



**MONITORING INDEKS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV  
MENGUNAKAN METODE RIA (*RELIABILITY INDEX ASSESMENT*)**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Rosi Indra Pratama**  
**NIM 141910201017**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**MONITORING INDEKS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV  
MENGUNAKAN METODE RIA (*RELIABILITY INDEX ASSESMENT*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh  
**Rosi Indra Pratama**  
**NIM 141910201017**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas berkah rahmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala serta kasih sayang-Nya yang melimpah kepada seluruh alam semesta serta kepada hamba-Nya, sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini. Maka dari itu, dengan segala kerendahan hati saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tua, Ibu Rusidah dan Bapak Suprpto sepasang mutiara jiwa dalam hati saya.
2. Mas Ardhan sebagai cermin dalam mendewasakan diri. Tyo dan Mbah Marjanah yang melengkapi senyuman keluarga kecil di rumah.
3. Guru-guru dan dosen sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater tercinta, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Serta seluruh teman-teman yang penulis kenal dan teman-teman yang membaca skripsi ini.

**MOTTO**

“in lam takun ‘alayya ghodlobun fala ubali.  
Asalkan Engkau tidak marah kepadaku, wahai Tuhanku, maka aku terima apapun  
nasibku di dunia.”

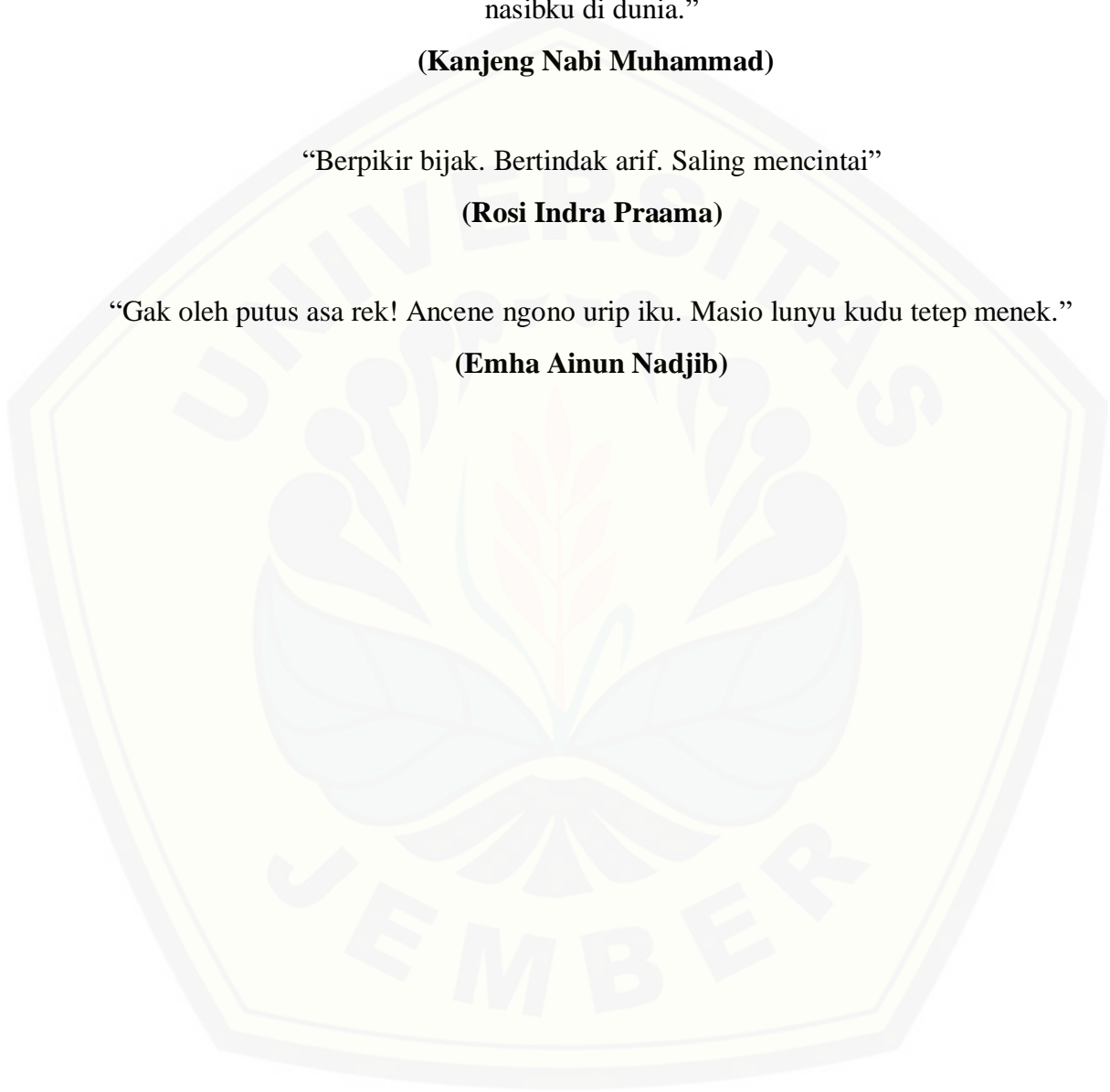
**(Kanjeng Nabi Muhammad)**

“Berpikir bijak. Bertindak arif. Saling mencintai”

**(Rosi Indra Praama)**

“Gak oleh putus asa rek! Ancene ngono urip iku. Masio lunyu kudu tetep menek.”

**(Emha Ainun Nadjib)**



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rosi Indra Pratama

NIM : 141910201017

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul :  
“Monitoring Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode  
RIA (*Reliability Index Assesment*)” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali  
kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi  
manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan  
kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan  
dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika  
ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juni 2019

Yang menyatakan,

Rosi Indra Pratama

NIM 141910201017

**SKRIPSI**

**MONITORING INDEKS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV  
MENGUNAKAN METODE RIA (*RELIABILITY INDEX ASSESMENT*)**

Oleh

Rosi Indra Pratama

NIM 141910201017

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Monitoring Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode RIA (*Reliability Index Assesment*)” Karya Rosi Indra Pratama dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 17 Juni 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Anggota I,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.  
NIP 197004041996011001

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.  
NIP 197106141997021001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.  
NIP 197104022003121001

RB. Moch. Gozali, S.T., M.T.  
NIP 196906081999031002

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.  
NIP 196612151995032001



Monitoring Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode  
RIA (Reliability Index Assesment)

**Rosi Indra Pratama**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRAK**

Perkembangan teknologi di era modern menuntut upaya dalam memenuhi permintaan daya yang meningkat dan juga memperbaiki keandalan pelayanan. Kualitas keandalan pelayanan energi listrik dilihat dari seberapa sering terjadi pemadaman dan lama pemadaman dalam selang waktu tertentu. Metode RIA (Reliability Index Assesment) merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai reliability component. Juga dalam memprediksi gangguan tersebut perlu membangun sistem monitoring guna dapat dijadikan acuan dalam menjaga kualitas pelayanan secara berkala. Sebagai sampel dalam penelitian ini diambil penyulang Arjasa dan penyulang Seruji, dimana memiliki reliability component yang berbeda. Hasil studi menunjukkan, nilai SAIFI penyulang Arjasa sebesar 4,380 kegagalan/pelanggan/tahun, dan nilai SAIDI sebesar 13,181 jam/pelanggan/tahun. Sementara nilai SAIFI penyulang Seruji sebesar 0,918 kegagalan/pelanggan/tahun, dan nilai SAIDI sebesar 2,808 jam/pelanggan/tahun. Dengan adanya sistem monitoring yang telah dibangun, maka nilai indeks keandalan tersebut dapat dianalisis menggunakan jaringan internet.

**Kata Kunci:** Keandalan, Sistem Distribusi, Metode *Reliability Index Assesment*, Monitoring



*Distribution System Index Reliability Monitoring of 20 KV Using RIA (Reliability Index Assesment) Method*

**Rosi Indra Pratama**

*Department of Electrical Enggineering, Faculty of Engineering, University of Jember*

**ABSTRACT**

*Technology development in this modern era demand more works to fulfill the power request to improve and also fix the service's reliability. Reliability's quality in terms of energy services can be known from how often blackouts occured and how long it is in the mean time. Reliability Index Assesment (RIA) is an approachment that's used to predict the disturbance in the distribution system based on topology system and datas about reliability's component. And also to predict the disturbance monitoring system is needed to make a benchmark to keep the services quality periodically. As a sample in this research, have taken Arjasa feeder and Seruji feeder, where it has different reliability component. Study result shows, SAIFI value from Arjasa feeder is 4.380 failures/customer/year, and SAIDI value is 13.181 hours/customer/year. Meanwhile SAIFI value from Seruji is 0.918 failures/customer/year, and SAIDI value is 2.808/hours/customer/year. With the builded monitoring system, so the reliability index value can be analyzed using the internet network.*

**Keywords:** *Reliability, Distribution System, Reliability Index Assesment Method, Monitoring*

## RINGKASAN

**Monitoring Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode RIA (*Reliability Index Assesment*)**; Rosi Indra Pratama, 141910201017; 2019; 100 halaman; Program Studi Strata 1 (S1) Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Keandalan sistem distribusi secara umum dapat digambarkan keberlangsungan layanan listrik kepada pelanggan, yang bergantung baik pada ketersediaan sumber daya listrik yang mencukupi untuk memenuhi permintaan dan pada kemampuan sistem transmisi dan distribusi untuk menghasilkan tenaga. Secara historis, meskipun, analisis keandalan telah menekankan aspek generasi, terutama pada tingkat sistem. Sebagian, ini karena sistem transmisi telah dirancang dengan kapasitas berlebih yang memadai untuk mendapatkan asumsi bahwa daya yang dihasilkan selalu dapat disampaikan, di mana saja (Aexandra, 2006).

Untuk menganalisis keandalan sistem tersebut, umumnya menggunakan metode RIA (*Reliability Index Assesment*). Metode RIA merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai *reliability component*. Secara fungsional RIA mendata kegagalan yang terjadi pada peralatan secara komprehensif, lalu mengidentifikasi kegagalan tersebut, dan menganalisis mode kegagalan tersebut (Herdianto, 2012). Indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI (*Sistem Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*Sistem Average Interruption Duration Index*). (Aditya, 2013).

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi tingkat keandalan suatu sistem distribusi serta membangun sistem monitoring indeks keandalan sistem distribusi menggunakan *software Visual Studio*. Dimana sistem tersebut akan terintegrasi dengan *interface* sederhana untuk dapat memonitoring nilai indeks keandalan tersebut secara berkala. Sehingga dapat dijadikan acuan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan pada sistem distribusi guna menciptakan pelayanan yang andal dan berkualitas. Sebagai sampel dalam

penelitian ini diambil penyulang Arjasa dan penyulang Seruji, dimana memiliki reliability component yang berbeda.

Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan menunjukkan, nilai SAIFI penyulang Arjasa sebesar 4,380 kegagalan/pelanggan/tahun, dan nilai SAIDI sebesar 13,181 jam/pelanggan/tahun. Sementara nilai SAIFI penyulang Seruji sebesar 0,918 kegagalan/pelanggan/tahun, dan nilai SAIDI sebesar 2,808 jam/pelanggan/tahun. Dengan mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh PLN dimana nilai ambang batas atas SAIFI sebesar 1.755 kegagalan/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 3.24 jam/pelanggan/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa penyulang Arjasa dapat dikatakan tidak andal, sementara penyulang Seruji dapat dikatakan andal.

