

PEMBUATAN DAN ANALISA SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DISTRIBUSI JARINGAN LISTRIK (Studi Kasus: Surabaya Industrial Estate Rungkut di Surabaya)

Lilik Jamilatul Awalina dan Bangun Muljo Sukojo

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

E-mail: bangunms@rad.net.id

Abstrak

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem basis data yang bersifat spasial. Dengan kemampuannya, SIG dapat membantu mempermudah proses pemilihan alternatif keputusan. Hal ini dimungkinkan karena SIG mempunyai kemampuan untuk memproses dan menganalisa data dengan cepat. Kebutuhan akan tenaga listrik sampai saat ini makin meningkat seiring dengan adanya perkembangan di sektor industri. Pengembangan tata guna lahan menuntut adanya pelayanan yang lebih baik serta penyediaan tenaga listrik yang lebih besar dan seimbang. Untuk memenuhi kebutuhan pelanggan di area Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) dengan cepat dan profesional, SIG merupakan salah satu solusi dalam merencanakan serta mengelola sistem basis data. Dengan menggunakan *Arc View* dalam mengelola basis data yang bersifat spasial serta didukung dengan adanya data daya dan tegangan di kawasan Surabaya Industrial Estate Rungkut, maka dapat dihitung besarnya resistansi, arus serta *drop* tegangan dan rugi daya saluran pada saluran yang dialiri oleh penyulang. Dengan memanfaatkan teknologi SIG, dapat membantu pada tingkat operator mempermudah pekerjaan. Sehingga dengan adanya teknologi SIG ini akan tercapai efisiensi penyaluran tenaga listrik yang seimbang.

Abstract

Development and Analysis of Geographic Information System for Electricity Network (Case Study: Surabaya Industrial Estate Rungkut in Surabaya). Geographic Information System (GIS) is a system of data which has spatial base. This may be cause has ability to process and analysis data quickly. The ability of GIS will be able to process the alternative in decision making. The need of electric power grows until recent time along with the existence of industrial sector expansion and land use expansion claim better service, large and balance stock of electric power. GIS is a solution for planning and managing data base system, for quickly service and professional service to consumer in Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) Area. By using *Arc View* to process the data which has spatial base, and supported by energy and voltage data in Surabaya Industrial Estate Rungkut area, the resistance, current, voltage regulation, energy losses supplied by Surabaya Industrial Estate Rungkut can be calculated. The existence of GIS technology can assist the work process in operator level and the balance of electrical power efficiency.

Keywords: Geographic Information System, Electricity Network, Surabaya Industrial Estate Rungkut Area

1. Pendahuluan

Kota Surabaya sebagai pusat pemerintahan propinsi Jawa Timur merupakan kota kedua di Indonesia dengan jumlah penduduk cukup besar, pertumbuhan industri yang pesat, luas wilayah yang cukup besar dengan perkembangan tata guna wilayah yang cukup pesat. Kota tersebut membutuhkan distribusi tenaga listrik yang cukup besar dan memadai agar kebutuhan pelanggan akan tenaga listrik dapat terpenuhi. Dalam

memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang seimbang, penentuan daya tersambung dan daya terpakai kepada para pelanggan perlu diketahui secara tepat. Hal ini memerlukan perencanaan dan analisis yang tepat dan terintegrasi. Kemudahan analisis dan perencanaan dapat dicapai melalui integrasi informasi database dengan informasi geografis yang sangat kompleks. Kemudahan proses analisis gangguan dengan lebih mudahnya pencarian lokasi gangguan dapat meningkatkan pelayanan yang diberikan kepada pelanggan.

Perencanaan yang sesuai dengan RTRK (Rencana Tata Ruang Kecamatan) dan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) dibutuhkan untuk keselarasan dengan informasi geografis. Data yang perlu ditinjau adalah jenis pelanggan, *land use* beserta jaringan distribusi tenaga listrik. Penyimpanan data disusun dalam suatu sistem basis data (database). Informasi yang disiapkan bersifat spasial.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem basis data yang bersifat spasial. Pemanfaatan SIG memberikan kemudahan bagi pengguna maupun pengambil keputusan dalam menentukan kebijakan yang akan diambil, khususnya kebijakan yang berkaitan dengan aspek spasial. Hal ini dimungkinkan karena kemampuan SIG untuk memproses dan menganalisis data dengan cepat, dan dapat dipresentasikan dalam format geografis.

SIG dapat digunakan untuk mengetahui panjang kabel dan kebutuhan komponen penunjang distribusi tenaga listrik dengan melihat jalur terpendek yang dilalui kabel sehingga waktu kerja juga dapat efisien. Selain itu pemanfaatan data spasial tentang panjang kabel juga dapat digunakan untuk analisis kondisi saluran distribusi tenaga listrik dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dengan mengetahui besarnya tegangan *drop* dan rugi daya dari setiap panjang kabel. Pemanfaatan SIG juga dapat memberikan informasi trend pertumbuhan beban dan penggunaan beban pada area geografis yang diamati.

