

**MASTER PLAN PENGEMBANGAN KELISTRIKAN DAERAH  
Study Kasus Kelistrikan Daerah Kabupaten Temanggung**

Noviarni Parmadiyanti, NIM : L2F 000 624  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

**ABSTRAK** - Dalam Tugas Akhir ini akan disusun rencana pengembangan kelistrikan daerah Temanggung sebagai Pedoman bagi usaha penyediaan dan distribusi kelistrikan di Kabupaten Temanggung. Rencana pengembangan kelistrikan tersebut disusun dengan memperhatikan prakiraan kebutuhan tenaga listrik, prakiraan penyediaan tenaga listrik, penetapan jaringan transmisi nasional, kebijakan tarif dan subsidi, partisipasi swasta, listrik pedesaan dan kebijakan pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan.

Rencana pengembangan kelistrikan ini juga memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG). Pengembangan database dan SIG dalam jaringan PLN memungkinkan pemakai (user) mendapatkan informasi berdasarkan letak geografis. Hal ini sangat bermanfaat bagi tersedianya database untuk jaringan listrik. Dengan SIG, user memperoleh informasi lokal dimana suatu aset berada. Tanpa SIG, user tidak memperoleh gambaran secara visual akan lokasi suatu aset berada.

**I. PENDAHULUAN**

**1.1 Latar Belakang**

Energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat dibutuhkan bagi masyarakat modern. Peningkatan kebutuhan terhadap energi listrik tidak saja dipengaruhi oleh banyaknya penduduk di suatu wilayah, tetapi juga faktor aktifitas ekonomi penduduk yang terus meningkat. Semakin tinggi aktifitas ekonomi akan semakin besar kebutuhannya terhadap listrik. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, maka diperlukan suatu master plan pengembangan kelistrikan sebagai acuan untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik di waktu mendatang.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis membuat Master plan kelistrikan dengan mengambil lokasi daerah Kabupaten Temanggung. Dalam master Plan ini juga digunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan untuk mengatur berbagai informasi jaringan distribusi di atas sebuah peta geografi. Master Plan ini memuat perkiraan pertumbuhan beban pelanggan listrik dan pengembangan jaringan distribusi energi listrik sebagai usaha untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dalam waktu mendatang.

**1.1 Tujuan**

1. Memperkirakan keberlanjutan pasokan daya dan tenaga listrik untuk masyarakat dan dunia usaha di Kabupaten Temanggung.
- Membuat perangkat lunak yang dapat membantu mempermudah dalam menyajikan berbagai informasi

**II. GAMBARAN UMUM DAN PENGEMBANGAN SISTEM KETENAGALISTRIKAN**

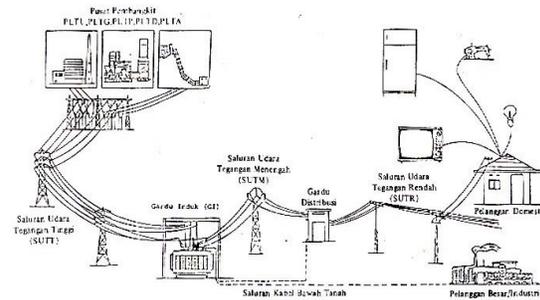
**2.1. Proses Penyaluran Tenaga Listrik**

Tenaga listrik dibangkitkan di pusat-pusat listrik kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*Step Up Transformer*). Saluran transmisi tegangan tinggi mempunyai tegangan 30 kV, 70 kV, 150 kV dan 500 kV.

Pada Gardu Induk (GI) diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*Step Down Transformer*)

menjadi tegangan menengah atau disebut juga tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 6 kV, 12 kV dan 20 kV. Kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah 380/220 V atau 220/127 V dan disalurkan melalui jaringan tegangan rendah (JTR) selanjutnya disalurkan ke pelanggan melalui sambungan rumah (SR).

proses penyaluran energi listrik dapat dilihat pada gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1 Proses penyaluran energi listrik

**2.2. Analisis Regresi**

Dalam analisa regresi ini kita akan menghubungkan dua jenis variabel, yaitu variabel pengaruh dan variabel tergantung. Variabel pengaruh diberi notasi X dan variabel tergantung diberi notasi Y. Jika variabel pengaruhnya lebih dari satu, maka kita sebut dengan  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Misalkan jika jumlah pelanggan listrik dengan pendapatan perkapita penduduk mempunyai hubungan yang signifikan, maka besarnya jumlah pelanggan listrik dapat diramalkan dari besarnya pendapatan perkapita penduduk.

**2.2.1. Regresi Linier**

Pola hubungan antara dua variabel bebas (dinotasikan X) dan tak bebas (dinotasikan Y) dikatakan linier jika besar perubahan nilai Y yang diakibatkan oleh perubahan nilai-nilai X adalah konstan. Sedangkan jika pola hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk grafik maka hubungan linier antara variabel X dan variabel Y akan tampak sebagai garis lurus.

**2.2.2 Regresi Linier Sederhana**

Pola hubungan antara variabel y dan x yang bersifat linier dan sederhana dapat dimodalkan dengan persamaan :

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i + \epsilon_i \quad \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- $b_0$  dan  $b_1$  merupakan parameter regresi yang nilainya belum diketahui.
- $b_0$  biasa dikenal dengan intersep, yaitu jarak dari titik asal (titik 0) ke titik perpotongan antara garis regresi dengan sumbu Y.
- $b_1$  merupakan koefisien arah (slope) atau koefisien regresi.
- $\epsilon_i$  merupakan galat (komponen sisa) yaitu penyebab variasi pada variabel tak bebas yang tidak dapat diterangkan oleh variabel penjelas.