Dalam merancang dan membangun sistem mon-itoring tersebut menggunakan konsep 2 perangkat komputer yang berbeda dan dapat terhubung menggunakan jaringan internet. Dimana terdapat sistem server yang menghimpun database seluruh data teknis dan mampu megolah data tersebut secara otomatis, sementara pada perangkat lainnya terdapat sistem client yang berfungsi menampilkan hasil pengolahan data dalam bentuk grafik maupun numerik agar memudahkan user dalam menganalisisnya.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Monitoring Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode RIA (*Reliability Index Assesment*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, disampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya serta memberi kelancaran dan kemudahan atas segalanya.
2. Kanjeng Nabi Muhammad SAW, yang telah memberi tuntunan kepada manusia dalam mengenal Tuhan dan berperilaku layaknya manusia.
3. Keluarga kecil di rumah yang selalu memberi kepercayaan, dukungan, dan nasehat.
4. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak H. Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membantu dan meluangkan waktunya, serta memberikan bimbingan dalam penyusunan penelitian ini.
6. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku dosen penguji utama dan Bapak RB. Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku dosen penguji anggota yang telah membantu memberikan kritik dan saran yang dapat membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T. M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan menanamkan rasa disiplin dan tanggung jawab dengan apa yang dilakukakan selama penulis menjadi mahasiswa.
8. Para dosen beserta seluruh staf karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu membantu dan mendukung mahasiswa.

9. Saudara Teknik Elektro angkatan 2014 “KETEK UJ”, warga AIESEC in Universitas Jember, dan teman-teman Universitas Jember yang sudah sedia berbagi kisah.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir agar dapat lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan kedepannya untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 17 Juni 2019

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING SKRIPSI.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Sistem Tenaga Listrik.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Sistem Distribusi Listrik.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Sistem Jaringan Distribusi .....</b>	<b>9</b>
2.3.1 Sistem Jaringan Radial.....	10
2.3.2 Sistem Jaringan Loop.....	10
2.3.3 Sistem Jaringan Spindel .....	11
<b>2.4 Gangguan Pada Sistem Distribusi.....</b>	<b>11</b>

2.4.1	Klasifikasi Gangguan.....	12
2.4.2	Penyebab Gangguan Pada SUTM/SKTM .....	12
2.4.3	Akibat Yang Ditimbulkan Oleh Gangguan.....	13
<b>2.5</b>	<b>Keandalan Sistem Distribusi .....</b>	<b>13</b>
<b>2.6</b>	<b>Analisa Keandalan Sistem Distribusi .....</b>	<b>14</b>
2.6.1	Frekuensi Gangguan ( <i>Failure Rate</i> ).....	15
2.6.2	Lama/Durasi Gangguan ( <i>Unavailability</i> ) .....	15
2.6.3	SAIFI ( <i>System Average Interruption Frequency Index</i> ) .....	16
2.6.4	SAIDI ( <i>System Average Interruption Duration Index</i> ).....	16
<b>2.7</b>	<b>Metode <i>Reliability Index Assesment</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>2.8</b>	<b><i>Visual Studio</i> .....</b>	<b>17</b>
2.8.1	<i>Visual Studio 2017</i> .....	18
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Tempat Pelaksanaan .....</b>	<b>21</b>
3.1.1	Tempat Penelitian .....	21
<b>3.2</b>	<b>Alat dan Bahan.....</b>	<b>21</b>
3.2.1	Data Lapangan Sistem Distribusi PLN Area Jember.....	21
3.2.1	Laptop.....	21
3.2.3	<i>Software Visual Studio 2017</i> .....	22
<b>3.3</b>	<b>Tahapan Penelitian.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Tahapan Perhitungan.....</b>	<b>24</b>
3.4.1	SAIFI ( <i>System Average Interruption Frequency Index</i> ) .....	24
3.4.2	SAIDI ( <i>System Average Interruption Duration Index</i> ).....	25
<b>3.5</b>	<b>Perancangan Sistem Monitoring .....</b>	<b>25</b>
3.5.1	<i>Visual Studio 2017</i> .....	25
3.5.2	<i>Server</i> .....	27
3.5.3	<i>Client</i> .....	30
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Parameter Data .....</b>	<b>32</b>
4.1.1	Data Parameter Indeks Kegagalan SUTM.....	34
4.1.2	Data Parameter Indeks Kegagalan Peralatan .....	34

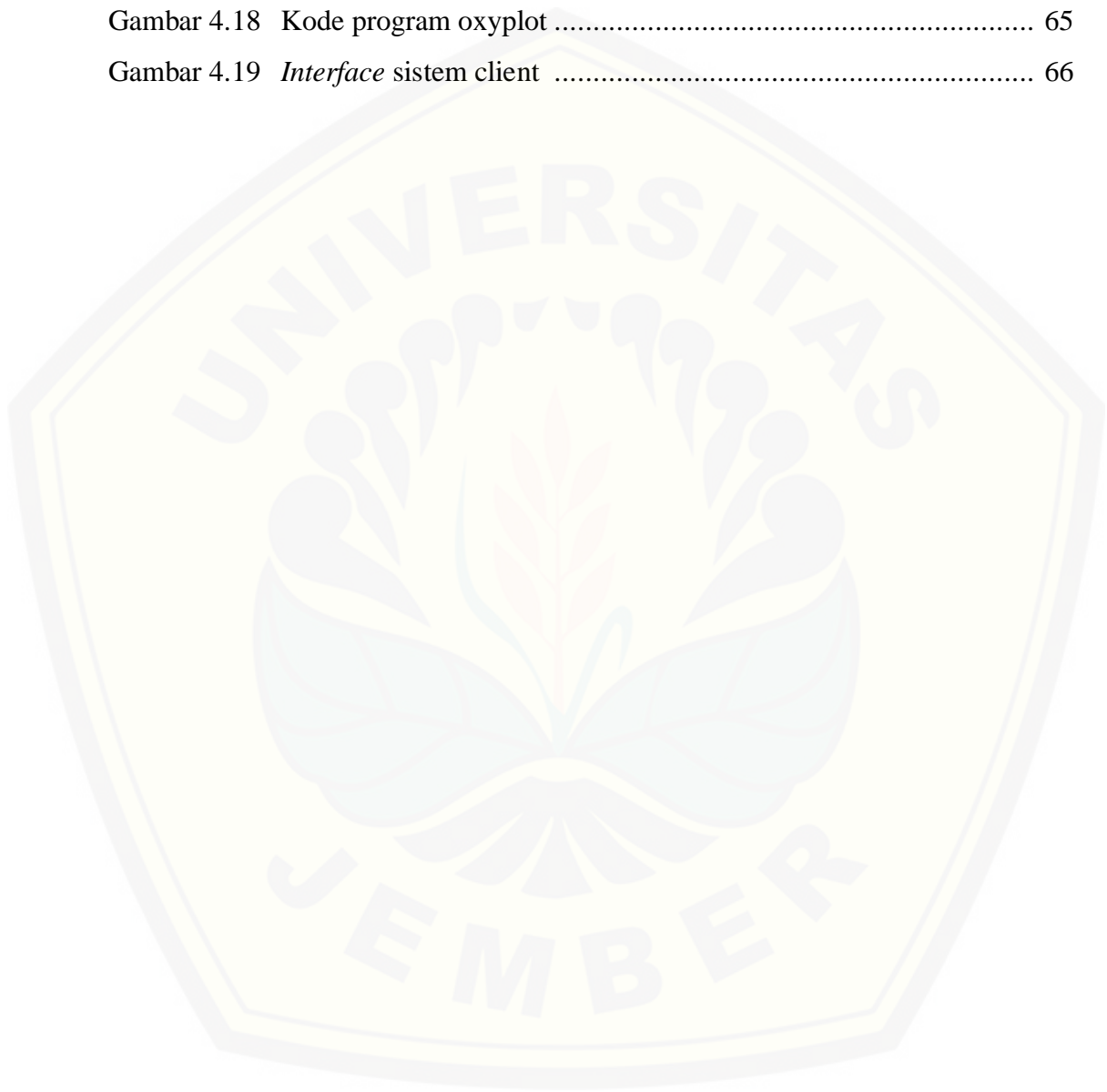


4.1.3 Data Saluran dan Pelanggan .....	34
4.1.3.1 Data Saluran dan Pelangga Penyulang Arjasa.....	35
4.1.3.2 Data Saluran dan Pelangga Penyulang Seruji .....	37
<b>4.2 Perhitungan Metode RIA .....</b>	<b>40</b>
4.2.1 Perhitungan Pada Penyulang Arjasa .....	40
4.2.1.1 Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan Penyulang Arjasa .....	40
4.2.1.2 SAIFI Penyulang Arjasa .....	43
4.2.1.3 SAIDI Penyulang Arjasa .....	44
4.2.2 Perhitungan Pada Penyulang Seruji .....	45
4.2.2.1 Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan Penyulang Seruji .....	45
4.2.2.2 SAIFI Penyulang Seruji.....	50
4.2.2.3 SAIDI Penyulang Seruji .....	51
<b>4.3 Perancangan Sistem Monitoring .....</b>	<b>52</b>
4.3.1 Server .....	52
4.3.2 Client.....	60
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>67</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>77</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>67</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>70</b>