Penelitian ini menganalisis jaringan tegangan menengah 20 kV (tiga fasa dengan tiga kawat) saja yang disuplai dari satu penyulang PT Unilever. Dengan melihat jumlah kWh penyulang pada waktu yang sama dengan kWh pada beban, maka dapat diketahui *trend* beban dan dapat diketahui kehilangan daya pada area tersebut serta dapat dianalisis penyebab terjadinya *loses* tersebut. Beberapa kegunaan SIG akan dibahas pada penelitian ini dan diperlihatkan manfaatnya untuk daerah yang belum dibangun.

2. Metode

Data merupakan sumber informasi utama dalam penelitian ini dengan demikian keakuratan data sangat diperlukan demikian pula kesesuaiannya dengan kebutuhan. Data diperoleh dari beberapa sumber, antara lain dari PT. PLN PERSERO dan data dari Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional). Penelitian ini menggolongkan data menjadi dua golongan yaitu Peta Rupa Bumi skala 1 : 25000 yang dibuat oleh Bakosurtanal (Wilayah Rungkut Kota

Surabaya), dikompilasi dari foto udara tahun 1993/ 1994 secara fotogrametri serta survey lapangan dilaksanakan pada tahun 1999 dan data lapangan berupa data tentang titik-titik koordinat, data jumlah kWh, daya, no pelanggan, serta tipe pelanggan, alamat pelanggan. Secara garis besar tahapan penelitian ini dapat digambarkan seperti pada diagram alir pada Gambar 1.

Untuk mengetahui serta melakukan pengecekan (*ground control*) terhadap titik-titik koordinat terhadap objek yang akan ditampilkan pada pengelolaan SIG dilakukan pengukuran dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) [1]. Hasil pengukuran ini juga disesuaikan dengan titik-titik yang ada pada peta garis 1 : 1.000, dengan demikian dapat diketahui apakah letak koordinat yang ada di peta sesuai dengan koordinat terukur. Pengukuran *ground truth* dengan menggunakan tank meter dilakukan untuk mengetahui arus. Pengecekan langsung jumlah kWh yang ada pada gardu induk dan di tempat pelanggan atau beban yang disuplai oleh satu penyulang.

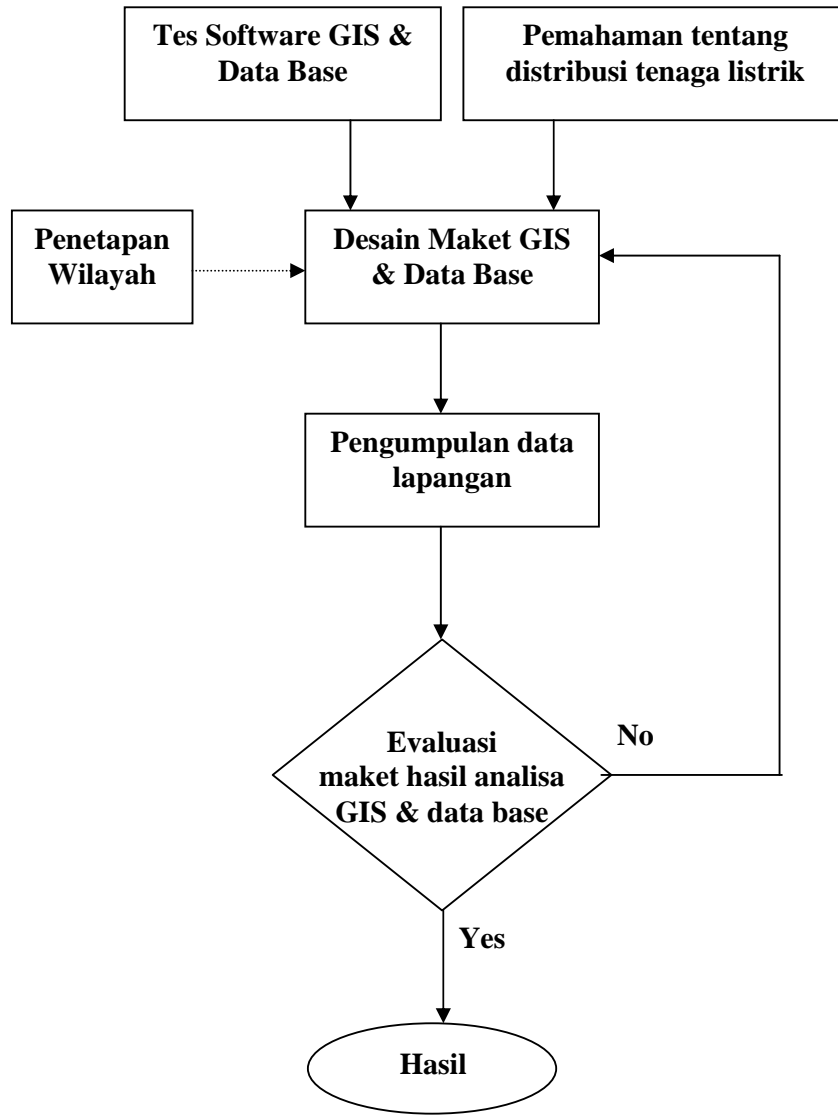
Proses tumpang susun (*overlay*) dilakukan terhadap peta garis 1 : 1.000 dengan hasil titik-titik koordinat yang telah diukur di lapangan dan dilanjutkan dengan proses gambar sedemikian rupa sehingga sesuai dengan *single line* diagram jaringan listrik.