### 2.2.3 Regresi Linier Berganda

Pada dasarnya untuk model regresi linier berganda hanyalah perluasan konsep dari regresi linier sederhana. Yaitu adanya lebih dari satu variabel penjelas, misalnya k variabel. Dalam model regresi linier berganda akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Y_i = b_1 + b_2 X_{2i} + \dots + b_j X_{ji} + \dots + b_k X_{ki} + \epsilon_i \quad \dots\dots(2)$$

dimana :

- i = 1,2,3,...,n
- b<sub>1</sub> = intersep (menunjukkan titik potong antara garis regresi dengan sumbu y)
- b<sub>2</sub>,...,b<sub>k</sub> = variabel penjelas atau koefisien regresi parsial untuk X<sub>1</sub>,...,X<sub>j</sub>,...,X<sub>k</sub>
- ε<sub>i</sub> = kesalahan pengganggu (galat)
- k = jumlah variabel penjelas dalam model
- n = jumlah pengamatan.

### 2.2.4 Regresi Linier Berganda dengan Pendekatan Matrik

Untuk memperkirakan parameter atau koefisien regresi parsial yang sebenarnya dengan pendekatan matrik dipergunakan persamaan (2) yang dinyatakan dalam bentuk matrik menjadi sebagai berikut :

$$\underline{Y} = \underline{X} \underline{b} + \underline{\epsilon} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_i \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{2i} & \dots & X_{ji} & \dots & X_{ki} \\ 1 & X_{22} & \dots & X_{j2} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{2i} & \dots & X_{ji} & \dots & X_{ki} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{2n} & \dots & X_{jn} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_j \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_i \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} \underline{Y} & & \underline{X} & & \underline{b} & & \underline{\epsilon} \\ (n \times 1) & & (n \times k) & & (k \times 1) & & (n \times 1) \end{matrix} \quad \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- X<sub>1i</sub> = 1 untuk semua i, merupakan kolom pertama matrik X.
- i menunjukkan nilai observasi ke i, i = 1, 2, ..., n.
- j menunjukkan variabel ke j, j = 2, 3, 4, ..., k.
- b merupakan vektor kolom dengan k komponen, sebagai pemeriksa dari koefisien regresi parsial
- ε merupakan vektor kolom dengan n komponen, yaitu vektor kesalahan pengganggu.

Seperti halnya pada regresi linier sederhana maupun regresi linier berganda, didalam model k variabel pemeriksa OLS (*Ordinary Least Square*) diperoleh dengan membuat  $\sum \epsilon_i^2$  minimum yaitu :

$$\sum \epsilon_i^2 = \sum (Y_i - b_1 - b_2 X_{2i} - \dots - b_k X_{ki})^2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

$\sum \epsilon_i^2$  = jumlah kuadrat kesalahan pengganggu.

Dengan notasi matrik, hal ini sama dengan membuat minimum  $\underline{\epsilon}'\underline{\epsilon}$ , sebab

$$\begin{aligned} \underline{\epsilon}'\underline{\epsilon} &= [\epsilon_1 \quad \epsilon_2 \quad \dots \quad \epsilon_i \quad \dots \quad \epsilon_n] \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_i \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix} \\ &= \epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \dots + \epsilon_i^2 + \dots + \epsilon_n^2 = \sum \epsilon_i^2 \quad \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

Dari persamaan (3) diperoleh :

$$\underline{\epsilon} = \underline{Y} - \underline{X} \underline{b} \quad \dots\dots\dots(7)$$

Maka

$$\begin{aligned} \underline{\epsilon}'\underline{\epsilon} &= (\underline{Y} - \underline{X} \underline{b})' (\underline{Y} - \underline{X} \underline{b}) \\ \underline{\epsilon}'\underline{\epsilon} &= \underline{Y}' \underline{Y} - 2 \underline{b}' \underline{X}' \underline{Y} + \underline{b}' \underline{X}' \underline{X} \underline{b} \quad \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

Berdasarkan sifat dari transpose matrik, yaitu  $(\underline{X} \underline{b})' = \underline{b}' \underline{X}'$  dan karena  $\underline{b}' \underline{X}' \underline{Y}$  adalah bilangan nyata, maka  $\underline{b}' \underline{X}' \underline{Y}$  sama dengan transposenya  $\underline{Y}' \underline{X}' \underline{b}$ .

Dalam notasi tanpa matrik, metode kuadrat terkecil biasa (OLS) bertujuan untuk memperkirakan b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, ... ,b<sub>k</sub> sedemikian rupa sehingga  $\sum \epsilon_i^2 = \text{minimum}$  (terkecil). Hal ini diperoleh dengan jalan menurunkan secara parsial terhadap b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, ... ,b<sub>j</sub>, ... , b<sub>k</sub> dan menyamakan nol.

Proses penurunan parsial menghasilkan persamaan simultan juga disebut persamaan normal, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} n b_1 + b_2 \sum X_{2i} + \dots + b_j \sum X_{ji} + \dots + b_k \sum X_{ki} &= \sum Y_i \\ b_1 \sum X_{2i} + b_2 \sum X_{2i}^2 + \dots + b_j \sum X_{2i} X_{ji} + \dots + b_k \sum X_{2i} X_{ki} &= \sum X_{2i} Y_i \\ \vdots & \\ b_1 \sum X_{ji} + b_2 \sum X_{ji} X_{2i} + \dots + b_j \sum X_{ji}^2 + \dots + b_k \sum X_{ji} X_{ki} &= \sum X_{ji} Y_i \\ \vdots & \\ b_1 \sum X_{ki} + b_2 \sum X_{ki} X_{2i} + \dots + b_j \sum X_{ki} X_{ji} + \dots + b_k \sum X_{ki}^2 &= \sum X_{ki} Y_i \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Bentuk persamaan matrik menjadi :

$$\begin{bmatrix} n & \sum X_{2i} & \dots & \sum X_{ji} & \dots & \sum X_{ki} \\ \sum X_{2i} & \sum X_{2i}^2 & \dots & \sum X_{2i} X_{ji} & \dots & \sum X_{2i} X_{ki} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum X_{ji} & \sum X_{ji} X_{2i} & \dots & \sum X_{ji}^2 & \dots & \sum X_{ji} X_{ki} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum X_{ki} & \sum X_{ki} X_{2i} & \dots & \sum X_{ki} X_{ji} & \dots & \sum X_{ki}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_j \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_{2i} Y_i \\ \vdots \\ \sum X_{ji} Y_i \\ \vdots \\ \sum X_{ki} Y_i \end{bmatrix}$$