DAFTAR GAMBAR

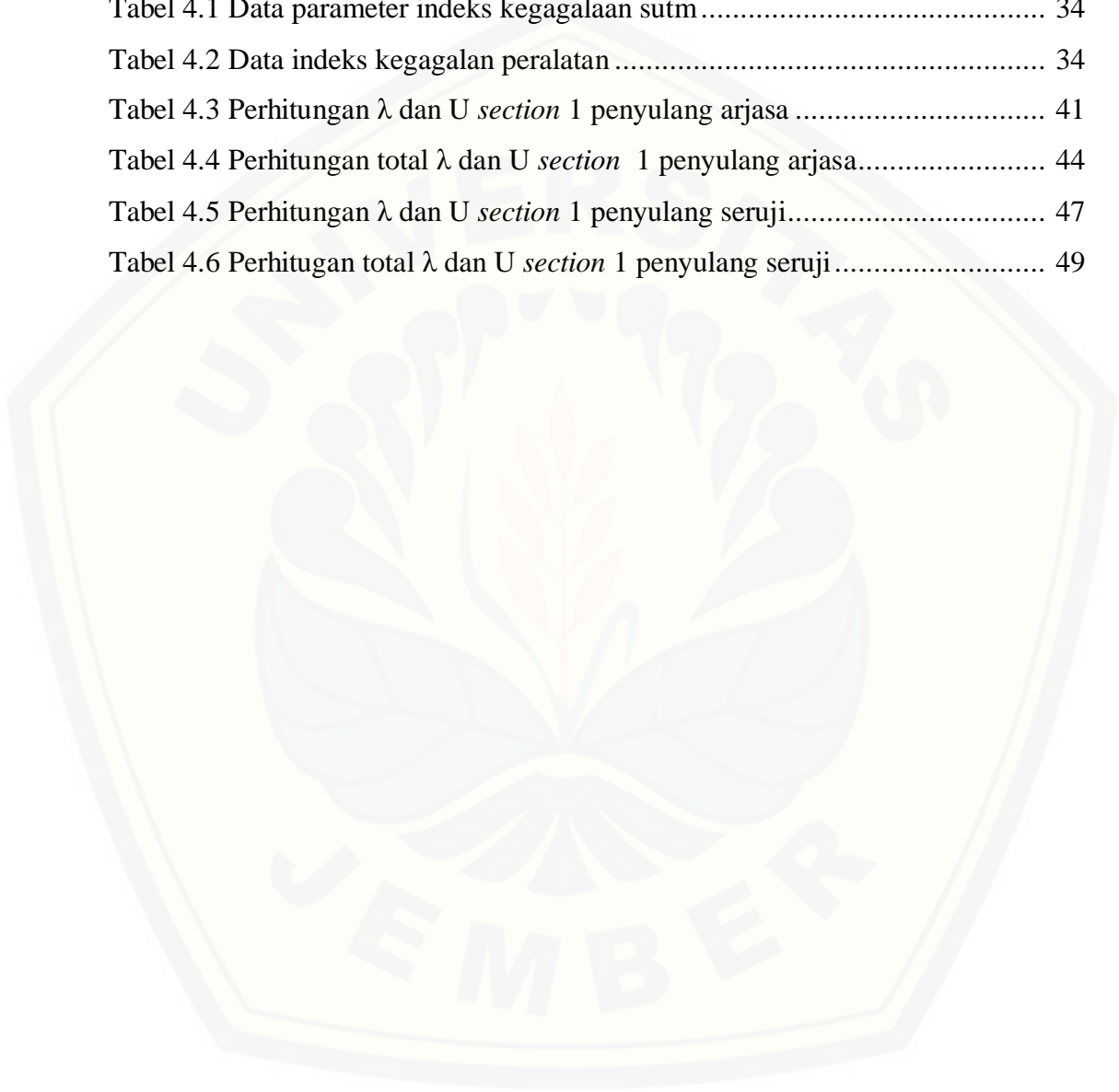
	Halaman
Gambar 2.1 Skema sistem tenaga listrik .....	6
Gambar 2.2 <i>One-line</i> diagram sistem distribusi .....	9
Gambar 2.3 Sistem jaringan <i>radial</i> .....	10
Gambar 2.4 Sistem jaringan <i>loop</i> .....	10
Gambar 2.5 Sistem jaringan <i>spindel</i> .....	11
Gambar 2.6 Tampilan <i>visual studio 2017</i> .....	19
Gambar 2.7 Komponen standar dalam <i>toolbox visual basic</i> .....	20
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 3.2 Tampilan <i>visual studio 2017</i> .....	26
Gambar 3.3 Tampilan perancangan <i>interface server</i> .....	27
Gambar 3.4 Tampilan menu data .....	28
Gambar 3.5 Diagram alir perancangan server .....	29
Gambar 3.6 Tampilan perancangan <i>interface client</i> .....	30
Gambar 3.7 Diagram alir perancangan client .....	31
Gambar 4.1 <i>Single line</i> jaringan sistem distribusi 20KV penyulang arjasa .....	35
Gambar 4.2 <i>Section 1</i> penyulang arjasa .....	36
Gambar 4.3 <i>Single line</i> jaringan sistem distribusi 20KV penyulang seruji.....	38
Gambar 4.4 <i>Section 1</i> penyulang seruji .....	39
Gambar 4.5 Diagram alir perancangan server .....	54
Gambar 4.6 Desain <i>interface</i> server .....	55
Gambar 4.7 Program impor excel.....	56
Gambar 4.8 Data pokok penyulang arjasa.....	57
Gambar 4.9 Data detail penyulang arjasa .....	57
Gambar 4.10 Submenu add item.....	58
Gambar 4.11 Submenu edit data $\lambda$ .....	58
Gambar 4.12 Hasil penambahan data baru .....	59
Gambar 4.13 Program indeks keandalan sistem distribusi .....	60

Gambar 4.14	Diagram alir perancangan client .....	62
Gambar 4.15	Desain <i>interface</i> client .....	63
Gambar 4.16	Tampilan akses server .....	64
Gambar 4.17	Kode program akses database .....	64
Gambar 4.18	Kode program oxyplot .....	65
Gambar 4.19	<i>Interface</i> sistem client .....	66



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 4.1 Data parameter indeks kegagalan sutm.....	34
Tabel 4.2 Data indeks kegagalan peralatan .....	34
Tabel 4.3 Perhitungan $\lambda$ dan U <i>section</i> 1 penyulang arjasa .....	41
Tabel 4.4 Perhitungan total $\lambda$ dan U <i>section</i> 1 penyulang arjasa.....	44
Tabel 4.5 Perhitungan $\lambda$ dan U <i>section</i> 1 penyulang seruji.....	47
Tabel 4.6 Perhitugan total $\lambda$ dan U <i>section</i> 1 penyulang seruji.....	49



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan faktor penting untuk menunjang kehidupan dan kegiatan masyarakat. Di masa sekarang kebutuhan energi listrik semakin meningkat sejalan dengan berkembangnya teknologi. Perkembangan yang pesat ini harus diikuti dengan keandalan yang tinggi. Upaya yang diperlukan untuk memenuhi pertumbuhan energi listrik tidak hanya memenuhi permintaan daya yang meningkat tetapi juga memperbaiki keandalan pelayanan.

Energi listrik pada umumnya dihasilkan dari proses pembangkitan, transmisi, dan distribusi, dimana ketiga hal tersebut adalah komponen utama dari sistem tenaga listrik. Pembangkit dan sistem distribusi terhubung melalui jalur transmisi. Biasanya, saluran transmisi menyalurkan tenaga listrik dalam jumlah besar atau dalam bentuk tegangan tinggi ke gardu induk. Di sisi lain, sistem distribusi memiliki tanggung jawab atas penyampaian energi listrik ini kepada konsumen dalam bentuk tegangan rendah (Debapriya, 2006).

Dalam pemakaian daya listrik oleh konsumen, wajib diperlukan adanya sistem distribusi tenaga listrik. Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya besar sampai menuju ke konsumen. Peran utama dari sistem distribusi adalah menyalurkan energi listrik secara andal dan terus menerus dari sistem transmisi menuju ke beban dan pelanggan. Secara umum sistem didefinisikan sebagai kumpulan sejumlah sub-sistem atau komponen yang berhubungan satu sama lain guna menjalankan fungsi tertentu (Hengki, 2012).

Keandalan sistem distribusi secara umum dapat digambarkan keberlangsungan layanan listrik kepada pelanggan, yang bergantung baik pada ketersediaan sumber daya listrik yang mencukupi untuk memenuhi permintaan dan pada kemampuan sistem transmisi dan distribusi untuk menghasilkan tenaga. Secara historis, meskipun, analisis keandalan telah menekankan aspek generasi, terutama pada tingkat sistem. Sebagian, ini karena sistem transmisi telah dirancang

dengan kapasitas berlebih yang memadai untuk mendapatkan asumsi bahwa daya yang dihasilkan selalu dapat disampaikan, di mana saja (Aexandra, 2006).

Keandalan sistem distribusi energi listrik dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, alat pengaman yang digunakan beserta sistem proteksinya. Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem otomatis akan memberikan nilai kerja suatu sistem distribusi yang baik. Salah satu upaya untuk meningkatkan keandalan suatu sistem distribusi energi listrik yaitu dengan menambahkan *fuse*, *sectionalizer*, atau *recloser*. Gangguan atau kerusakan yang terjadi dalam sistem distribusi dapat menyebabkan pelepasan beban sehingga terjadi pemadaman, dan akan mempengaruhi nilai keandalan sistem tersebut. (Canggi, 2014)

Untuk menganalisis keandalan sistem tersebut, umumnya menggunakan metode RIA (*Reliability Index Assesment*). Metode RIA merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai *reliability component*. Secara fungsional RIA mendata kegagalan yang terjadi pada peralatan secara komprehensif, lalu mengidentifikasi kegagalan tersebut, dan menganalisis mode kegagalan tersebut (Herdianto, 2012). Indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI (*Sistem Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*Sistem Average Interruption Duration Index*). (Aditya, 2013).

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan jasa dan kelistrikan Indonesia yaitu PT. PLN (Persero) selaku BUMN (Badan Usaha Milik Negara). PT. PLN (Persero) sebagai agen listrik bertugas untuk membangun kegiatan-kegiatan usaha yang berkaitan dengan kelistrikan, yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat serta mendorong peningkatan ekonomi. Banyaknya penggunaan energi listrik menuntut negara untuk lebih gigih dalam meningkatkan kualitas penyaluran listrik. Oleh karena itu, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Jember selaku BUMN selalu mengupayakan memberikan yang terbaik bagi para konsumen serta berusaha memenuhi ketersediaan listrik bagi negara Indonesia.



Dalam penelitian yang pernah dilakukan oleh Dedy Nur Arif Rakhman dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Dengan Metode *Reliability Network Equivalent Approach* Di PLN APJ Jember” yang telah dilakukan pada tahun 2012, didapatkan indeks keandalan sistem distribusi APJ Jember hasil dari perhitungan SAIDI-SAIFI berdasarkan konfigurasi jaringan yaitu pada penyulang Tegal Boto sebesar 1,859 (Pemadaman/Pelanggan.Tahun) untuk SAIFI dan 3.972 (Jam/Pelanggan.Tahun) untuk SAIDI. Sedangkan untuk penyulang Karimata 1,756 (Pemadaman/Pelanggan.Tahun) untuk SAIFI dan 5.490 (Jam/Pelanggan.Tahun) untuk SAIDI. Sedangkan target yang digunakan yaitu 1.755 untuk SAIFI dan 3.240 untuk SAIDI. Dapat diketahui bahwa nilai SAIFI pada penyulang Tegal Boto dan Karimata berada di bawah target PLN, namun untuk nilai SAIDI masih berada di atas target PLN. Untuk nilai SAIDI-SAIFI, semakin rendah nilai keduanya maka jaringan tersebut semakin andal. Dalam mengevaluasi nilai indeks keandalan pada sisi pelanggan, SAIFI dan SAIDI tidak bisa dievaluasi secara terpisah tetapi harus dievaluasi secara bersama-sama atau keseluruhan. Jadi nilai indeks SAIFI dan SAIDI keduanya harus memenuhi standar yang telah ditentukan. Sehingga kedua penyulang yakni penyulang Tegal Boto dan Karimata pada APJ Jember dapat dikatakan belum andal.

Berdasarkan latar belakang dan kasus tersebut, penulis melakukan suatu inovasi dengan membuat penelitian berjudul “Monitoring Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode RIA”. Pada penelitian ini membangun sistem monitoring indeks keandalan sistem distribusi menggunakan *software Visual Studio*. Dimana sistem tersebut akan terintegrasi dengan *interface* sederhana untuk dapat memonitoring nilai indeks keandalan tersebut secara berkala. Sehingga dapat dijadikan acuan untuk melakukan perawatan maupun perbaikan pada sistem distribusi guna menciptakan pelayanan yang andal dan berkualitas.