Pembuatan dan analisis SIG dilakukan terhadap data-data yang didapat dari lapangan dan data berupa peta garis. Pengolahan data tersebut dilakukan dengan langkah-langkah seperti diuraikan diagram alir pada Gambar 2 dan 3.

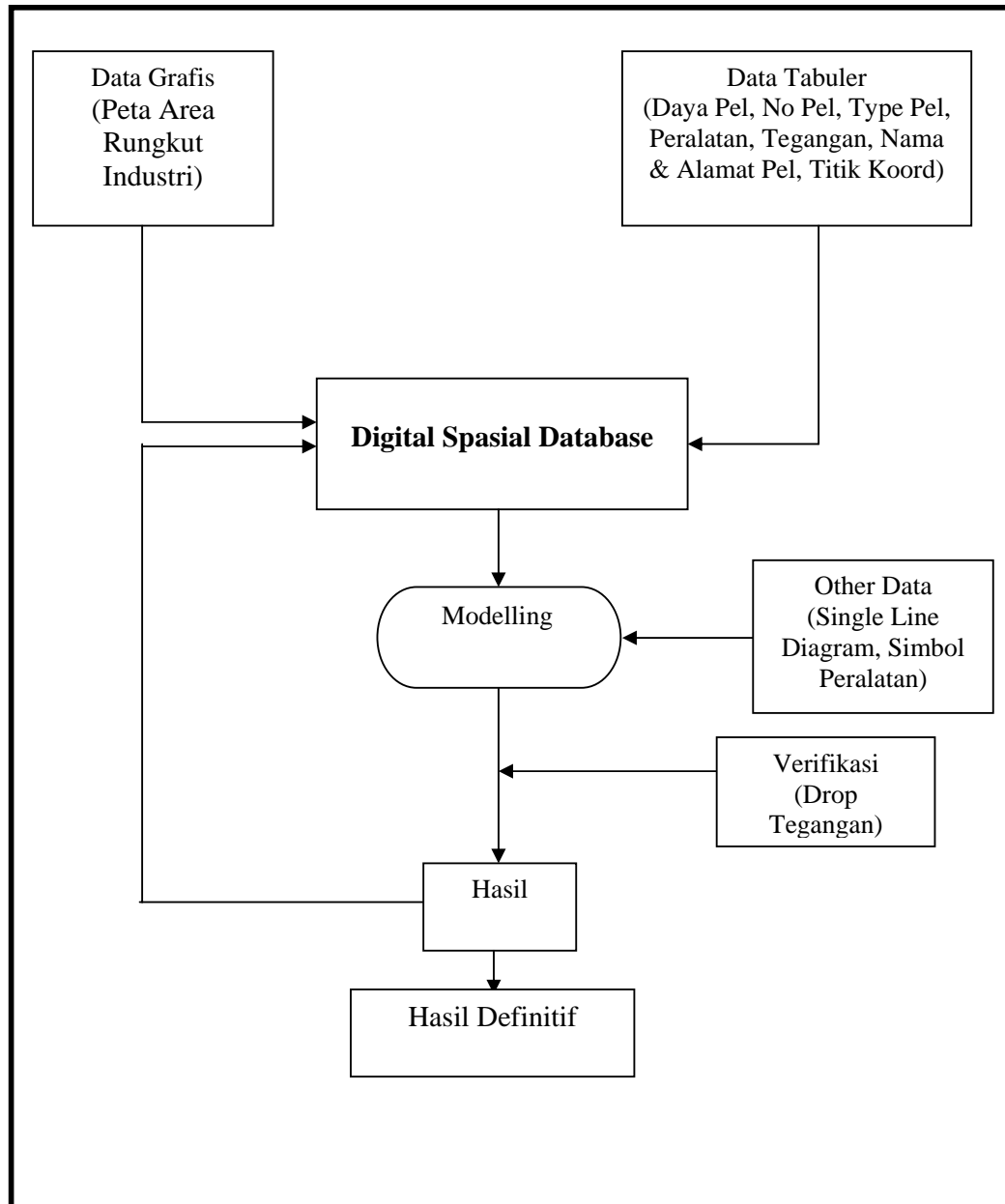
Pengukuran koordinat untuk menentukan titik-titik tiang, gardu induk menggunakan peralatan *GPS* tipe navigasi dengan merek *Garmin* yang memiliki ketelitian 3 meter terhadap titik-titik di lapangan. Dalam pelaksanaan pengukuran koordinat tersebut, walaupun pembacaannya baik tetap mungkin timbul kesalahan. Hal ini disebabkan adanya pengaruh benda lain yang menghalangi kebebasan *GPS* terhadap jangkauan satelit.