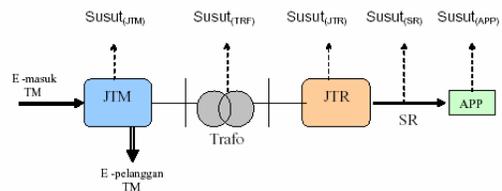
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2i} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{j1} & X_{j2} & \dots & X_{ji} & \dots & X_{jn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{k1} & X_{k2} & \dots & X_{ki} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_i \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} X' = \text{transpose matrik} \\ \underline{X}' \quad \underline{Y} \end{matrix} \quad \dots\dots\dots(10)$$

atau dapat dituliskan :

$$(\underline{X}' \underline{X}) \underline{b} = \underline{X}' \underline{Y} \quad \dots\dots\dots(11)$$

### 2.4.1. Perhitungan Susut Energi Listrik

Aliran energi pada jaringan distribusi energi listrik dimodelkan seperti gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Pemodelan Aliran Energi Jaringan Distribusi

Dalam bentuk persamaan matematis susut energi pada suatu komponen sistem tenaga listrik dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sederhana, yaitu :

$$P_e = I^2 R \quad \dots\dots\dots(6)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi susut energi jaringan distribusi listrik adalah sebagai berikut :

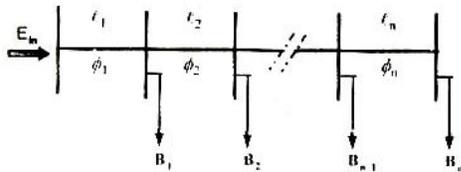
1. Volume saluran / peralatan dan komponen jaringan distribusi sangat besar dan sangat bervariasi dalam kapasitas maupun ukuran fisiknya.
2. Beraneka ragamnya karakteristik beban yang dilayani.
3. Besarnya resistansi yang sangat dominan dalam mempengaruhi susut energi.

Persamaan susut jaringan distribusi energi listrik ditunjukkan dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Susut(Dist)} = \text{Susut(JTM)} + \text{Susut(TRF)} + \text{Susut(JTR)} \quad \dots\dots\dots(7)$$

### 2.4.1.1 Perhitungan Susut Energi JTM dan JTR

Jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah dimodelkan seperti pada gambar 3 sebagai berikut :

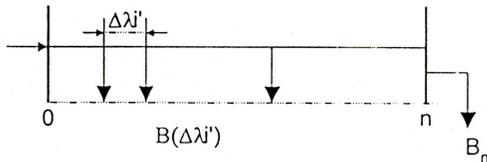


Gambar 3. Model saluran JTM dan JTR

dimana :

- $L_i$  = panjang saluran yang berpenampang  $\phi_i$
- $B_i$  = beban kumulatif dari saluran yang berpenampang  $\phi_i$

Bila setiap segmen saluran menggunakan penampang yang sama  $\phi_i = \phi_1$  maka model pada gambar 3 ditransformasikan menjadi model saluran seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Model saluran dengan beban terdistribusi merata

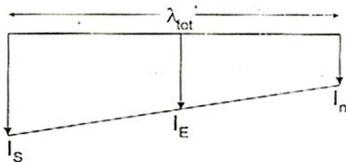
Beban diasumsikan terdistribusi merata sepanjang saluran, sehingga digunakan persamaan :

$$B_{(\Delta L_i)} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i - B_n}{L_{tot}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

$$L_{tot} = \sum_{i=1}^n L_i \quad \dots\dots\dots(9)$$

Distribusi arus yang lewat pada model dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5. Distribusi arus pada model saluran dengan beban terdistribusi merata

dimana :

- $I_s$  = arus masukan dari saluran yang mempresentasikan seluruh arus beban dari saluran
- $I_n$  = arus pada ujung saluran yang diproporsionalkan dengan besarnya beban ( $B_n$ ) di ujung saluran
- $I_E$  = arus ekuivalen pada model, dimana :

$$I_E^2 = \left( \frac{I_s^2 + I_n^2 + I_s \cdot I_n}{3} \right) \dots\dots\dots(10)$$

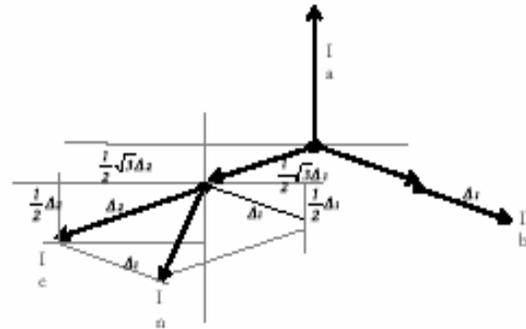
Dan susut energi pada saluran beban merata dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$E_{susut(L)} = \int_0^L (I_{E(t)}^2 \cdot r_i) \cdot L_{tot} dt \quad \dots\dots\dots(11)$$

dimana :

- $r_i$  = resistansi saluran

Pendistribusian arus pada jaringan tegangan menengah tiga fasa seringkali mempunyai nilai yang berbeda untuk tiap-tiap fasanya dikarenakan adanya beban yang tidak seimbang. Kondisi tersebut mengakibatkan saluran netral teraliri arus, sehingga susut pada jaringan dipengaruhi oleh besarnya arus yang mengalir tersebut. Kondisi beban yang tidak seimbang dimodelkan seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Pemodelan jaringan distribusi dengan beban tidak seimbang