*Visual Studio* merupakan bahasa pemrograman dengan teknik pemrograman *visual* yang memungkinkan pengguna untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Dengan dasar pembuatan dalam *Visual Studio* adalah *Form*, dimana pengguna dapat mengatur tampilan *form* kemudian dijalankan dalam *script*. (Achmad, 2006)



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan inti masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini yaitu:

1. Sejauh mana tingkat keandalan sistem distribusi 20 KV pada penyulang Arjasa dan penyulang Seruji di PT. PLN APJ Jember?
2. Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring indeks keandalan sistem distribusi?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian pada bagian yang dianggap penting, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Menganalisis sistem distribusi area Jember di PT.PLN APJ Jember, khususnya penyulang Seruji dan Arjasa.
2. Analisis indeks keandalan sistem distribusi menggunakan metode RIA.
3. Perhitungan dan analisis menggunakan *Microsoft excel*.
4. Monitoring indeks keandalan sistem menggunakan *software Visual Studio*.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengevaluasi seberapa besar indeks keandalan sistem distribusi energi listrik di PT. PLN APJ Jember khususnya penyulang Arjasa dan Seruji.
2. Merancang dan membangun sistem monitoring indeks keandalan sistem distribusi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui seberapa besar indeks keandalan suatu sistem distribusi secara berkala berdasarkan kondisi sebenarnya di lapangan secara berkala, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan

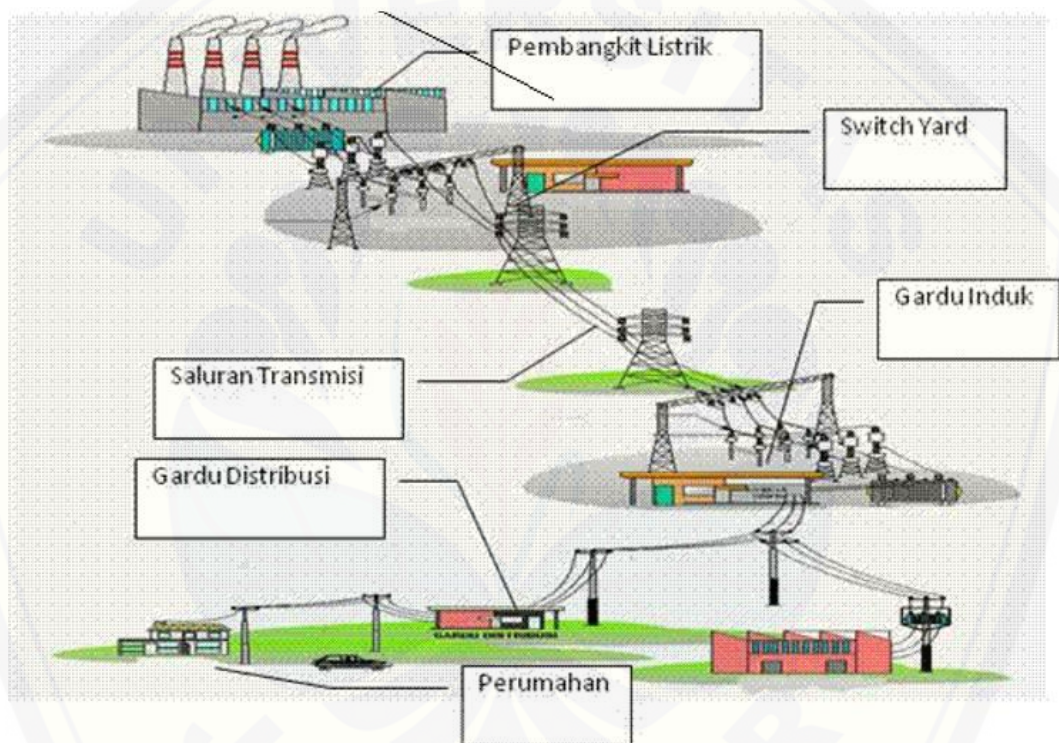
perawatan atau perbaikan pada sistem distribusi tersebut khususnya di PT. PLN (Persero) APJ Jember penyulang Arjasa dan Seruji.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan (Slamet, 2017). Secara garis besar Sistem Tenaga Listrik dapat digambarkan dengan skema seperti Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik  
(Sumber: Slamet Suropto, 2017)

Pada sistem pembangkitan, *level* tegangan disesuaikan dengan spesifikasi generator pembangkit yang digunakan, biasanya berkisar antara 11 s/d 24 kV. Untuk pembangkit yang berkapasitas lebih besar biasanya menggunakan *level* tegangan yang lebih tinggi. Hal ini dilakukan agar arus yang mengalir tidak terlalu besar. Karena untuk kapasitas daya tertentu, besar arus yang mengalir berbanding terbalik dengan tegangannya. *Level* tegangan pada pembangkit biasanya tidak tinggi, karena semakin tinggi *level* tegangan generator, jumlah lilitan generator

harus lebih banyak lagi. Dengan lilitan yang lebih banyak mengakibatkan generator menjadi lebih besar dan lebih berat sehingga dinilai tidak efisien. Pusat-pusat pembangkit konvensional yang ada di Indonesia mencakup, Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA), Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Pembangkit konvensional secara garis besar masih menggunakan sumber daya alam sebagai sumber daya energi primernya. Akan menjadi masalah besar, apabila cadangan sumber energi primer ini habis. Sebagai contoh PLTD yang masih tergantung pada minyak bumi sebagai bahan bakar mesin Diesel untuk menggerakkan Generatornya. Begitu juga untuk PLTU, dan PLTG yang tergantung dari sumber daya alam.

Saluran transmisi berfungsi untuk mengirim atau mentransmisikan energi listrik dari sumber pembangkit ke Gardu Induk, atau dari Gardu Induk ke Gardu Induk yang lain. Saluran Transmisi mempunyai tegangan kerja sesuai SPLN, yaitu untuk tegangan 30 kV, 70 kV, dan 150 kV disebut Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). Untuk tegangan 500 kV disebut Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Pada sistem saluran transmisi biasanya digunakan *level* tegangan yang lebih tinggi. Hal ini karena fungsi pokok saluran transmisi adalah menyalurkan daya, sehingga yang dipentingkan adalah sistem mampu menyalurkan daya dengan efisiensi yang tinggi atau rugi-rugi daya dan turun tegangannya kecil. Upaya yang dilakukan adalah mempertinggi *level* tegangan agar arus yang mengalir pada jaringan transmisi lebih kecil. *Level* tegangan saluran transmisi lebih tinggi dari tegangan yang dihasilkan generator pembangkit. Tegangan saluran transmisi umumnya berkisar antara 70 s/d 500 kV. Untuk menaikkan tegangan dari *level* pembangkit ke *level* tegangan saluran transmisi diperlukan transformator penaik tegangan (*Step-Up Transformer*), tegangan 20 kV dikonversi menjadi tegangan SUTT dan SUTET.

Sistem distribusi merupakan bagian sistem tenaga listrik dari sumber listrik besar (Gardu Induk) ke Gardu Distribusi, dari gardu distribusi ke gardu distribusi. Pada jaringan distribusi biasanya menggunakan tegangan yang lebih rendah dari tegangan saluran transmisi. Hal ini karena daya yang didistribusikan oleh masing-masing jaringan distribusi biasanya relatif kecil dibanding dengan daya yang

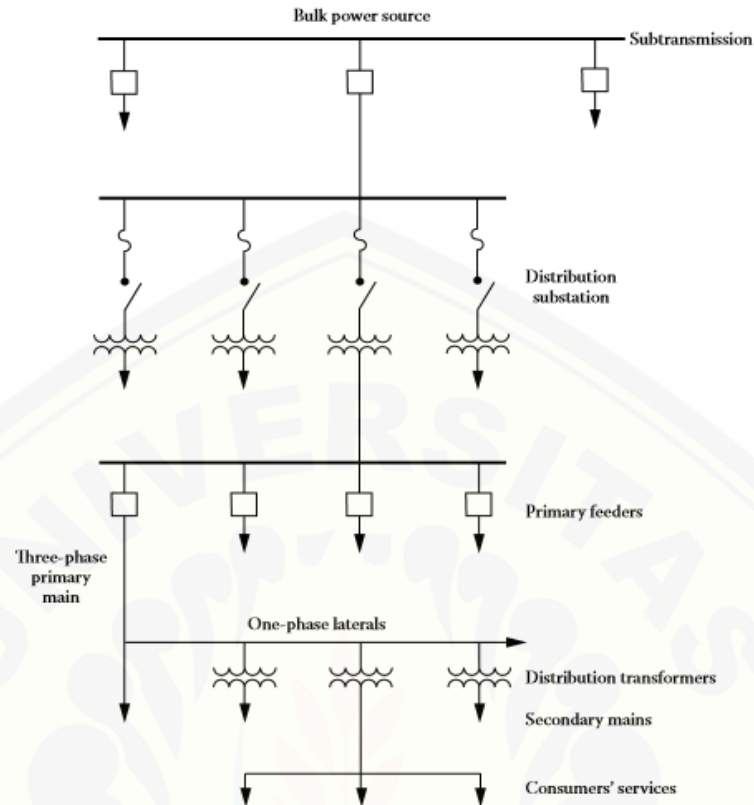


disalurkan saluran transmisi, dan juga menyesuaikan dengan tegangan pelanggan atau pengguna energi listrik. *Level* tegangan jaringan distribusi yang sering digunakan ada dua macam, yaitu 20 kV untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan 220 V untuk jaringan tegangan rendah (JTR). Dengan demikian diperlukan gardu induk yang berisi trafo penurun tegangan untuk menurunkan tegangan dari saluran transmisi ke tegangan distribusi 20 kV. Diperlukan juga trafo distribusi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV ke 220V sesuai tegangan pelanggan. *Level* tegangan beban pelanggan menyesuaikan dengan jenis bebannya, misalnya beban industri yang biasanya memerlukan daya yang relatif besar biasanya menggunakan tegangan menengah 20 kV, sedang beban rumah tangga dengan daya yang relatif kecil, biasanya menggunakan tegangan rendah 220 V.

## 2.2 Sistem Distribusi Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari suatu sistem tenaga listrik secara keseluruhan dimana dalam sistem tersebut bertujuan untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya besar sampai ke konsumen. Pada umumnya sistem distribusi tenaga listrik Indonesia terdiri atas beberapa bagian, sebagai berikut :

- Gardu Induk (GI)
- Saluran Tegangan Menengah (STM)/Distribusi Primer
- Gardu Distribusi (GD)
- Saluran Tegangan Rendah (TR)



Gambar 2.2 *One-line* Diagram Sistem Distribusi  
(Sumber: Turan Gonen, 2014)

Gardu induk berfungsi menerima daya dari saluran transmisi yang kemudian akan disalurkan melalui saluran distribusi primer menuju gardu distribusi. Terdapat dua bagian saluran distribusi yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jaringan distribusi primer umumnya bertegangan tinggi antara 6 kV sampai 20 kV. Tegangan tersebut diturunkan oleh *transformator* distribusi yang terdapat pada gardu distribusi menjadi tegangan rendah antara 220 sampai 380 V, untuk selanjutnya disalurkan ke konsumen melalui saluran distribusi sekunder (Turan, 2014).

### 2.3 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem utilitas listrik yang menyalurkan energi listrik dari sumber daya ke konsumen dari gardu induk transmisi dimana penyalurannya menggunakan media kabel konsuktor yang

tersusun sedemikian rupa. Ada beberapa macam sistem jaringan distribusi yang digunakan yaitu sistem *radial*, sistem *loop*, sistem *spindel*.