3. Hasil dan Pembahasan

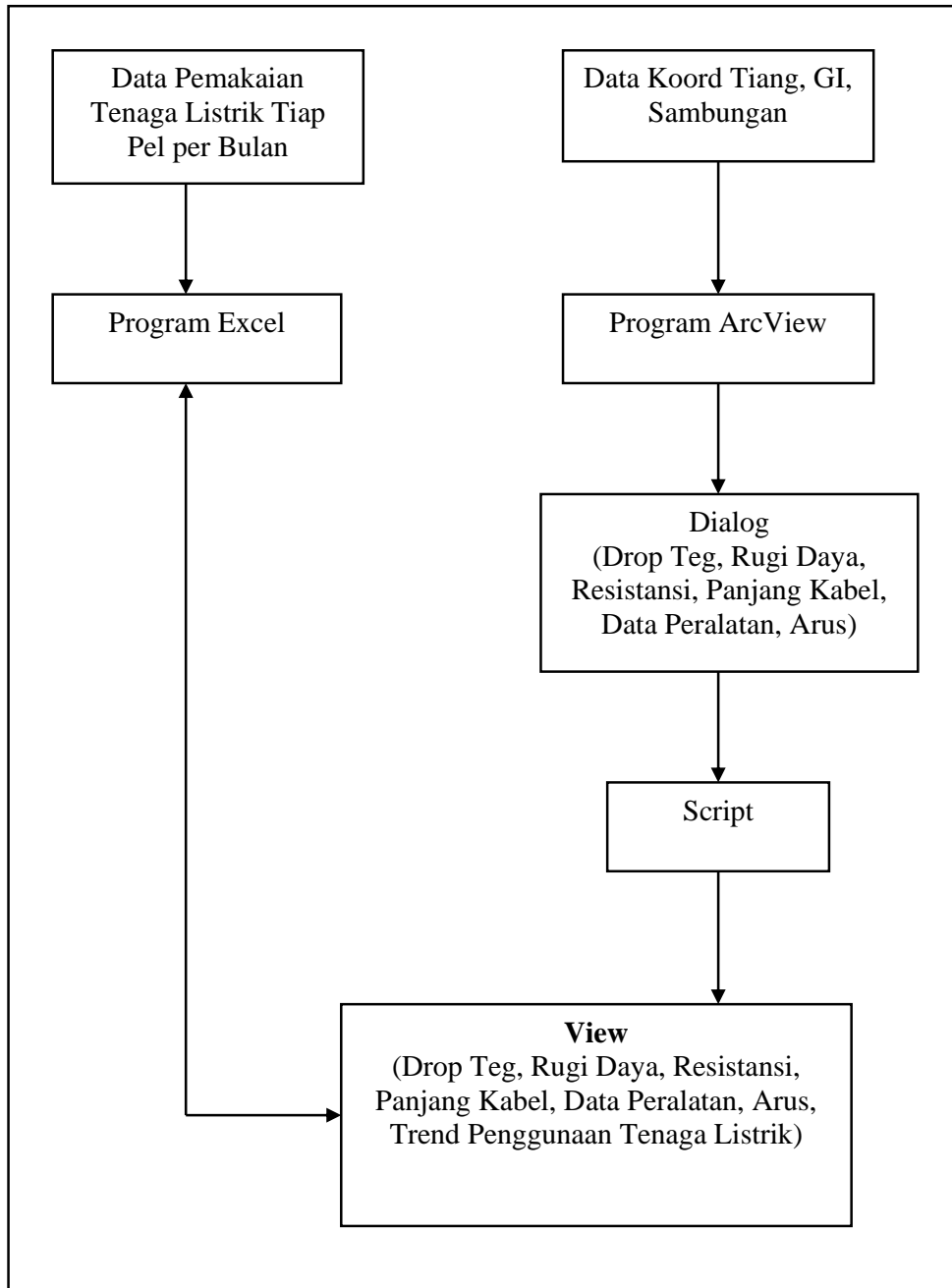
Untuk menganalisis ketelitian GPS digunakan sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan datum *World Geodetic System 84* (WGS 84) berada pada Zone 49 Selatan. Dalam penentuan titik koordinat tiang, Gardu Induk (GI) dan sambungan dengan ketelitian absolut 3 meter masih dapat ditoleransi, hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian



Gambar 2. Pembuatan SIG



Gambar 3. Desain Maket

Diketahui :

$$\begin{aligned} dl &= 370,60086 \text{ meter (panjang kabel dengan} \\ &\text{kesalahan absolut 3 meter)} \\ A &= 150 \text{ mm}^2 \text{ (luas penampang kabel)} \\ P_{\text{var}} &= 3734 \text{ (daya reaktif)} \\ P &= 250000 \text{ Watt (daya terpakai)} \\ V &= 20,4 \text{ kV (tegangan)} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (1)-(3) berikut dapat diselesaikan [2]:

$$R = \frac{\rho dl}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$R = 0,89519 \cdot \frac{370,60086}{150}$$

$$R = 2,212 \Omega$$

Jadi tahanan kawat penghantar adalah sebesar 2,212 Ω

$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{\text{KVARH}}{\text{KWH}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\theta = \text{tg}^{-1} 3734 / 2500000 = 0,85$$

$$\text{Cos } \theta = 0,9998$$

Jadi faktor daya = 0,9998

$$I = \frac{P}{3 \cdot V \cdot \text{Cos } \theta} \dots\dots\dots (3)$$

$$I = \frac{2500}{3 \cdot 20,4 \cdot 0,9998}$$

$$I = 70,76 \text{ A}$$

Jadi arus = 70,76 Ampere

$$Vd = I \cdot R \dots\dots\dots (4)$$

$$Vd = 70,76 \cdot 2,212 = 156,52 \text{ Volt}$$

$$\text{Atau } Vd = (156,52 / 20400) \times 100 \% = 0,76 \%$$

Jadi jatuh tegangannya adalah sebesar 0,76 %.

Dari hasil perhitungan *drop* tegangan diperoleh nilai *drop* tegangan 0,76 %, sehingga dengan ketelitian absolut *GPS* 3 meter pada pengukuran koordinat tiang, sambungan dan gardu induk maka pengaruh terhadap rugi tegangan masih berada dalam batas toleransi. Pengukuran panjang kabel dengan toleransi ± 3 meter masih dapat ditoleransi (tidak menambah) pemasangan peralatan pada tiang distribusi ataupun pada GI. Jika dihitung toleransi 5% terhadap kesalahan panjang kabel yang diperbolehkan, diperoleh kesalahan yang diijinkan 9.398 meter (pada saluran 20kV atau jaringan tegangan menengah tiga fasa dengan menggunakan 3 kabel). Sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan rumus berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned} A &= 150 \text{ mm}^2 \text{ (luas penampang kabel)} \\ P &= 250000 \text{ Watt (daya terpakai)} \\ V &= 20 \text{ kV (tegangan)} \\ \text{Cos } \theta &= 1 \text{ (kondisi ideal)} \\ Vd &= 5\% \text{ (max)} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (5)-(7) berikut dapat diselesaikan [2]:

$$I = \frac{P}{3 \cdot V \cdot \text{Cos } \theta} \dots\dots\dots (5)$$

$$I = \frac{2500}{3 \cdot 20 \cdot 1}$$

$$I = 72,168 \text{ A}$$

Jadi Arus = 72,168 Ampere

$$Vd = I \cdot R \dots\dots\dots (6)$$

$$R = Vd / I$$

$$R = 500 / 72,168 = 6,928 \Omega$$

Jadi besarnya tahanan max yang diijinkan adalah 0,06928

$$R = \rho \frac{dl_2}{A} \dots\dots\dots (7)$$

$$6,928 = \frac{0,89519 \cdot dl_2}{150}$$

$$dl_2 = 1160,9175 \text{ meter}$$

Untuk mengetahui kesalahan maksimum kita bandingkan :

$$\begin{aligned} dl_2 / dl_1 &= 1160,9175 / 370,60086 \times 3 \text{ meter} \\ &= 9,398 \text{ meter} \end{aligned}$$

Jadi besarnya kesalahan max yang diijinkan untuk tegangan 20kV adalah 9.398 meter.

dengan :

$$\begin{aligned} R &= \text{tahanan kabel dengan satuan } \Omega \\ I &= \text{ besarnya arus listrik dengan satuan} \\ &\text{Ampere} \\ dl &= \text{panjang kabel dan toleransi kesalahan} \\ &\text{panjang kabel dengan satuan Meter} \\ P &= \text{ daya dengan satuan Watt} \\ P_{\text{var}} &= \text{ daya reaktif dengan satuan KVAR} \\ \rho &= \text{ tahanan jenis kabel dengan satuan } \Omega\text{-} \\ &\text{mm} \\ V &= \text{ tegangan dengan satuan Volt} \\ \text{Cos } \theta &= \text{ faktor daya dengan satuan derajat} \\ A &= \text{ luas penampang kabel dengan satuan} \\ &\text{mm}^2 \\ Vd &= \text{ jatuh tegangan dengan satuan Volt.} \end{aligned}$$