Dari gambar 6 diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} |I_a| &= |I_a| \\ |I_b| &= |I_a| + |\Delta_1| \\ |I_c| &= |I_a| + |\Delta_2| \\ \overline{I_n} &= \overline{I_a} + \overline{I_b} + \overline{I_c} \\ \overline{I_n} &= \overline{\Delta_1} + \overline{\Delta_2} \\ |I_n|^2 &= \left( \frac{1}{2}\sqrt{3}\Delta_2 - \frac{1}{2}\sqrt{3}\Delta_1 \right)^2 + \left( \frac{1}{2}\Delta_1 - \frac{1}{2}\Delta_2 \right)^2 \\ |I_n|^2 &= \frac{3}{4}(\Delta_2 - \Delta_1)^2 + \frac{1}{4}(\Delta_1 - \Delta_2)^2 \\ |I_n|^2 &= \frac{3}{4}(\Delta_2^2 - 2\Delta_1\Delta_2 + \Delta_1^2)^2 + \frac{1}{4}(\Delta_1^2 + 2\Delta_1\Delta_2 + \Delta_2^2)^2 \\ |I_n|^2 &= \Delta_1^2 - \Delta_1\Delta_2 + \Delta_2^2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(12)$$

dari persamaan (12) tersebut diatas, besarnya susut energi pada saluran beban tidak seimbang dapat ditentukan dengan persamaan (13) dibawah ini.

$$\begin{aligned} S &= (I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) R + I_n^2 \cdot R_n \\ S &= (I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) R + (\Delta_1^2 - \Delta_1\Delta_2 + \Delta_2^2) \cdot R_n \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

- $I_a$  = arus phasa a
- $I_b$  = arus phasa b
- $I_c$  = arus phasa c
- $I_n$  = arus netral
- $R_n$  = resintansi penghantar phasa

### 2.4.1.2 Perhitungan Susut Trafo Distribusi

Pembebanan trafo distribusi berpengaruh besar pada susut energi, oleh karena itu dalam upaya menurunkan susut energi, perlu dicermati pembebanan trafo disetiap gardu distribusi di sepanjang penyulang TM.

Susut trafo terdiri dari susut besi  $P_{fe}$  dan susut tembaga  $P_{cu}$ . Persamaan untuk mencari susut trafo adalah :

$$P_T = (P_{fe} + P_{cu}) \times L_S F \times F_{kor} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

- $P_{fe}$  = Susut besi
- $P_{cu}$  = Susut tembaga
- $L_S F$  = Susut trafo ( $L_S F = 0,3 LF + 0,7 LF^2$ )
- $F_{kor}$  = Faktor koreksi
- $t$  = Periode waktu pengamatan

## III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

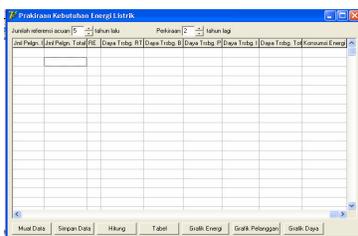
### 3.2. Menu Prakiraan Kelistrikan

#### 3.2.1. Form Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik

Form ini digunakan untuk menghitung prakiraan kebutuhan energi listrik di Temanggung untuk waktu mendatang, dimana parameter waktu yang digunakan adalah tahun. Kebutuhan energi listrik yang akan dihitung adalah berdasarkan data statistik dan ekonomi sebagai berikut :

1. Jumlah Penduduk
2. Jumlah Rumah Tangga
3. PDRB (Pendapatan Domestik Regional Bruto)
4. Jumlah Pelanggan (Rumah Tangga, Industri, Bisnis, Publik)
5. Rasio Elektrifikasi (RE)
6. Daya Tersambung (Rumah Tangga, Industri, Bisnis, Publik)
7. Konsumsi Energi

Tampilan form prakiraan kebutuhan energi listrik ini terlihat pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Form Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik

#### 3.2.2. Form Prakiraan Kebutuhan Jaringan Distribusi

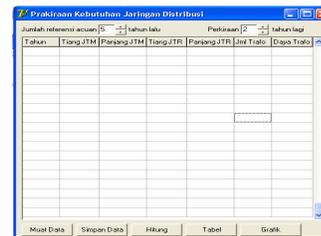
Prakiraan kebutuhan jaringan distribusi energi listrik di daerah Kabupaten Temanggung ini meliputi :

- a. Prakiraan Jaringan Tegangan Menengah (JTM)
  - Perhitungan panjang jaringan (kms)
  - Perhitungan jumlah tiang JTM
- b. Prakiraan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)
  - Perhitungan panjang jaringan (kms)
  - Perhitungan jumlah tiang JTR

#### c. Prakiraan Trafo Distribusi.

- Perhitungan jumlah trafo distribusi
- Perhitungan kapasitas daya (kVA)

Tampilan form prakiraan kebutuhan jaringan distribusi listrik dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini.

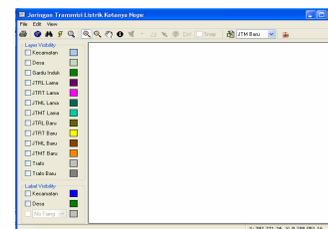


Gambar 8. Form Prakiraan Kebutuhan Jaringan Distribusi

### 3.3.1. Form Utama

Form Informasi jaringan listrik terdiri dari satu form utama dan beberapa form bantu. Form utama merupakan form dasar yang mengkoordinasi form-form lainnya dan merupakan tempat utama program bekerja, dan form-form lainnya hanya membantu mempermudah pekerjaan pada form utama

Gambar 9 merupakan tampilan form utama informasi jaringan listrik dimana sebagian besar dari form merupakan peta yang memanfaatkan aplikasi *MapObjects2*.



Gambar 9 Form Utama Informasi Jaringan Listrik

*Layers* merupakan gabungan dari layer-layer yang tersusun rapi dan membentuk suatu pola. Layer adalah file data yang akan diolah dan merupakan objek dari pemetaan. Pada program ini digunakan delapan data (layer), yaitu :

1. layer kecamatan
2. layer desa
3. layer gardu induk
4. layer kawat JTM
5. layer tiang JTM
6. layer kawat JTR
7. layer tiang JTR
8. layer trafo distribusi

#### 3.3.2. Menampilkan data

Pada proses identifikasi data perlu adanya fasilitas untuk mengatur layer mana yang diperlukan (akan ditampilkan) dan layer mana yang tidak diperlukan (tidak ditampilkan).

#### 3.3.3. Memperbesar Peta (*Zoom In*)

Salah satu kelebihan peta digital dalam sistem informasi geografis adalah bahwa peta bersifat fleksibel artinya peta dapat diperbesar (*Zoom In*) dengan nilai perbesaran sangat tinggi, dengan tidak merubah susunan dan struktur dari kesatuan peta. Pembesaran peta sangat bermanfaat untuk melihat secara detail gambaran suatu lokasi.

