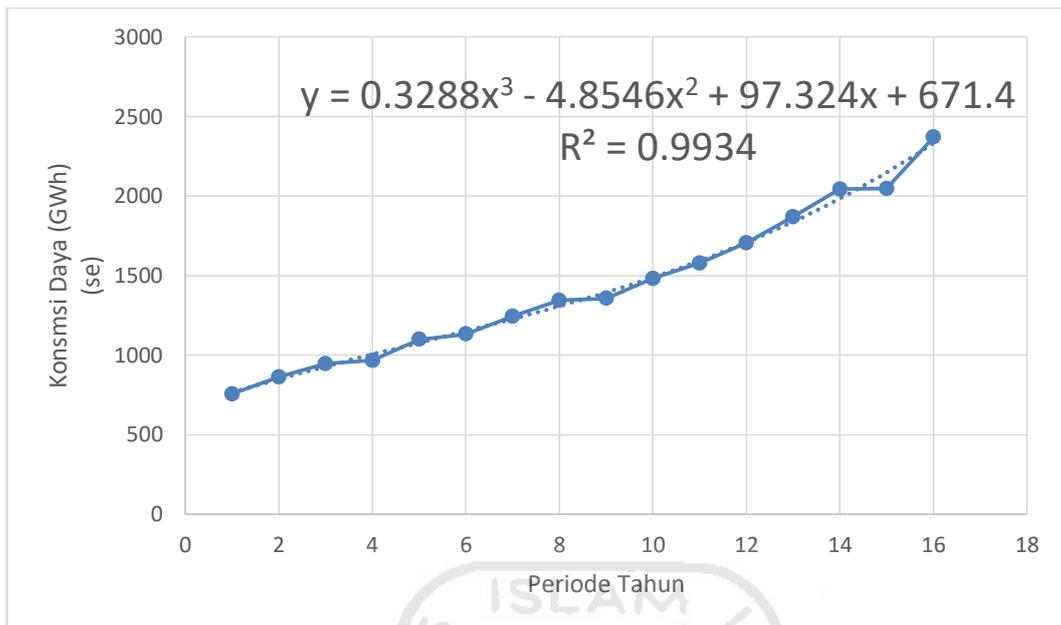
$$\begin{bmatrix} 16 & 136 & 1496 & 18496 \\ 136 & 1496 & 18496 & 243848 \\ 1496 & 18496 & 243848 & 3347776 \\ 18496 & 243848 & 3347776 & 47260136 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22797,55 \\ 227294,95 \\ 2721502,41 \\ 35437773,85 \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas ini digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi polinomial dengan metode eliminasi *Gauss*, maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} a_0 &= 671,4 \\ a_1 &= 97,324 \\ a_2 &= -4,8546 \\ a_3 &= 0,3288 \end{aligned}$$

Regresi polinomial orde 3 dapat dinyatakan seperti persamaan di bawah dan hasil prediksi untuk tahun 2016 hingga 2021 dapat dilihat pada tabel 4.20.

$$y_i = 0,3288x_i^3 - 4,8546x_i^2 + 97,324x_i + 671,4$$



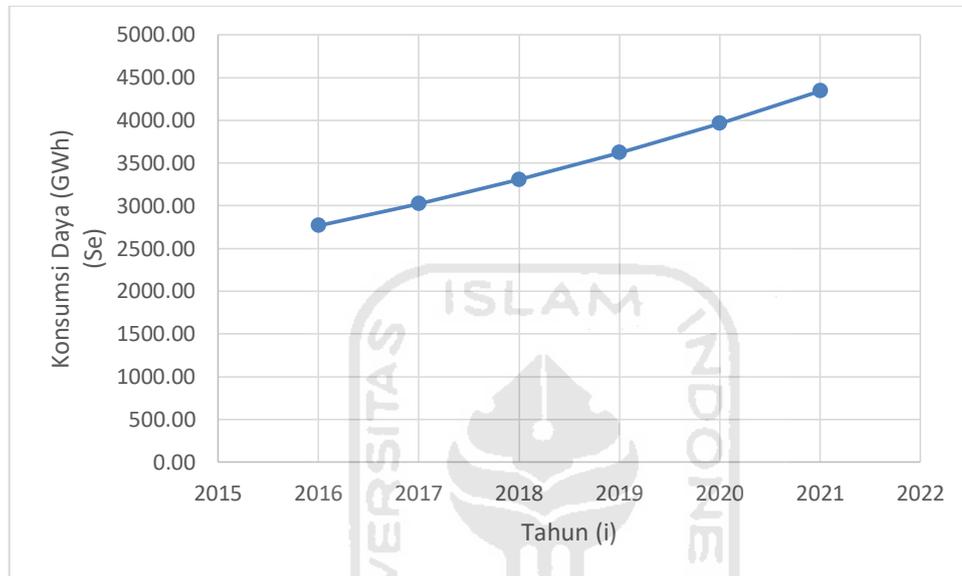
Gambar 4.17 Grafik konsumsi daya *trendline* polinomial orde 3

Gambar grafik di atas menunjukkan jika garis *trend* polinomial orde 3 cukup erat dengan pola plot data daya tersambung yang mengalami kenaikan dan penurunan.