Tumpang susun antara poligon yang berasal dari peta garis skala 1 : 1000 untuk area Rungkut, dapat disusun dengan *layout* jaringan yang berasal dari pengukuran titik-titik koordinat tiang, sambungan dan gardu induk serta garis yang menghubungkan antara titik tersebut yang merupakan kawat penghantar. Setiap titik koordinat maupun setiap *line* diberikan atribut sesuai dengan spesifikasi yang telah ada. Dalam pembuatan *layout* jaringan ini, setiap titik koordinat dimasukkan dahulu melalui program *AutoDeskMap*, sehingga meminimalkan kemungkinan terjadinya pergeseran titik untuk kemudian di-*export* ke *ArcView GIS 3.2*. Proses ekspor ini dilakukan secara bertahap untuk setiap komponen sehingga akan terdapat *theme* yang berbeda dalam *ArcView*.

Drop tegangan diperoleh dengan memasukkan data-data pengukuran tegangan pada sisi kirim maupun pada sisi terima sehingga dapat diketahui seberapa besar jatuh tegangannya. Pada proses perhitungan *drop* tegangan, arus yang mengalir pada masing-masing kawat penghantar dapat diketahui dengan mengetahui beban masing-masing pelanggan. *Drop* tegangan masing-masing penghantar dapat diketahui dengan memanfaatkan data spasial yang ada. *ArcView* dapat mempermudah proses penghitungan nilai *drop* tegangan pada masing-masing penghantar sehingga analisis distribusi jaringan dapat lebih mudah dilakukan.

Nilai *drop* tegangan pada saluran distribusi tenaga listrik ini masih berada di bawah batasan yang ditentukan yaitu 5%, walaupun demikian terdapat perbedaan antara nilai hasil perhitungan dengan nilai hasil pengukuran. Perbedaan terjadi dimungkinkan oleh beberapa faktor antara lain:

1. Ketelitian dari alat ukur (Voltmeter).
2. Ketelitian pembacaan.
3. Pembulatan hasil pembacaan ataupun perhitungan.
4. Faktor lainnya

Drop tegangan terjadi akibat beberapa faktor, antara lain:

1. Umur penghantar.
2. Perbedaan kualitas penghantar.
3. Adanya sambungan kabel.
4. Impedansi dan admitansi saluran.
5. Beban dan faktor daya.

Untuk memungkinkan regulasi yang kecil, saluran distribusi dioperasikan pada tegangan konstan di kedua ujung dan pangkal penerimaan tanpa dipengaruhi oleh beban. Bila tegangan pada titik penerimaan turun karena naiknya beban maka digunakan pengatur tegangan dengan beban (*on-load voltage-regulator*) agar tegangan sekunder dapat konstan meskipun tegangan primernya berubah.

Dengan adanya *drop* tegangan pada saluran dengan nilai di bawah 5% maka penurunan tersebut dapat diatasi dengan menaikkan tegangan sumber. Peningkatan tegangan sumber dapat mengurangi nilai *drop* tegangan. Dalam perhitungan rugi tahunan perlu diketahui besarnya rugi daya pada saluran distribusi.

Perhitungan rugi daya pada saluran distribusi dilakukan berdasarkan I (arus) pada waktu tertentu. Besarnya daya yang hilang dihitung dengan menggunakan data-data yang ada pada penyulang dan data-data yang ada pada pelanggan. Apabila nilainya kurang dari 5 % maka hal ini masih dapat dianggap wajar atau masih dapat ditoleransi. Hasil perhitungan rugi daya menunjukkan bahwa daya yang hilang masih dalam batas wajar (kurang dari 5%). Kehilangan daya tersebut mungkin disebabkan oleh adanya tahanan pada saluran distribusi.

Dari segi ekonomis, pengetahuan tentang rugi daya berguna dapat memperhitungkan berapa besar faktor hilang tahunan. Faktor hilang tahunan diperoleh melalui perbandingan antara tenaga hilang tahunan (kWh) rata-rata terhadap dan daya hilang pada beban maksimum. Faktor hilang tahunan diperlukan dalam studi untuk mengevaluasi hilang tenaga, walaupun dapat digunakan pula dalam penetapan jam ekuivalen, yaitu jumlah jam rata-rata dalam sehari beban puncak harus dipertahankan agar jumlah hilang tenaga sama dengan variasi beban (*variable load*).