#### 3.3.4. Memperkecil Peta (*Zoom Out*)

Setelah peta diperbesar, memperkecil peta (*Zoom Out*) menjadi hal yang penting untuk memberikan pandangan yang lebih luas guna melihat sisi peta yang lain.

### 3.3.5. Full Extent

*Full Extent* merupakan suatu istilah di mana seluruh bagian objek peta terlihat pada *Map1*. Setelah melakukan Pembesaran (*Zoom In*) maka tidak semua bagian peta, bahkan hanya sebagian kecil dari peta yang terlihat, untuk mengembalikan agar seluruh bagian peta terlihat (*full extent*) pada *Map1*

### 3.3.6. Geser peta (Pan)

Pada saat skala Pembesaran peta pada *Map1* lebih besar dari 1, atau di mana *Map1* hanya menampilkan sebagian peta, diperlukan fasilitas untuk menggeser peta guna melihat bagian yang lain dengan skala tetap.

### 3.3.7. Memunculkan Label

Pemunculan label (ID) pada objek peta merupakan suatu hal yang sangat berguna dan membantu untuk melihat objek secara detail.

### 3.3.8. Modifikasi Data (Edit Tool)

Pada program ini disediakan fasilitas dari mulai penambahan data, perubahan atribut data, penghapusan data dan penyimpanan hasil perubahan data baik data spasial maupun data aspasial.

Dalam fasilitas edit tools ini terdapat beberapa komponen sesuai dengan fungsinya, yaitu :

- Tool Button titik  
Digunakan untuk membuat titik baru
- Tool Button garis  
Digunakan untuk membuat garis baru
- Tool Button klik  
Digunakan untuk mengaktifkan data
- Tool Button hapus  
Digunakan untuk menghapus titik dan garis
- Tool Button info  
Digunakan untuk melihat dan mengedit informasi yang terdapat dalam data titik dan garis.
- Check Box Snap  
Digunakan untuk menggambar titik atau garis tepat diatas titik atau garis yang sudah ada

### 3.3.9. Pencarian Data (Query)

Banyaknya jumlah data jaringan listrik di Daerah Kabupaten Temanggung menuntut adanya cara untuk memudahkan pendataan. Data jaringan listrik di Daerah Kabupaten Temanggung yang ditampilkan berupa data JTM, JTR dan trafo distribusi. Untuk melihat informasi data tertentu akan mengalami kesulitan tanpa adanya fasilitas yang mempermudah dalam pencarian data. Pada program ini tersedia fasilitas pencarian data yang disebut *query*.

### 3.3.10. Identifikasi Data

Untuk mengetahui informasi suatu data dari objek yang tampak, program harus dapat menyediakan fasilitas identifikasi (*identify*) data. Perintah *identify* akan dieksekusi pada saat mengklik data yang diinginkan.

### 3.3.11. Menghitung Susut Energi

Program ini juga dapat digunakan untuk menghitung susut energi pada jaringan distribusi listrik. Dengan adanya fasilitas untuk menghitung susut energi, dapat diketahui besarnya energi yang terbuang dari gardu induk ke konsumen. Untuk menghitung besarnya susut energi total pada jaringan distribusi digunakan persamaan (7).

Untuk menghitung susut energi di jaringan tegangan menengah dan tegangan rendah digunakan persamaan (13). Sedangkan untuk menghitung susut energi pada trafo distribusi digunakan persamaan (14)

### 3.3.12. Scan Data Jaringan Distribusi Baru

Setelah dilakukan perhitungan perkiraan kebutuhan jaringan distribusi energi listrik, maka hasilnya akan diplot berupa layer jaringan distribusi baru yang terdiri dari JTM, JTR dan trafo distribusi. Layer-layer tersebut akan dimunculkan sesuai dengan tahun yang diinginkan.

## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA PROGRAM

### 4.1. Kelistrikan di Daerah Kabupaten Temanggung

Secara administratif pelayanan tenaga listrik di Kabupaten Temanggung berada dalam wewenang PLN Distribusi Jawa Tengah dan DIY, Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Magelang. Pelaksanaannya dikelola oleh 2 Unit Pelayanan Jaringan (UPJ), yaitu :

- UPJ Temanggung
- UPJ Parakan

#### 4.1.1. Sumber Daya

Kebutuhan tenaga listrik di Kabupaten Temanggung disuplai oleh 2 Gardu Induk (GI), yaitu GI Secang dan GI Temanggung. Untuk melayani dan mencukupi kebutuhan tenaga listrik pada masa mendatang dibuat Master Plan untuk mengetahui kebutuhan tenaga listrik di Kabupaten Temanggung.

Tabel 1 menunjukkan kapasitas GI dan feeder yang mensuplai energi listrik di Kabupaten Temanggung.

Tabel 1. GI dan Feeder yang mensuplai energi listrik di Kabupaten Temanggung

Gardu Induk	Feeder	Kapasitas
GI Secang	SCG 01	30 MVA
	SCG 02	16 MVA
GI Temanggung	TMG 01	30 MVA

#### 4.1.2. Jaringan Primer

Jaringan primer ini merupakan jaringan dari sisi sekunder GI ke trafo-trafo distribusi. Jaringan primer biasa disebut juga jaringan tegangan menengah (JTM). Jaringan tegangan menengah di Kabupaten Temanggung menggunakan kawat hantaran udara. Sistem tegangan yang digunakan tegangan 20 kV.

#### 4.1.3. Jaringan Sekunder

Jaringan sekunder atau jaringan tegangan rendah (JTR) di Kabupaten Temanggung menggunakan kawat hantaran udara AAAC. Sistem tegangan yang digunakan adalah 220/380 V.

#### 4.1.4. Konsumen Listrik

Secara administratif wilayah Daerah Kabupaten Temanggung dibagi menjadi 20 Kecamatan. Daerah Kabupaten Temanggung memiliki profil komposisi pengguna jasa listrik dari PT PLN (persero) sebagai berikut : sebagian besar pelanggan listrik yakni 97.58% adalah rumah tangga, sedangkan sektor bisnis sebesar 1.21%, sektor publik sebesar 1.17% dan sektor industri sebesar 0,31%.