### 2.3.1 Sistem Jaringan *Radial*

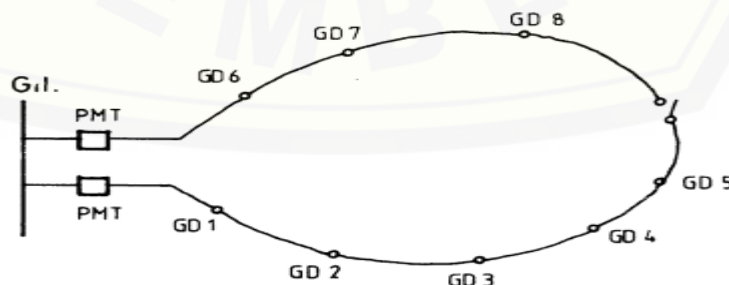
Bentuk jaringan dimana antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran (*line*), tidak ada alternatif saluran lainnya. Bentuk jaringan ini merupakan bentuk jaringan paling dasar, paling sederhana dan banyak digunakan. Dinamakan *radial* karena saluran ini ditarik secara *radial* dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan tersebut dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban (Abrar, 2012).



Gambar 2.3 Sistem Jaringan *Radial*  
(Sumber: SPLN 59, 1985)

### 2.3.2 Sistem Jaringan *Loop*

Sistem jaringan *loop* merupakan jaringan yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang berkelilingan di daerah beban kemudian kembali ke titik rel daya semula. Pola ini ditandai dengan adanya dua sumber pengisian yaitu sumber utama dan sebuah sumber cadangan. Jika salah satu sumber pengisian (saluran utama) mengalami gangguan, akan dapat digantikan oleh sumber pengisian yang lain (saluran cadangan) (Abrar, 2012).

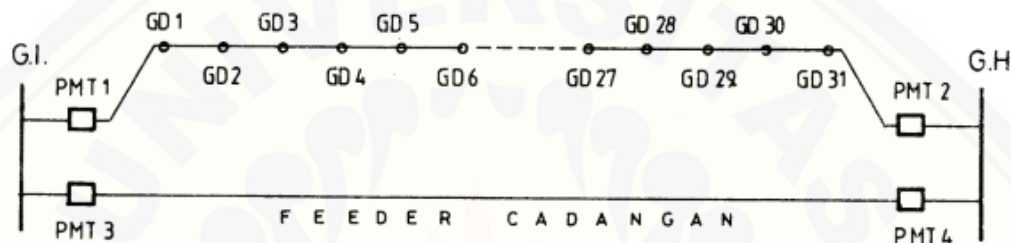


Gambar 4. Sistem Jaringan *Loop*  
(Sumber: SPLN 59, 1985)



### 2.3.3 Sistem Jaringan *Spindel*

Jaringan rimer pola *spindel* merupakan perkembangan dari pola *radial* dan *loop*. Beberapa saluran keluar dari gardu induk diarahkan menuju tempat yang disebut gardu hubung (GH), kemudian antara GI dan GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut *express feeder*. Sistem gaardu distribusi ini terdapat di sepanjang saluran kerja dan terhubung secara seri. Sistem ini dalam keadaan normal bekerja secara *radial* dan dalam keadaan darurat bekerja secara *loop* (Abrar, 2012).



Gambar 2.5 Sistem Jaringan *Spindel*  
(Sumber: SPLN 59, 1985)

## 2.4 Gangguan Pada Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem tenaga listrikan sudah menjadi bagian dari pengoperasian sistem tenaga listrik tersebut. Mulai dari sumber alam, pembangkit, transmisi, distribusi hingga pusat-pusat beban tidak pernah lepas dari berbagai macam gangguan. Bagian dari sistem kelistrikan tersebut yang sering mengalami gangguan ialah kawat penghantarnya, karena pada umumnya untuk mentransmisikan daya listrik menggunakan kawat/konduktor melalui udara. Terlebih jika saluran tersebut tidak memiliki peralatan proteksi yang memadai, maka akan sering mengalami gangguan. Semua gangguan biasa disebabkan dari peralatannya atau kesalahan mekanis, thermis dan tegangan lebih atau karena material yang cacat/rusak, serta gangguan dari luar. Gangguan yang sering terjadi yaitu gangguan hubung singkat. Besar arus gangguan hubung singkat tergantung dari konfigurasi dari sistem, kapasitor dari sumber daya, jarak gangguan dari unit pembangkit, jenis dan sifat gangguan hubung singkat, metode hubungan netral dari

trafo, angka pengenal dari peralatan-peralatan utama dan alat-alat pembatas arus, lamanya hubung singkat itu tidak hanya dapat merusak peralatan atau elemen-elemen sirkuit, tetapi juga dapat menyebabkan jatuhnya tegangan dan frekuensi sistem, sehingga kerja parallel dari unit-unit pembangkit menjadi terganggu.

#### 2.4.1 Klasifikasi Gangguan

##### a. Macam-macam gangguan

1. Gangguan tiga fasa dengan atau tanpa ke tanah
2. Gangguan fasa ke fasa, tanpa ke tanah
3. Gangguan satu fasa ke tanah
4. Gangguan dua fasa ke tanah

Pada gangguan satu fasa ke tanah, arus gangguannya sering lebih besar dari arus gangguan tiga fasa, hal ini dapat terjadi jika titik netral dari generatog atau trafo dari sistem tersebut ditanahkan langsung. Jenis gangguan yang biasanya terjadi di lapangan yaitu gangguan satu fasa ke tanah biasanya terdapat tahanan hubung singkat. Meskipun gangguan satu fasa ke tanah sering terjadi, perhitungan tiga fasa simetris sering digunakan untuk analisis hubung singkat.

##### b. Sifat-sifat gangguan

###### 1. Gangguan Permanen (*Sustained Interruption*)

Jenis gangguan ini ditandai dengan bekerjanya kembali PMT untuk memutus daya listrik. Gangguan permanen baru dapat diatasi setelah sebab gangguannya dihilangkan.

###### 2. Gangguan Temporer (*Momentary Interruption*)

Jenis gangguan ini ditandai dengan normalnya kerja PMT setelah dimasukkan kembali. Pada gangguan temporer dapat diatasi setelah sebab gangguan hilang dengan sendirinya setelah PMT trip.

#### 2.4.2 Penyebab Gangguan pada SUTM/SKTM

##### a. Pada SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah)

1. Alam (Petir, Pohon, Panas, Hujan, Angin).
2. Kerusakan atau kegagalan peralatan dan saluran.
3. Human error.

4. Binatang dan benda-benda asing, dll.
- b. Pada SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah)
  1. Gangguan dari Dalam (*Internal Fault*)

Tegangan dan arus abnormal, pemasangan yang kurang baik, penuaan dan beban lebih.
  2. Gangguan dari Luar (*External Fault*)

Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran air dan lain-lain. Kendaraan yang lewat di atasnya, impuls petir lewat saluran udara, binatang dan deformasi tanah.

#### 2.4.3 Akibat yang Ditimbulkan oleh Gangguan

- a. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan tersebut sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian atau menyebabkan keluarnya suatu unit pembangkit.
- b. Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintanginya kerja normal pada peralatan listrik.
- c. Penurunan stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya generator.
- d. Rusaknya peralatan.

### 2.5 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan melalui perhitungan maupun analisis terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya (Turan, 2014).

Keandalan tenaga listrik adalah menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan terutama pelanggan daya besar yang membutuhkan kontinuitas penyaluran listrik secara mutlak. Apabila penyaluran tenaga listrik tersebut putus atau tidak tersalurkan akan mengakibatkan proses produksi dari pelanggan besar tersebut terganggu. Struktur Jaringan Tegangan Menengah (JTM) memegang

peranan penting dalam menentukan keandalan penyaluran tenaga listrik, karena jaringan tegangan menengah memungkinkan dapat melakukan manuver tegangan dengan mengalokasikan tempat gangguan dan beban dapat dipindahkan melalui jaringan lainnya (Siti, 2008).

Terdapat beberapa cara untuk memperbaiki keandalan sistem distribusi tenaga listrik, yaitu dengan mengurangi frekuensi terjadinya gangguan dan dengan cara mengurangi durasi gangguan dilakukan tindakan preventif yakni dengan adanya pemeliharaan jaringan secara berkala. Hal ini untuk menjamin *performa* sistem secara menyeluruh. Sedangkan untuk mengurangi durasi gangguan disadari pentingnya otomatisasi sistem distribusi untuk memastikan pemulihan pasokan tenaga listrik secara cepat bagi konsumen. Dan sekaligus memperbaiki tingkat keandalan sistem. Otomatisasi sistem tersebut dilakukan dengan menggunakan sejumlah perawatan keypoint yang berupa *sectionalizer* atau Saklar Seksi Otomatis (SSO). *Sectionalizer* membagi jaringan distribusi ke dalam section-section, dan akan berkerja melakukan operasi *switching* bilamana terjadi gangguan pada sistem. Terdapat 2 macam *switching operation*, pertama adalah *switching operation* yang bertujuan untuk memisahkan section yang terganggu agar tidak mempengaruhi section lainnya. Yang kedua adalah *switching operation* yang bertujuan untuk memutuskan jaringan dari gangguan, sekaligus menghubungkan jaringan yang terputus dengan *alternative* sumber listrik lain apabila memungkinkan untuk menghindari terjadinya pemadaman.

## 2.6 Analisis Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan sistem distribusi didefinisikan dengan kemampuan komponen-komponen sistem distribusi untuk melakukan fungsinya (menyalurkan energi listrik ke pelanggan) dengan baik dalam kondisi maupun periode waktu yang telah ditentukan (Mithulanathan, 2004).

Dalam masa kerjanya, suatu komponen atau sistem akan mengalami berbagai kerusakan atau kegagalan dalam pengoperasiannya. Ada beberapa faktor yang perlu diketahui dan dihitung sebelum melakukan perhitungan analisis keandalan antara lain : frekuensi gangguan, lama/durasi gangguan.

### 2.6.1 Frekuensi Gangguan (*Failure Rate*)

Laju kegagalan didefinisikan sebagai nilai atau jumlah dari gangguan dalam suatu interval waktu tertentu. Laju kegagalan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\lambda = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :  $\lambda$  = laju kegagalan  
 $d$  = total kegagalan  
 $t$  = rentang waktu kegagalan

Berdasarkan penyebab terjadinya kegagalan, laju kegagalan dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- a. *Suistained failure rate* yang merupakan nilai laju kegagalan yang diakibatkan oleh gangguan yang memiliki interval waktu yang cukup lama di dalam periode perbaikannya. Jenis laju kegagalan ini yang umum digunakan untuk perhitungan indeks keandalan suatu sistem distribusi.
- b. *Momentary failure rate* merupakan nilai laju kegagalan yang disebabkan oleh gangguan sesaat yang dialami oleh suatu komponen.

### 2.6.2 Lama/durasi Gangguan (*Unavailability*)

Ketidaktersediaan adalah waktu dimana sistem tidak dapat menyuplai daya ke pelanggan. Ketidaktersediaan juga berarti durasi gangguan yang dialami oleh sistem. Unavailability dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$U = \lambda . r \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana :  $U$  = *unavailability*  
 $\lambda$  = *failure rate*  
 $r$  = *repair time*

Indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian terhadap parameter keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Beberapa indeks keandalan yang umum digunakan dalam menentukan nilai keandalan suatu sistem distribusi antara lain SAIFI, dan SAIDI.