Tabel 4.20 Hasil prediksi konsumsi daya tahun (2016-2021) menggunakan regresi polinomial orde 2

Konsumsi Daya Regresi Polinomial Orde 3			
Tahun (i)	Periode (xi)	Hasil Perhitungan (yi)	Kenaikan Per Tahun (%)
2016	18	2767,90	8
2017	19	3023,28	8
2018	20	3306,44	9
2019	21	3619,34	9
2020	22	3963,96	9
2021	23	4342,28	9
Rata-rata			9

Tabel di atas adalah hasil prediksi konsumsi daya menggunakan regresi polinomial orde 3 dimana dari tahun 2016 hingga 2021 rata-rata mengalami kenaikan per tahun jumlah pelanggan sebesar 9%. Gambar di bawah adalah grafik untuk menunjukkan peningkatan jumlah pelanggan dari tahun 2016 hingga 2021.



Gambar 4.18 Grafik daya tersambung (2016-2021) menggunakan regresi polinomial

orde 3

Berdasarkan hasil perhitungan konsumsi daya dengan regresi linier, polinomial orde 2 dan 3 bahwa konsumsi daya untuk regresi linier mengalami kenaikan 4%. Untuk regresi polinomial orde 2, orde 3 sebesar 6%, 9% yang setiap tahunnya cenderung meningkat seiring pertambahan periode waktu.

Tabel 4.21 Tabel tingkat *error* jumlah pelanggan

Tahun 2015	Uji Keakuratan Konsumsi Daya		
	Linier	Polinomial Orde 2	Polinomial Orde 3
Data Akurat	2482,14	2482,14	2482,14
Prediksi	2262,74	2442,77	2538,32
<i>Error</i>	8,84%	1,59%	2,26%

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa tingkat *error* regresi linier, polinomial orde 2 dan polinomial orde 3 menghasilkan nilai *error* masing-masing sebesar 8,84%, 1,59% dan 2,26%. Semakin kecil nilai *error* maka semakin erat atau rapat antara garis *trend* suatu regresi dengan plot data.

### 4.3 Analisis

Uji  $R^2$  atau uji koefisien determinasi merupakan ukuran yang penting dalam pengujian ini, karena dapat menginformasikan baik atau tidaknya model regresi yang terestimasi atau dengan kata lain angka tersebut dapat mengukur seberapa dekat garis tren dengan plot data yang digunakan. Jika nilai koefisien determinasi sama dengan 0 ( $R^2 = 0$ ) artinya variasi dari Y tidak dapat diterangkan oleh X. sementara jika  $R^2 = 1$  artinya variasi dari Y dapat diterangkan oleh X, dengan kata lain bila  $R^2 = 1$ , maka semua garis tren berada tepat dengan titik plot data yang digunakan. Dengan demikian baik atau buruknya suatu persamaan ditentukan oleh  $R^2$  nya yang mempunyai nilai antara nol hingga satu.

Nilai  $R^2$  dari persamaan polinomial pangkat 3, polinomial pangkat 5 dan linier adalah sebagai berikut :

#### 4.3.1 Uji Koefisien Determinasi Jumlah Pelanggan

Nilai  $R^2$  untuk regresi linier 0,964 sedangkan regresi polinomial orde 2 dan 3 0,9931 ; 0,9938. Dari hasil nilai yang di dapat dapat dijelaskan jika hubungan antara garis tren persamaan polinomial dengan plot data cukup erat.

Jika diamati Gambar grafik hasil perhitungan jumlah pelanggan tahun 1999-2014 menggunakan regresi linier, polinomial orde 2 dan 3. Untuk regresi linier bentuk garis tren hasil perhitungan dengan data jumlah pelanggan tidak begitu erat karena bentuk pola yang dihasilkan dari data aktual jumlah pelanggan tidak sejajar atau linier lain halnya dengan hasil perhitungan regresi polinomial orde 2 dan 3 masing-masing hasil perhitungan dengan data yang ada cukup erat (dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.3 dan Gambar 4.5).

#### 4.3.2 Uji Koefisien Determinasi Daya Tersambung

Nilai  $R^2$  untuk regresi linier 0,9586 sedangkan regresi polinomial orde 2 dan 3 0,9934 ; 0,9977. Dari hasil nilai yang di dapat dapat dijelaskan jika hubungan antara garis tren persamaan polinomial dengan plot data cukup erat.

Jika diamati Gambar grafik hasil perhitungan daya tersambung tahun 1999-2014 menggunakan regresi linier, polinomial orde 2 dan 3. Untuk regresi linier bentuk garis tren hasil perhitungan dengan data jumlah pelanggan tidak begitu erat karena bentuk pola yang dihasilkan dari data aktual daya tersambung tidak sejajar atau linier lain halnya dengan hasil perhitungan regresi polinomial orde 2 dan 3 masing-masing hasil perhitungan dengan data yang ada cukup erat (dapat dilihat pada Gambar 4.7, Gambar 4.9 dan Gambar 4.11).