## 4.2. Prakiraan Kelistrikan

### 4.2.1. Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik

Untuk membuat prakiraan kebutuhan energi listrik digunakan analisa regresi linier, dimana data-data dari tahun sebelumnya merupakan variabel  $X_i$  untuk membuat prakiraan tahun selanjutnya,  $Y_i$ . Variabel  $X_i$  disesuaikan dengan pengaruh statistik terhadap  $Y_i$ . Dari persamaan 2 diperoleh hubungan statistik sebagai berikut :

a. Jumlah Penduduk (Y)

Variabel ( $X_i$ ) : tahun ( $X_1$ )

$$Y = b_0 + X_1 b_1$$

b. Jumlah Rumah Tangga (Y)

Variabel ( $X_i$ ) : tahun ( $X_1$ ), jumlah penduduk ( $X_2$ )

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

c. PDRB (Produk Domestik Regional Bruto)

Variabel ( $X_i$ ) : tahun ( $X_1$ ), jumlah penduduk ( $X_2$ )

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

d. Jumlah Pelanggan

Variabel ( $X_i$ ) : tahun ( $X_1$ ), jumlah penduduk ( $X_2$ ), PDRB ( $X_3$ )

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2 + X_3 b_3$$

e. Daya Tersambung

Variabel ( $X_i$ ) : tahun ( $X_1$ ), jumlah pelanggan ( $X_2$ ), RE ( $X_3$ )

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2 + X_3 b_3$$

f. Konsumsi Energi

Variabel ( $X_i$ ) : tahun ( $X_1$ ), jumlah penduduk ( $X_2$ ), daya tersambung ( $X_3$ )

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2 + X_3 b_3$$

### 4.2.2. Prakiraan Kebutuhan Jaringan Distribusi

Variabel  $X_i$  yang digunakan untuk membuat prakiraan kebutuhan jaringan distribusi antara lain adalah sebagai berikut :

- Daya Tersambung ( $X_1$ )
- Konsumsi Energi ( $X_1$ )

Dari persamaan 2 diperoleh hubungan statistik sebagai berikut :

a. Jumlah tiang JTM

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

b. Panjang JTM (dalam kms)

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

c. Jumlah tiang JTR

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

d. Panjang JTR (dalam kms)

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

e. Jumlah trafo distribusi

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

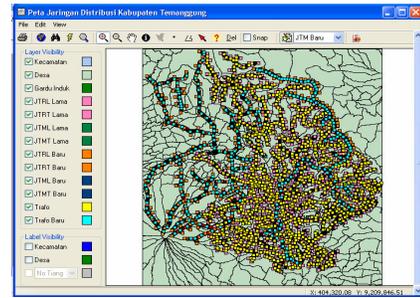
f. Kapasitas trafo distribusi (kVA)

$$Y = b_0 + X_1 b_1 + X_2 b_2$$

## 4.3. Proses Pemetaan Jaringan Distribusi

### 4.3.1. Menampilkan Data

Data yang akan dimunculkan pada peta jaringan distribusi energi listrik Kabupaten Temanggung terdiri dari dua bagian yaitu data peta Kabupaten Temanggung dan data Jaringan Distribusi Energi Listrik.. Masing-masing data diolah dalam Map1 dalam bentuk *layer* dan terpisah satu sama lain, apabila semua data digabungkan maka akan terbentuk suatu pola yang tidak berubah, seperti gambar 10 berikut:



Gambar 10. Peta Kabupaten Temanggung

Gambar 10 memperlihatkan peta yang kompleks dan bermacam-macam warna. Setiap layer (data) diwakili satu warna, itu memperlihatkan bahwa peta di atas merupakan gabungan dari semua data yang digunakan.

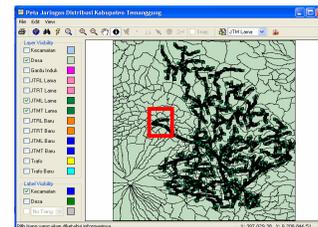
Untuk mempermudah menganalisis data penerangan jalan umum maka disediakan fasilitas layer visibility untuk menghilangkan dan menambahkan layer serta mengubah warna pada peta.



Gambar 11 Form Layer Visibility

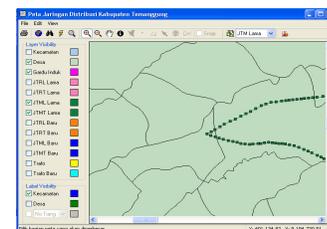
### 4.3.2. Zoom In, Geser dan Zoom Out pada Peta

Zoom In (pembesaran) pada peta, sangat diperlukan untuk melihat suatu daerah secara rinci dan detail. Zoom In dapat dilakukan dengan menggunakan fasilitas yang telah disediakan. Cara kerja fasilitas ini cukup sederhana, daerah yang ingin dilihat secara detail diberi kotak seperti gambar berikut. Kotak dihasilkan dengan *men-drag mouse* pada peta.



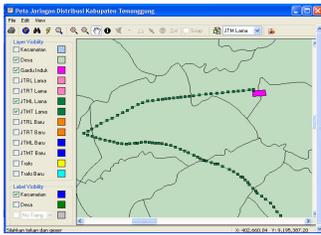
Gambar 12 Memilih daerah yang akan diperbesar

Setelah *drag* pada *mouse* dilepas maka peta menjadi tampak lebih besar dimana kotak yang telah dibuat menjadi sisi-sisi permukaan peta, seperti gambar 13 berikut.



Gambar 13 Tampilan hasil pembesaran

Pada saat peta diperbesar maka sebagian daerah tidak bisa dilihat, untuk melihat peta yang tidak terlihat tersebut dapat menggunakan pasilitas geser yang disebut *pan*. Apabila peta pada gambar 13 di geser ke kiri maka hasilnya pada gambar 14.