### 2.6.3 SAIFI (*Sistem Average Interruption Frequency Index*)

Indeks ini memberikan informasi tentang frekuensi rata-rata pemadaman untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi (Turan, 2014). Untuk menghitung indeks ini menggunakan persamaan berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot N_i}{N_T} \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana :  $\lambda_i$  = *failure rate* dari komponen i  
 $N_i$  = jumlah pelanggan yang mengalami gangguan karena komponen i  
 $N_T$  = jumlah keseluruhan pelanggan  
 $m$  = jumlah komponen  
 $SAIFI$  = kegagalan/pelanggan/tahun

### 2.6.4 SAIDI (*Sistem Average Interruption Duration Index*)

Indeks ini menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap pelanggan dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi (Turan, 2014). Untuk menghitung indeks ini menggunakan persamaan berikut :

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m U_i \cdot N_i}{N_T} \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana :  $U_i$  = *unavaibility* dari komponen i  
 $N_i$  = jumlah pelanggan yang mengalami gangguan karena komponen i  
 $N_T$  = jumlah keseluruhan pelanggan  
 $m$  = jumlah komponen  
 $SAIDI$  = jam/pelanggan/tahun

## 2.7 Metode *Reliability Index Assesment*

Metode *Reliability Index Assesment* merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai *reliability component*. Secara fungsional RIA mendata kegagalan yang terjadi pada peralatan secara komprehensif, lalu mengidentifikasi kegagalan tersebut, dan menganalisis mode kegagalan tersebut.



Filosofi dari metode RIA adalah suatu sistem mode yang melibatkan analisis *bottom-up* dimana suatu analisis mode kegagalan spesifik dari sub sistem, dilihat pengaruhnya terhadap keseluruhan sistem sehingga dapat dihasilkan indeks-indeks keandalan yang memiliki kontribusi terhadap indeks keandalan seluruh sistem (Herdianto, 2012).

Syarat-syarat metode RIA :

1. Data topologi penyulang sistem jaringan distribusi 20 KV secara menyeluruh beserta titik-titik beban.
2. Parameter data keandalan sistem, meliputi *momentary failure rate*, *repair time*, *switching time*.
3. Data jumlah pelanggan pada tiap titik beban.

## 2.8 Visual Studio

Bahasa *basic* pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa *basic* dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih mudah lagi setelah hadirnya *Microsoft Visual Studio*, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan *script* (*simple scripting language*) untuk *graphic user interface* yang dikembangkan dalam sistem operasi *Microsoft Windows*.

*Visual Studio* merupakan bahasa pemrograman yang sangat mudah dipelajari, dengan teknik pemrograman *visual* yang memungkinkan penggunanya untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Ini terlihat dari dasar pembuatan dalam *Visual Studio* adalah *FORM*, dimana pengguna dapat mengatur tampilan *form* kemudian dijalankan dalam *script* yang sangat mudah.

Ledakan pemakaian *Visual Basic* ditandai dengan kemampuan *Visual Studio* untuk dapat berinteraksi dengan aplikasi lain di dalam sistem operasi *Windows* dengan komponen *ActiveX Control*. Dengan komponen ini memungkinkan pengguna untuk memanggil dan menggunakan semua model data yang ada di dalam sistem operasi *windows*. Hal ini juga ditunjang dengan teknik pemrograman di

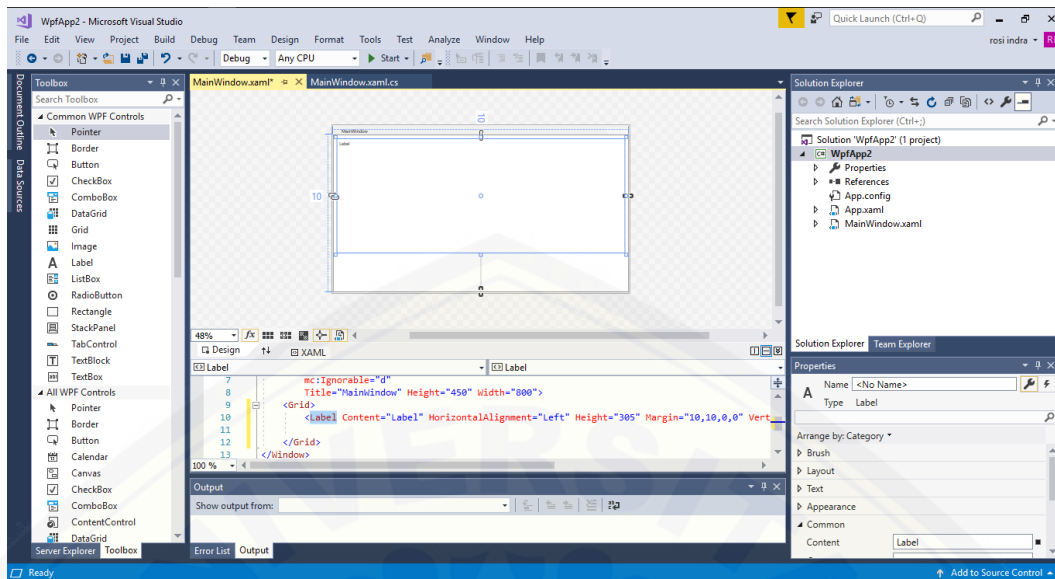
dalam *Visual Basic* yang mengadopsi dua macam jenis pemrograman yaitu Pemrograman *Visual* dan *Object Oriented Programming* (OOP) (Achmad, 2006).

### 2.8.1 *Visual Studio* 2017

*Microsoft Visual Studio* adalah sebuah *Integrated Development Environment* buatan *Microsoft Corporation*. *Microsoft Visual Studio* dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi dalam *native code* (dalam bentuk bahasa mesin yang berjalan di atas Windows) ataupun *managed code* (dalam bentuk Microsoft Intermediate Language di atas .NET Framework). Selain itu, *Visual Studio* juga dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi *Silverlight*, aplikasi *Windows Mobile* (yang berjalan di atas *.NET Compact Framework*). *Visual Basic* mencakup sebuah kode editor yang didukung oleh fitur *intellisense* atau yang disebut dengan *code refactoring*. *Debugger* telah terintegrasi bekerja pada level *source level debugger* dan level *debugger* mesin. *Toll built in* mencakup *form desainer* untuk membangun sebuah aplikasi GUI, *web desainer*, *class desainer* dan *database schema desainer*. *Microsoft Visual Studio* didukung bahasa pemrograman yang berbeda. Adapun bahasa pemrograman yang didukung oleh *Visual Basic Studio* adalah bahasa pemrograman C++, Visual Basic, Visual C#. *Visual Studio* juga dapat mendukung bahasa pemrograman lain seperti M, phyton (Extice, 2017).

*Visual Studio* 2017 sebetulnya perkembangan dari versi sebelumnya dengan beberapa penambahan komponen yang sedang tren saat ini, seperti kemampuan pemrograman internet dengan DHTML (*Dynamic HyperText Mark Language*), dan beberapa penambahan fitur *database* dan multimedia yang semakin baik. Sampai saat buku ini ditulis bisa dikatakan bahwa *Visual Studio* 2017 masih merupakan pilih pertama di dalam membuat program aplikasi yang ada di pasar perangkat lunak nasional. Hal ini disebabkan oleh kemudahan dalam melakukan proses *development* dari aplikasi yang dibuat (Achmad, 2006).

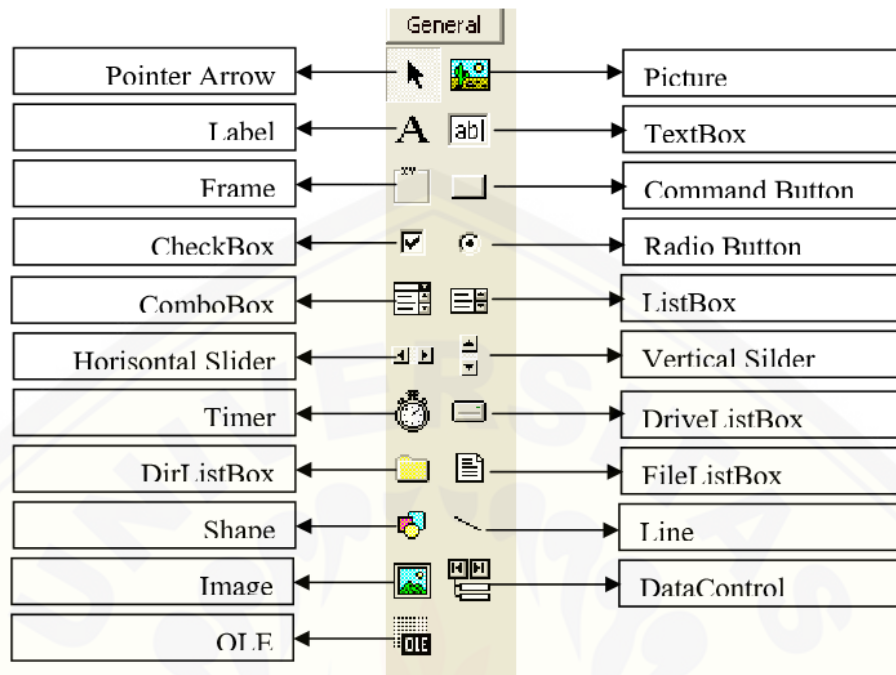
Antar muka *Visual Studio* 2017, berisi *menu*, *toolbar*, *toolbox*, *form*, *project explorer* dan *property* seperti terlihat pada Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6 Tampilan *Visual Studio 2017*

Pembuatan program aplikasi menggunakan *Visual Basic* dilakukan dengan membuat tampilan aplikasi pada *form*, kemudian diberi script program di dalam komponen-komponen yang diperlukan. *Form* disusun oleh komponen-komponen yang berada di [*Toolbox*], dan setiap komponen yang dipakai harus diatur propertinya lewat jendela [*Property*]. Menu pada dasarnya adalah operasional standar di dalam sistem operasi windows, seperti membuat *form* baru, membuat *project* baru, membuka *project* dan menyimpan *project*. Di samping itu terdapat fasilitas-fasilitas pemakaian *visual basic* pada menu. Untuk lebih jelasnya *visual basic* menyediakan bantuan yang sangat lengkap dan detail dalam MSDN. *Toolbox* berisi komponen-komponen yang bisa digunakan oleh suatu *project* aktif, artinya isi komponen dalam toolbox sangat tergantung pada jenis *project* yang dibangun (Achmad, 2006).

Komponen standar dalam *toolbox* dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Komponen Standar Dalam *Toolbox Visual Basic*  
(Sumber: Achmad Basuki, 2006)

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian yang dilakukan ini, untuk memperoleh data dan hasil dari penelitian yang sesuai dengan tujuan, maka akan dilakukan beberapa tahapan-tahapan pada proses penelitian ini. Adapun kegiatan yang akan dilakukan sebagaimana dapat dijelaskan seperti berikut.

#### 3.1 Tempat Pelaksanaan

##### 3.1.1 Tempat Penelitian

Pelaksanaan perancangan dan pengujian sistem monitoring dari skripsi yang berjudul tentang “Monitoring Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode RIA” dilaksanakan di Laboratorium Sistem Tenaga, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang beralamat di Jl. Slamet Riyadi no. 62 Patrang, Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Data Lapangan Sistem Distribusi PLN Area Jember

Pada penelitian ini menggunakan data kondisi lapangan atau data real dari sistem distribusi 20kV PT. PLN Area Jember. Data yang digunakan yaitu penyulang Arjasa dan penyulang Seruji PLN Area Jember, meliputi data topologi jaringan, panjang saluran, jumlah pelanggannya. Penggunaan kedua penyulang tersebut bertujuan untuk membandingkan tingkat keandalan sistemnya.