Analisis ketersediaan daya listrik setiap bulannya dan pemakaian untuk bulan-bulan mendatang dilakukan dengan metode matematis menggunakan persamaan (8) –(9) berikut [3]:

$$\Sigma Y = n \cdot a + b \cdot \Sigma X \dots\dots\dots (8)$$

Berdasarkan metode di atas maka didapatkan persamaan *trendnya* sebagai berikut :

$$\Sigma XY = a \cdot \Sigma X + b \cdot \Sigma X^2 \dots\dots\dots (9)$$

Dengan persamaan *trendnya* adalah :
 $Y = a + bX \dots\dots\dots (10)$

Ramalan untuk tahun-tahun mendatang diketahui dengan membuat persamaan garis *trend* tersebut dan mengganti X dengan nilainya. Grafik dari *trend* persamaan garis tersebut berupa garis lurus yang digambarkan dari dua nilai *trend* yang tidak berdekatan, kemudian dihubungkan dengan garis lurus. Grafik tersebut juga berguna dalam peramalan pertumbuhan penggunaan tenaga listrik oleh setiap pelanggan. Penggunaan tenaga listrik yang di luar kewajaran pelanggan dapat diketahui dengan cepat oleh pihak PLN.

Pembuatan saluran bawah tanah dapat dipertimbangkan untuk memperoleh saluran yang lebih handal, antara berdasarkan beberapa faktor berikut:

- Kehandalan saluran tidak dipengaruhi keadaan cuaca maupun angin, seperti cuaca buruk dan angin kencang.
- Mengurangi bahaya yang ditimbulkan akibat gangguan tegangan 20kV pada jalur saluran.
- Estetika penataan ruang kota dan wilayah yang lebih baik.
- Kontinuitas penyaluran tegangan lebih terjamin.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis terhadap hasil pengolahan data tersebut diperoleh bahwa toleransi panjang kabel 3 meter atau besarnya drop tegangan pada saluran 0,76 % masih berada dalam batas toleransi yaitu

kurang dari 5%. Perbedaan nilai pada setiap segmen saluran terjadi karena faktor ketelitian voltmeter, kesalahan manusia dan kesalahan perhitungan. *Drop* tegangan terjadi karena faktor umur penghantar, kualitas penghantar, sambungan kabel, impedansi dan admitansi saluran, beban dan faktor daya.

Daftar Acuan

- [1] Eddy Prahasta, Sistem Informasi Geografis, Informatika, Bandung, 2002.
- [2] Arismunandar, S. Kuwahara, Teknik Tenaga Listrik, Cetakan Kelima, Pradnya Paramita, Jakarta, 1993.
- [3] M. Iqbal Hasan, In: Uppal, Electrical Power, 8th Ed., Khanna Publisher, New Delhi, 1980.

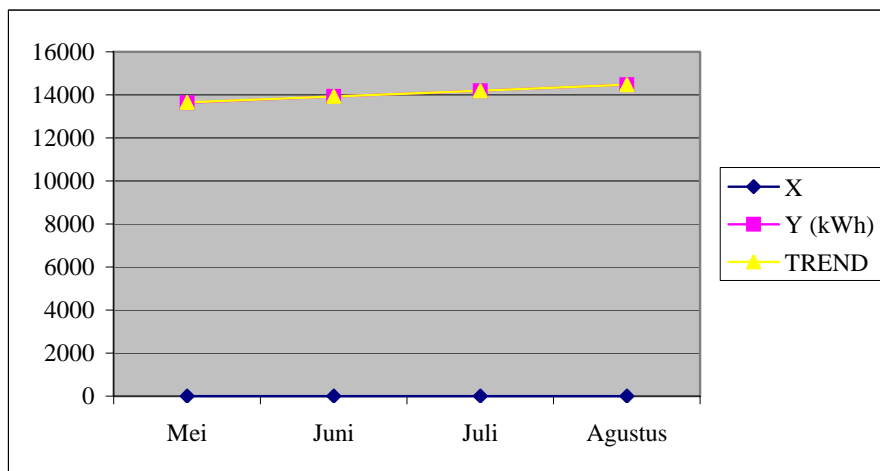
Appendix

Tabel A1.Trend Pemakaian (KWH) PT. Unilever I (2003)

BULAN	X	Y (kWh)	XY	X ²	TREND
Mei	0	13639	0	0	13644.6
Juni	1	13932	13932	1	13923.2
Juli	2	14201	28402	4	14201.8
Agustus	3	14478	43434	9	14480.4
Total	6	56250	85768	14	56250

Dimana :

$$Y = 13644,6 + 278,6 X$$



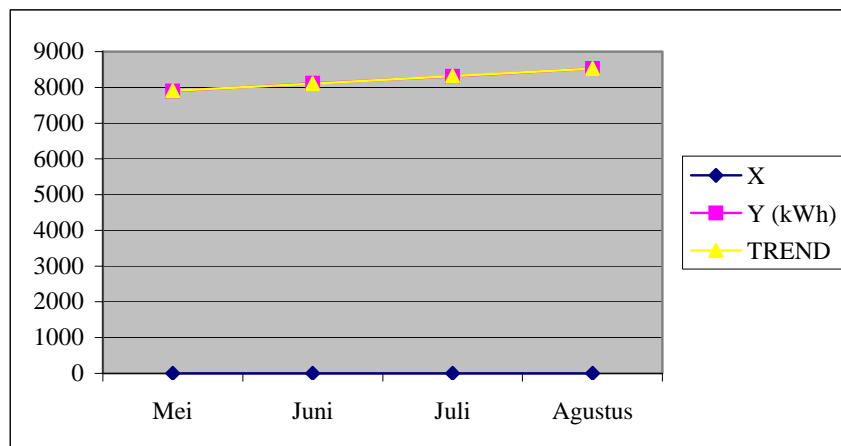
Gambar A1. Trend Pemakaian (KWH) PT. Unilever I (2003)