Gambar 14 hasil Pergeseran

Untuk memperkecil peta dapat menggunakan fasilitas Zoom Out dan prosesnya sama seperti Zoom In

#### 4.3.3. Modifikasi Data

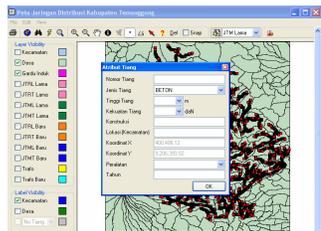
Tersedianya fasilitas modifikasi data, akan memudahkan untuk merubah baik itu menambah, menghapus bahkan merubah informasi pada data. Fasilitas modifikasi data dilengkapi dengan tools (Edit Tools) yang memiliki fungsi tersendiri.



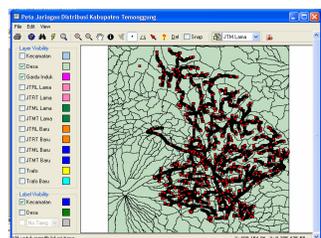
Gambar 15. Edit Tools

Tool titik digunakan untuk menggambar titik yang mewakili tiang, tool garis digunakan untuk menggambar garis yang menghubungkan antar tiang. Tool panah digunakan untuk memilih (selecting) data, tool identify (yang bersimbol tanda tanya) digunakan untuk memasukan data aspasial pada data dan tool Del digunakan untuk menghapus data yang terpilih (selected).

Misal pada peta gambar 12 akan ditambahkan 1 tiang, maka pada saat kita meletakkan kursor titik pada peta akan muncul form atribut tiang yang berfungsi untuk memasukan data atribut tiang yang akan ditambahkan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 16. Setelah data atribut tiang dimasukkan dan button OK ditekan, maka akan ditampilkan titik baru pada peta seperti pada gambar 17.

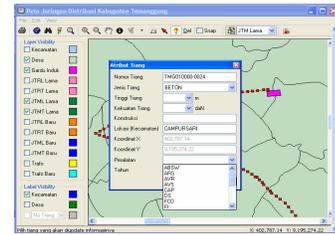


Gambar 16. Tampilan atribut tiang saat penambahan data



Gambar 17. Tampilan pada peta hasil penambahan data

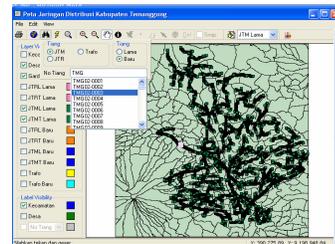
Sedangkan jika ingin merubah data atribut tiang maupun jaringan, maka digunakan tool info. Misal untuk merubah data atribut tiang, ketika tiang yang akan dirubah datanya diklik maka akan muncul form atribut tiang. Form ini dapat digunakan untuk menambah maupun merubah atribut tiang tersebut. Tampilan form atribut tiang seperti pada gambar di bawah ini.



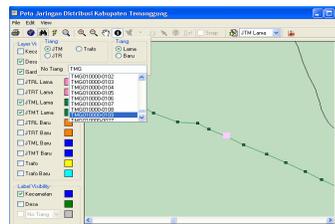
Gambar 18. Tampilan Form Atribut Tiang

#### 4.3.4. Query

Fasilitas Query (Pencarian data) sangat membantu untuk menemukan posisi data serta atributnya (data aspasial). Untuk mengetahui informasi data dan letak tiang, digunakan tool queri yang diberi simbol teropong. Ketika tool queri diexecute, maka akan muncul box pilihan data yang akan dicari. Data akan dicari berdasarkan nomer tiang yang dimasukkan. Data akan ditampilkan berkedip dan setelah mengklik dua kali data yang dicari, maka tampilannya akan ditempatkan pada tengah peta utama seperti pada gambar 19.



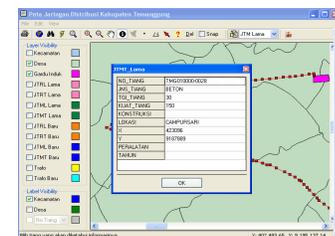
Gambar 19 Tampilan hasil Query pada saat diklik



Gambar 20 Tampilan hasil Query setelah double klik

#### 4.3.5. Identifikasi Data

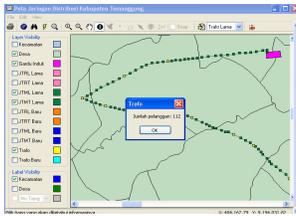
Identifikasi data tidak jauh berbeda dengan pencarian data, sama-sama berfungsi untuk melihat informasi suatu data, tapi identifikasi data memiliki proses yang lebih sederhana yaitu hanya dengan mengklik data (titik) yang ingin diketahui informasinya. Misalnya bila salah satu tiang di-klik (ingin melihat informasinya) maka akan ditampilkan informasi seperti pada gambar 21.



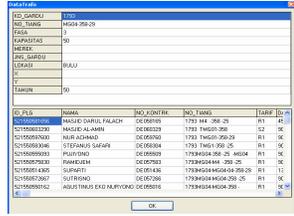
Gambar 21. Tampilan hasil Identifikasi data

Khusus untuk identifikasi data trafo distribusi akan ditambahkan form informasi jumlah dan data pelanggan (ID, nama, alamat,

daya kontrak, nomer tiang, tarif) yang disuplai oleh trafo distribusi tersebut.. Tampilan form-form tersebut dapat dilihat pada gambar 22.



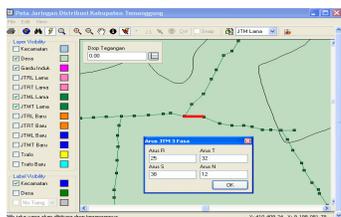
Gambar 22. Tampilan Identifikasi Trafo



Gambar 23. Tampilan Form Jumlah Pelanggan Trafo

### 4.3.6. Menghitung Susut Energi Jaringan Distribusi

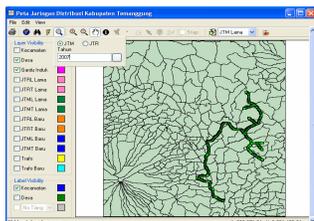
Dalam Tugas akhir ini, perhitungan susut jaringan distribusi ditampilkan dalam pemetaan jaringan distribusi. Tampilan dari fasilitas perhitungan susut energi dapat dilihat pada gambar 24 di bawah ini.