##### 3.2.2 Laptop

Sebuah perangkat komputer yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan *minimum system requirements* sebagai berikut :

- Processor berkecepatan 1.8 GHz atau lebih
- RAM 2GB atau lebih
- Sisa ruang penyimpanan *internal* minimal 130 GB
- Resolusi minimal VGA 720p



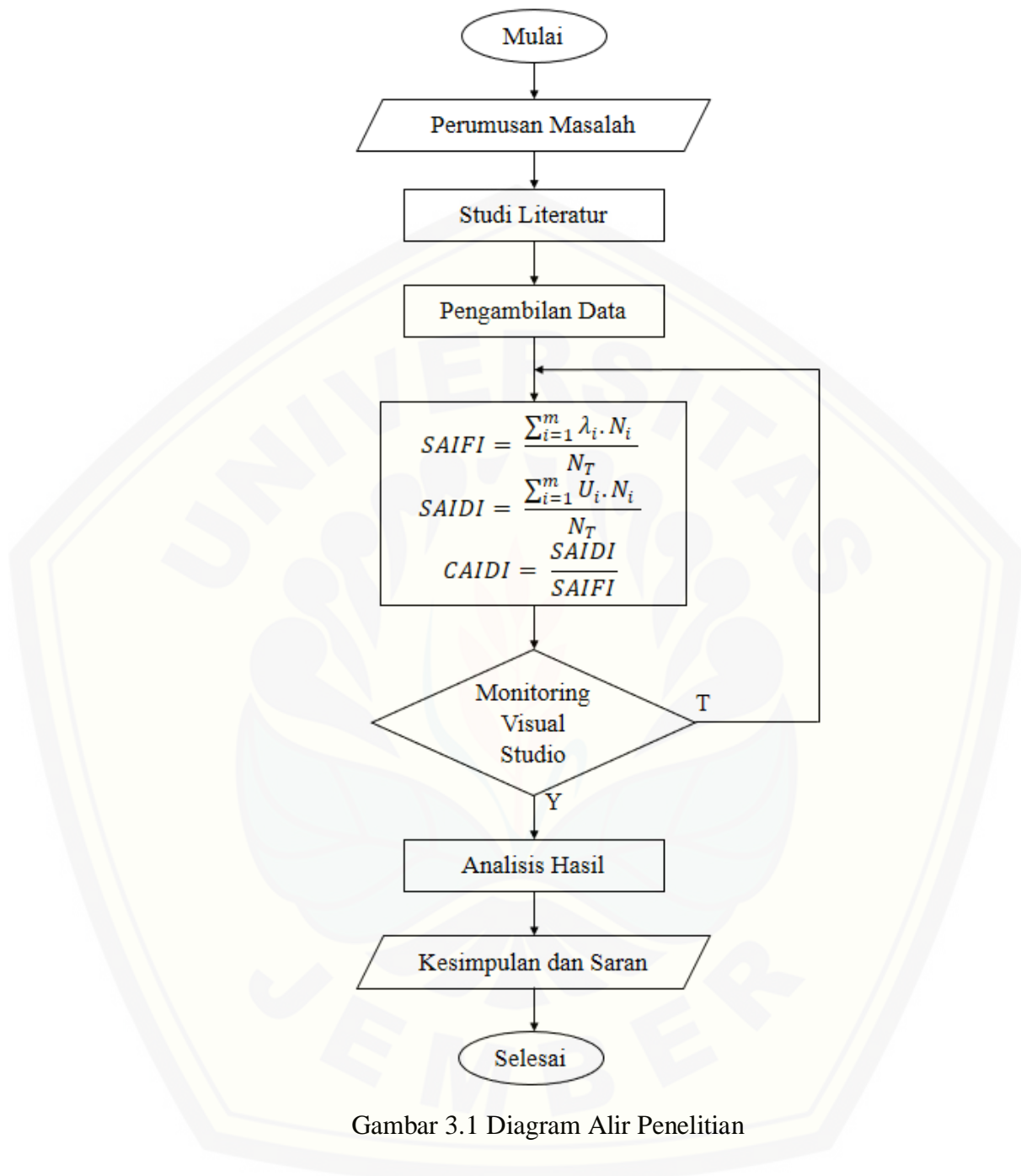
### 3.2.3 Software Visual Studio 2017

Pada penelitian ini menggunakan *software Visual Studio 2017* untuk merancang sistem monitoring keandalan distribusi. *Visual Studio 2017* merupakan aplikasi pemrograman dengan bahasa *basic* yang telah dihadirkan oleh *Microsoft Corporation*. Kelebihan *Visual Studio* ini dapat berinteraksi dengan aplikasi lain di dalam sistem operasi Windows dengan komponen *ActiveX Control*. Dengan komponen ini memungkinkan pengguna untuk memanggil dan menggunakan semua model data yang ada di dalam sistem operasi *windows*. Hal ini juga ditunjang dengan teknik pemrograman di dalam *Visual Basic* yang mengadopsi dua macam jenis pemrograman yaitu *visual programming* dan *Object Oriented Programming (OOP)*.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap dalam penelitian dan penyusunan penelitian ini secara keseluruhan yang digunakan sebagai kerangka dalam pemecahan masalah pada penelitian kali ini dapat dinyatakan dalam diagram alir sebagaimana terlihat dalam Gambar 3.1 berikut ini.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan perumusan masalah yang di lanjutkan dengan studi literatur terhadap topik penelitian, yakni mengenai bagaimana cara memonitoring tingkat keandalan sistem distribusi tersebut. Kemudian tahap selanjutnya yaitu mengevaluasi tingkat keandalan sistem distribusi 20kV dari penyulang Arjasa dan penyulang Seruji menggunakan

persamaan SAIFI, dan SAIDI yang terlihat pada Gambar 3.1. Tahap selanjutnya yaitu perancangan sistem monitoring menggunakan *Visual Studio 2017* dengan mengintegrasikan data base dari perhitungan tingkat keandalan sistem sebelumnya. Pada sistem monitoring ini terbagi atas 2 buah *interface* yaitu server dan client. Server berfungsi untuk menyimpan, mengubah, dan mengintegrasikan data base, sementara client berfungsi untuk memonitor hasil dari hasil dari perhitungan data pada server. Kedua *interface* tersebut dapat terkoneksi menggunakan jaringan nirkabel (Wi-Fi) agar dapat saling bertukar data. Tahap pengujian sistem tersebut dengan cara merubah data pada server, dan menganalisis hasil yang ditampilkan pada client mengalami perubahan juga atau tidak. Tahap berikutnya yaitu menganalisis data yang ditampilkan pada *interface* client, kemudian membuat kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan.

### 3.4 Tahapan Perhitungan

Indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian terhadap parameter keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Beberapa indeks keandalan yang umum digunakan dalam menentukan nilai keandalan suatu sistem distribusi antara lain SAIFI, dan SAIDI.

#### 3.4.1 SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

Indeks ini memberikan informasi tentang frekuensi rata-rata pemadaman untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi. Untuk menghitung indeks ini menggunakan persamaan berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot N_i}{N_T} \dots\dots\dots(3-1)$$

Keterangan :

$\lambda_i$  = laju kegagalan dari komponen i

$N_i$  = jumlah pelanggan yang mengalami gangguan karena komponen i

$N_T$  = jumlah keseluruhan pelanggan

$m$  = jumlah komponen

$SAIFI$  = kegagalan/pelanggan/tahun

### 3.4.2 SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

Indeks ini menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap pelanggan dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi. Untuk menghitung indeks ini menggunakan persamaan berikut :

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m U_i \cdot N_i}{N_T} \dots\dots\dots(3-2)$$

Keterangan :

$U_i$  = durasi kegagalan dari komponen i

$N_i$  = jumlah pelanggan yang mengalami gangguan karena komponen i

$N_T$  = jumlah keseluruhan pelanggan

$m$  = jumlah komponen

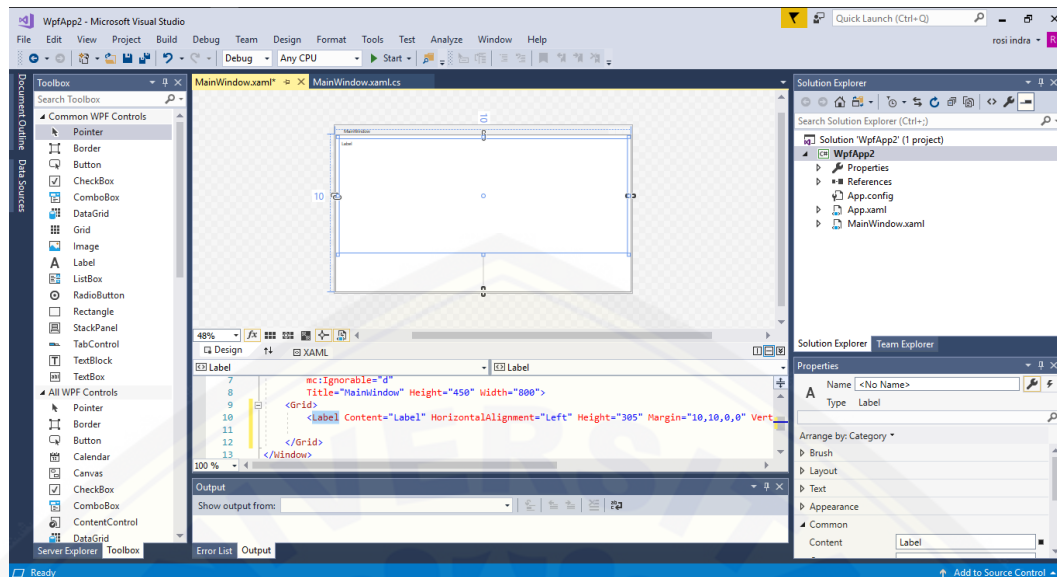
$SAIDI$  = jam/pelanggan/tahun

## 3.5 Perancangan Sistem Monitoring

Sistem monitoring biasa digunakan dalam memantau perkembangan suatu kondisi dalam jangka waktu tertentu. Keandalan suatu system distribusi juga mengalami perubahan pada kondisi tertentu seperti adanya permintaan pelanggan baru. Dari permintaan tersebut berdampak pada indeks keandalan system distribusi tersebut. Agar keandalan system dapat dikontrol pada batas aman yang ditetapkan oleh SPLN, maka perlu adanya system monitoring ini. System monitoring ini akan dirancang menggunakan software *Visual Studio 2017*, dimana bahasa permrogramannya mudah dipahami dan memiliki fitur yang beragam.

### 3.5.1 *Visual Studio 2017*

Pada penelitian ini, dalam merancang sistem monitoring indeks keandalan distribusi menggunakan *software Visual Studio 2017*. Langkah pertama untuk merancang suatu sistem baru dapat mengklik menu *create new project* dan akan dialihkan pada laman *main window*. Pada laman *main window* mempunyai tampilan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tampilan *Visual Studio* 2017

Pada tampilan *main window* terdapat beberapa menu yang dapat digunakan untuk mendesain dan memprogram sistem. *Layer main window* digunakan sebagai tempat mendesain tampilan *interface*. Menu *toolbox* memiliki beragam fitur yang dapat digunakan untuk membuat desain *interface* monitoring. Kemudian label adalah tempat untuk membuat kode program yang diinginkan. *Solution Explorer* digunakan untuk menyederhanakan *layer* yang dibuat pada *main window*. *Properties* yaitu menu yang digunakan untuk mengatur bentuk tampilan desain yang diinginkan. Lalu ada menu *output* yang berfungsi untuk menganalisa program yang dijalankan.