Tabel A2. Trend Pemakaian (KWH) PT. Surya Multi Indopark (2003)

BULAN	X	Y (kWh)	XY	X ²	TREND
Mei	0	7901	0	0	7902.8
Juni	1	8115	8115	1	8110.1
Juli	2	8313	16626	4	8317.4
Agustus	3	8526	25578	9	8524.7
Total	6	32855	50319	14	32855

Dimana :

$$Y = 7902,8 + 207,3 X$$



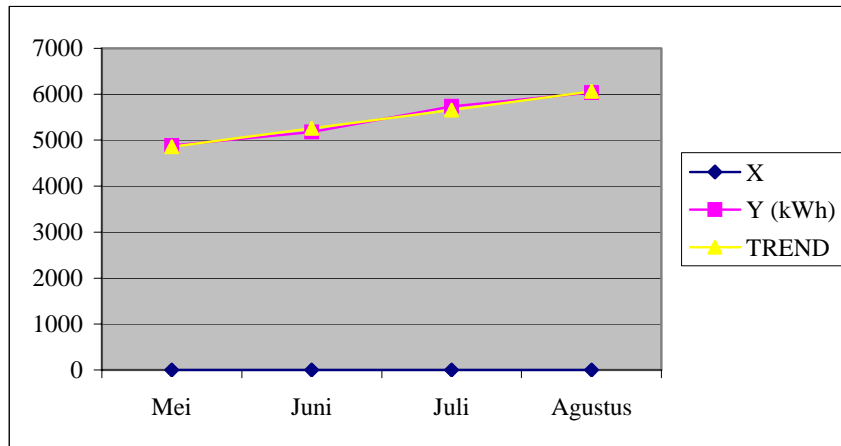
Gambar A2. Trend Pemakaian (KWH) PT. Surya Multi Indopark (2003)

Tabel A3. Trend Pemakaian (KWH) PT. Unilever II (2003)

BULAN	X	Y (kWh)	XY	X ²	TREND
Mei	0	4887	0	0	4858.6
Juni	1	5180	5180	1	5259.2
Juli	2	5733	11466	4	5659.8
Agustus	3	6038	18114	9	6060.4
Total	6	21838	34760	14	21838

Dimana :

$$Y = 4858,6 + 400,6 X$$



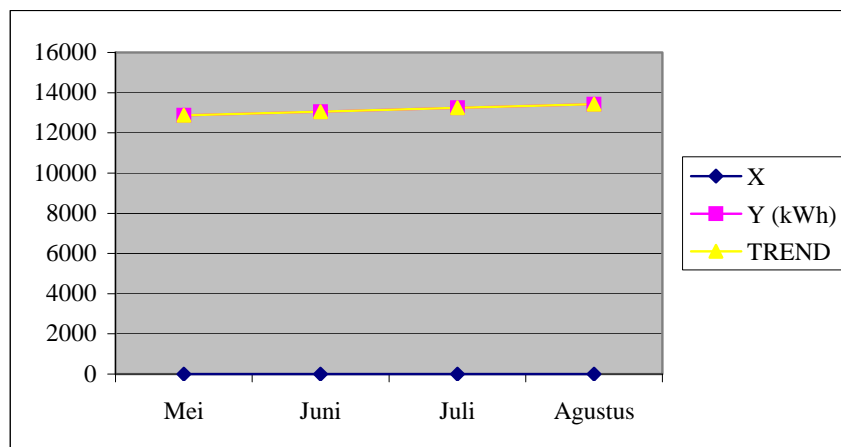
Gambar A3. Trend Pemakaian (KWH) PT. Unilever II (2003)

Tabel A4. Trend Pemakaian (KWH) PT. ABADI ADI MULIA (2003)

BULAN	X	Y (kWh)	XY	X ²	TREND
Mei	0	12871	0	0	12869.2
Juni	1	13051	13051	1	13054.4
Juli	2	13241	26482	4	13239.6
Agustus	3	13425	40275	9	13424.8
Total	6	52588	79808	14	52588

Dimana :

$$Y = 12869,2 + 185,2 X$$

**Gambar A4. Trend Pemakaian (KWH) PT. ABADI ADI MULIA (2003)**