Gambar 24. Tampilan Perhitungan susut energi

### 4.3.7. Scan Data Jaringan Baru

Data jaringan distribusi baru ditampilkan dalam peta jaringan distribusi sesuai dengan tahun yang akan ditampilkan. Untuk menampilkan data jaringan tahun yang lebih baru, maka data tahun sebelumnya juga akan ikut ditampilkan. Tampilan scan data jaringan baru dapat dilihat pada gambar 25 dibawah ini

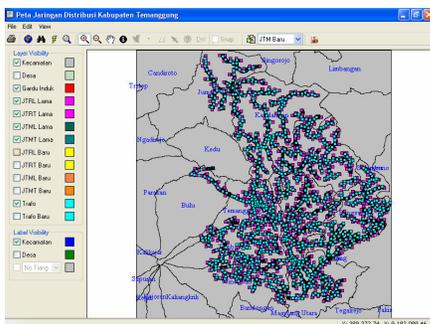


Gambar 25. Tampilan Data Jaringan Tahun 2007

## 4.4. Pemetaan Pengembangan Jaringan Distribusi

### 4.4.1. Pengembangan Daerah Beban

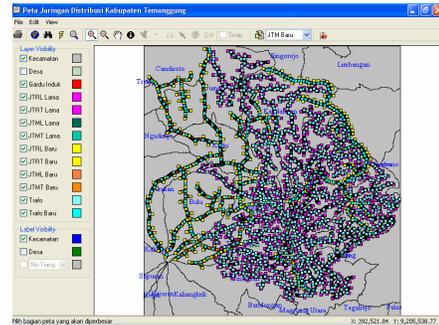
Jaringan distribusi di daerah Kabupaten Temanggung sampai tahun 2003 dipetakan pada gambar 26.



Gambar 26. Peta jaringan distribusi sampai tahun 2003

Dari peta pada gambar 26 diatas dapat diketahui jaringan distribusi energi listrik dari masing-masing kecamatan. Ada daerah yang mempunyai jaringan distribusi sangat padat, ada daerah yang sebagian sudah teraliri listrik dan ada beberapa daerah kecamatan yang belum teraliri listrik. Hal ini akan dijadikan acuan untuk menentukan pengembangan jaringan distribusi energi listrik, khususnya untuk daerah yang belum teraliri listrik.

Pemetaan pengembangan jaringan distribusi energi listrik untuk masing-masing Kecamatan dapat ditampilkan secara keseluruhan. Tampilan peta pengembangan jaringan distribusi energi listrik Kabupaten Temanggung adalah seperti pada gambar 27 dibawah ini.



Gambar 27 Tampilan peta pengembangan jaringan distribusi Kabupaten Temanggung

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Kenaikan jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi energi mengakibatkan suplai energi listrik di Kabupaten Temanggung sampai tahun 2013 tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Pasokan energi listrik dapat dipenuhi dengan menambah kapasitas trafo Gardu Induk.
2. Jumlah kebutuhan jaringan distribusi di Kabupaten Temanggung mengalami kenaikan tiap tahunnya. Untuk mencukupi kebutuhan jaringan distribusi sampai tahun 2013 akan dibuat jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah baru, dimana jaringan baru tersebut akan dibangun pada kecamatan-kecamatan yang masih kekurangan pasokan energi listrik.
3. Pengembangan jaringan distribusi baru di daerah Kabupaten Temanggung dipetakan tiap tahun sesuai dengan prakiraan jaringan distribusi dan kondisi daerah yang akan dikembangkan.
4. Jaringan distribusi yang telah dipetakan dapat dihitung susut energinya, sehingga dapat direncanakan arah pengembangan selanjutnya.

### 5.2. Saran

1. Master Plan Pengembangan Kelistrikan Daerah akan lebih bermanfaat apabila diketahui potensi daerah yang dapat dikembangkan sebagai energi listrik.
2. Karena Sistem Informasi Geografis untuk pemetaan jaringan distribusi bersifat dinamis maka apabila terjadi perubahan data dilapangan, data pada program pun sebaiknya segera diperbaharui agar dapat mengikuti perkembangan yang terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Agus J Alam M., *Belajar Sendiri Borland Delphi 6.0*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2001.
2. A.S. Pabla, Abdul Hadi, Ir, “ *Sistem Distribusi Daya Listrik*,”.....
3. Denny Charter, Ima Agtrisari, *Desain dan Aplikasi Geographical Information System*, Elex Media Komputiando, Jakarta 2003.
4. Djiteng Marsudi, Ir, “*Operasi Sistem Tenaga Listrik*”, Balai Penerbit & Humas ISTN, Bumi Srengseng Indah, Ps. Minggu, Jakarta Selatan.
5. Esri, *Getting Started with MapObjects Version 2.2 in Delphi 5.0*, Environmental Systems Research Institute, Inc. 2003.
6. Esri, *Programmer's Reference*, Environmental Systems Research Institute, Inc., 2003.
7. Esri, *Building Applications With MapObjects*, Environmental Systems Research Institute, Inc., 2003.
8. Hadi Sadaat, “ *Power System Analisis* “, McGraw – Hill, New York, 1999.
9. Sulasno, Ir, “*Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”, Jilid I, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
10. Supranto, J, “*Ekonometrik*”, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia”, Jakarta, 1995.
11. Turan Gonen, “*Electric Power Disribution System Engineering*”, McGraw – Hill, New York, 1986.



**NOVIARNI PARMADIYANTI**

**NIM : L2F 000 624**

Dilahirkan di Banjarnegara, 04 -11-1982.  
Sekarang dalam tahap menyelesaikan studi strata 1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, dengan mengambil konsentrasi Teknik Tenaga Listrik.

Semarang, Maret 2006

Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Ir. Yuningtyastuti.**  
**NIP. 131 285 569**

**Karnoto, ST.**  
**NIP. 132 162 547**