#### 4.3.3 Uji Koefisien Determinasi Konsumsi Daya

Nilai  $R^2$  untuk regresi linier 0,9697 sedangkan regresi polinomial orde 2 dan 3 0,9905 ; 0,9934. Dari hasil nilai yang di dapat dapat dijelaskan jika hubungan antara garis tren persamaan polinomial dengan plot data cukup erat.

Jika diamati Gambar grafik hasil perhitungan konsumsi daya tahun 1999-2014 menggunakan regresi linier, polinomial orde 2 dan 3. Untuk regresi linier bentuk garis tren hasil perhitungan dengan data konsumsi daya tidak begitu erat karena bentuk pola yang dihasilkan dari data aktual jumlah pelanggan tidak sejajar atau linier lain halnya dengan hasil perhitungan regresi polinomial orde 2 dan 3 masing-masing hasil perhitungan dengan data yang ada cukup erat (dapat dilihat pada Gambar 4.13, Gambar 4.15 dan Gambar 4.17).

#### 4.3.4 Keterbatasan Peramalan Beban Listrik

Dalam melakukan peramalan (*forecasting*) hasil prediksi belum pasti akurat, karena hasil peramalan (dalam hal ini peramalan jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya mulai tahun (2016 hingga 2021) hanya sebatas prakiraan untuk PLN agar dapat memproyeksikan kebutuhan beban listrik beberapa tahun ke depan. Dalam prakiraan beban listrik hal yang terjadi selalu meningkatnya beban listrik untuk tahun-tahun berikutnya, namun pada kenyataannya tidak demikian. Pada kenyataannya kebutuhan beban listrik dapat mengalami penurunan, hal tersebut dalam terjadi karena beberapa faktor, misalkan karena TDL naik sehingga memaksa masyarakat untuk lebih berhemat dalam menggunakan listrik dirumah. Salah satu faktor yang mempengaruhi

meningkatnya beban listrik adalah pendapatan masyarakat yang meningkat sehingga menyebabkan kebutuhan perangkat elektronik untuk dirumah bertambah banyak. Contoh lainnya adalah cuaca, jika pada saat cuaca sangat panas maka masyarakat akan menggunakan pendingin ruangan dalam waktu cukup lama sehingga menyebabkan konsumsi daya listrik meningkat.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan untuk memprediksi beban listrik sektor rumah tangga di Provinsi D.I. Yogyakarta dari tahun 2016 s/d 2021, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Data yang tidak berpola atau tidak beraturan tetap dapat di cari kurva regresinya dengan regresi polinomial. Regresi linier tidak dapat digunakan untuk pola data yang tidak beraturan atau menyebar.
2. Rata-rata kenaikan per tahun dari tahun 2016 hingga 2021 dengan regresi linier, polinomial orde 2 &3 menggunakan metode *Curve Fit* pada jumlah pelanggan sebesar 3%, 4% dan 6%. Daya tersambung sebesar 4%, 6% dan 9% kemudian untuk konsumsi daya 4%, 6% dan 9%.
3. Nilai *error* prediksi jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi daya menggunakan metode *Curve Fit* meliputi regresi linier, regresi polinomial orde 2 & 3 sebesar 7,07%, 1,13% dan 0,13% untuk jumlah pelanggan, kemudian daya tersambung 12,32%, 3,43% dan 1,04%. Konsumsi daya 8,84%, 1,59% dan 2,26%.

## 5.2 Saran

Penelitian yang dilakukan penulis hanya menggunakan metode *curve fit trendline* polinomial saja. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa menggabungkan beberapa jenis *trendline*, seperti *exponential*, *linear*, *logarithmic*, *polinomial*, *power* dan *moving average*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ngakan Putu Satriya Utama, “prakiraan kebutuhan tenaga listrik Propinsi Bali sampai tahun 2018 dengan metode regresi berganda deret waktu” tahun 2007.
- [2] Syahrizal Agus Siregar, “studi prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2013-2017 wilayah Kota Padang Sidempuan dengan metode gabungan”, tahun 2013.
- [3] Antonov, “prakiraan dan analisa kebutuhan energi listrik Provinsi Sumatera Barat hingga tahun 2024 dengan metode analisis regresi linear berganda”, tahun 2015.
- [4] Aulida Khoir, ”Peramalan beban listrik jangka pendek menggunakan metode *Auto Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan Regresi Linear antara suhu dan daya listrik”, tahun 2011.
- [5] Kurniawan Fitrianto, “Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Pada PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) di Wilayah Kota Semarang Dengan Metode Gabungan”, tahun 2006.
- [6] Dheby Dicky, *Pencocokan Kurva (Curve Fitting)*, 2015.
- [7] Jonathan Sarwono, “Regresi Linier” tahun 2013.
- [8] Prof. Dr. Suryono, M. Si. “Analisis Regresi untuk Penelitian” tahun 2015.