Pembuatan sistem monitoring ini dibagi menjadi 2 *interface*, yaitu server dan client. Dimana 2 sistem ini akan terpasang pada 2 perangkat computer yang berbeda antara server dan client. Server berfungsi untuk menyimpan dan mengintegrasikan *database*, dimana pada server juga dapat memperbarui data jika terjadi perubahan data pada kondisi lapangan. Sedangkan Client berfungsi untuk menampilkan hasil indeks keandalan sistem dari pengolahan data pada server. Penggunaan 2 perangkat computer ini bertujuan untuk memudahkan akses monitoring dari jarak jauh. Dari prinsip tersebut dibutuhkanlah server sebagai media database dari data komponen dan keandalan system distribusi. Dan client dapat digunakan untuk memonitor

indeks keandalan system secara keseluruhan dalam bentuk yang lebih sederhana dan mudah dimengerti. Agar kedua system tersebut dapat saling terhubung, kedua *interface* tersebut akan memanfaatkan jaringan nirkabel (Wi-Fi).

### 3.5.2 Server

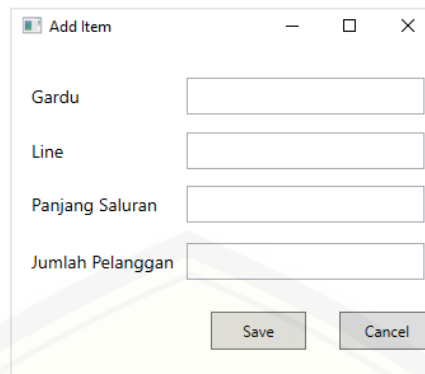
Sistem server dirancang untuk menyimpan dan mengolah *database*. Data-data tersebut dapat dikurangi, diubah, serta ditambah sesuai kebutuhan. Desain dari *interface* server dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Desain *Interface* Server

Pada Gambar 3.3 menunjukkan di dalam sistem server ini terdapat 2 penyulang yaitu penyulang Arjasa dan penyulang Seruji dimana pada masing-masing penyulang dapat dikontrol datanya. Pada menu data pokok tersebut menampilkan data keseluruhan dari sebuah penyulang. Sedangkan pada menu data *detail* menampilkan data sesuai *section* dan parameter data indeks keandalan sistem distribusi dimana data tersebut diprogram untuk menghitung secara otomatis. Pada menu data *detail* dapat dikurangi, dirubah dan ditambah data baru.

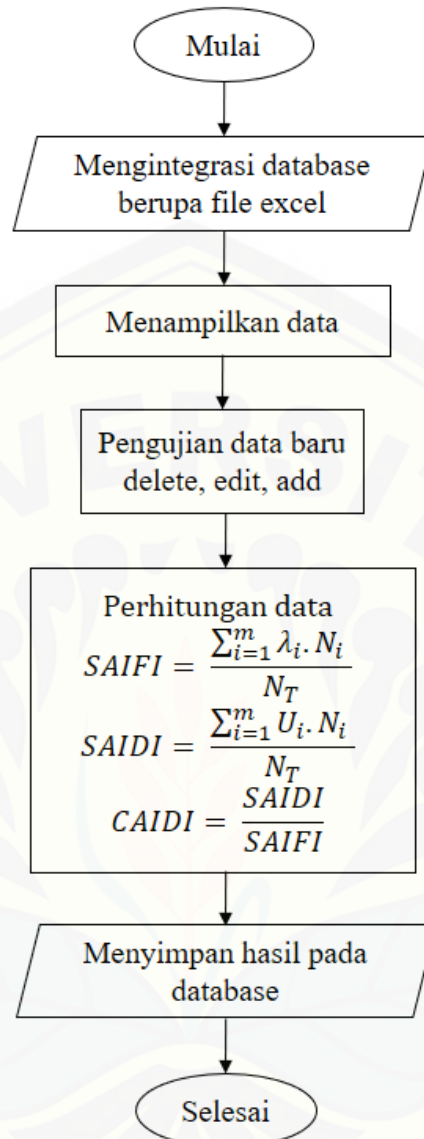




The image shows a software dialog box titled "Add Item". It contains four text input fields stacked vertically, labeled "Gardu", "Line", "Panjang Saluran", and "Jumlah Pelanggan". At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Save" and "Cancel". The dialog box has standard window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

Gambar 3.4 Tampilan Menu Data

Pada Gambar 3.4 merupakan data pokok yang perlu dimasukkan ketika mengubah atau menambah data baru. Data tersebut meliputi nama gardu, nama saluran, panjang saluran (km), dan jumlah pelanggan. Dalam merancang sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan Server

Dari Gambar 3.5 dapat diamati bahwa di dalam merancang sistem server ini diawali dengan mengintegrasikan *interface* dengan *database* berbentuk *excel* dengan menggunakan fitur *oxyplot*. Penggunaan *database excel* ini dikarenakan data yang digunakan merupakan dalam bentuk angka dan pada bagian program lebih mudah dipahami oleh sistem. Kemudian setelah sistem dapat membaca format file *excel*, data tersebut akan ditampilkan pada *interface*. Pada kondisi lapangan, tingkat keandalan sistem distribusi juga akan mengalami perubahan sesuai dengan

adanya perubahan data. Pada server ini juga dilengkapi fitur untuk bisa memperbarui data, baik itu mengurangi jumlah data yang ada, merubah, dan juga menambah data baru. Setelah data tersebut diperbarui, maka sistem akan menghitung ulang tingkat keandalannya menggunakan persamaan SAIFI, dan SAIDI. Perhitungan tersebut dilakukan secara otomatis oleh sistem dimana persamaan tersebut dimasukkan dalam program. Kemudian hasil perhitungan tersebut langsung disimpan pada *database* dan siap untuk dibaca oleh Client.

### 3.5.3 Client

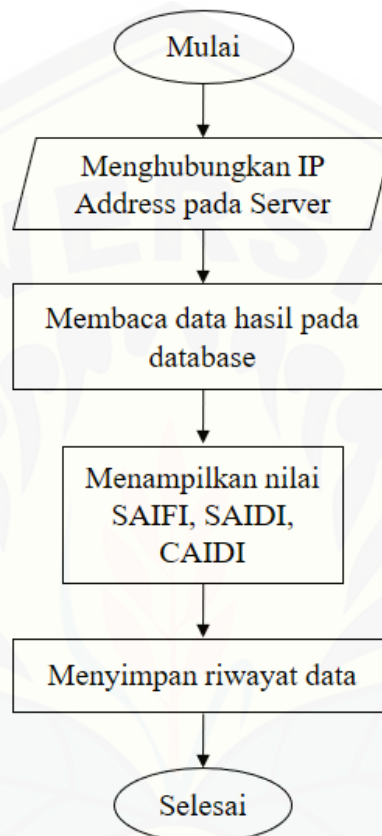
Sistem Client dirancang untuk menampilkan hasil dari perhitungan data pada *database* server. Data hasil perhitungan tersebut meliputi SAIFI, dan SAIDI dari penyulang Arjasa dan penyulang Seruji. Tingkat keandalan sistem distribusi tersebut ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Desain *interface* Client dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Desain *Interface* Client

Pada Gambar 3.6 dapat dilihat sistem *interface* ini hanya untuk menampilkan data saja. Pada masing-masing penyulang akan ditampilkan data indeks keandalan sistem distribusi SAIFI, dan SAIDI. Jika terjadi perubahan data

pada *database* server, maka data hasil tersebut akan disimpan dan dtampilkan riwayat datanya. Untuk merancang sistem *interface* Client ini dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Diagram Alir Perancangan Client

Dari Gambar 3.7 dapat diamati dalam merancang sistem Client tersebut diawali dengan bagaimana cara untuk mengkoneksikan pada *database* Server. Pada *software Visual Studio 2017* terdapat fitur *tcplostener socket*, dimana fitur ini dapat menghubungkan 2 buah aplikasi secara nirkabel. *Tcplostener socket* memanfaatkan jaringan Wi-Fi untuk mengakses *IP address* pada *database* Server. Setelah terhubung dengan Server melalui jaringan Wi-Fi, maka Client akan membaca data hasil perhitungan pada *database*. Kemudian data hasil tersebut akan ditampilkan dalam bentuk angka maupun grafik untuk mempermudah pengamatan. Jika terjadi perubahan pada *database* maka data update tersebut akan tersimpan pada Client.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data penelitian dan analisis indeks keandalan sistem distribusi 20 KV, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan standar yang ditentukan PLN dimana tingkat keandalan sistem distribusi SAIFI sebesar 1.755 kegagalan/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 3.24 jam/pelanggan/tahun, maka tingkat keandalan sistem distribusi pada penyulang Arjasa yang memiliki SAIFI sebesar 4.380 kegagalan/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 13.181 jam/pelanggan/tahun dapat dikatakan tidak andal. Sementara pada penyulang Seruji yang memiliki SAIFI sebesar 0.918 kegagalan/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 2.808 jam/pelanggan/tahun dapat dikatakan andal.
2. Dalam merancang dan membangun sistem monitoring tersebut menggunakan konsep 2 perangkat komputer yang berbeda dan dapat terhubung menggunakan jaringan internet. Dimana terdapat sistem server yang menghimpun database seluruh data teknis dan mampu mengolah data tersebut secara otomatis, sementara pada perangkat lainnya terdapat sistem client yang berfungsi menampilkan hasil pengolahan data dalam bentuk grafik maupun numerik agar memudahkan *user* dalam menganalisisnya.

### 5.2 Saran

Saran yang dianjurkan untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut ke depan dengan harapan mampu memperbaiki kekurangan dan mendapatkan hasil yang lebih maksimal ialah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis menggunakan minimal 2 metode berbeda agar dapat dibandingkan tingkat presisi keandalan sistem distribusinya.
2. Membuat *server database* secara *online* sehingga data dapat diakses secara lebih luas dan lebih jauh.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Basuki, Achmad. 2006. *Algoritma Pemrograman 2 Menggunakan Visual Basic 6.0*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Das, D. 2006. *Electrical Power Systems*. New Delhi : New Age International (P) Limited.
- Extice, Nancy. 2017. *Sistem Informasi Pengolahan Data Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) Terpadu Amalia Syukra Padang*. STKIP PGRI Sumbar.
- Gonen, Turan. 2014. *Third Edition Electrical Power Distribution Engineering*. Taylor & Francis Group.
- Haggard, Gary. dkk. 2013. *Introduction : Visual Basic 6.0*. bookboon.com
- Prabowo, Herdianto. 2012. *Studi Keandalan Sistem Distribusi Pabrik Semen Tubann Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA) Dan Program Analisis Kelistrikan*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Projo, Henki. 2012. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purba, Canggih. 2014. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Di PT.PLN (Persero) APJ Banyuwangi Dengan Metode RNEA*. Jember : Universitas Jember.
- Saodah, Siti. 2008. *Evaluasi Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI Dan SAIFI*. Yogyakarta : Institut Teknologi Nasional
- SPLN 59 : 1985. *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 KV Dan 6 KV*. Jakarta : Departemen Pertambangan Dan Energi.
- Suripto, Slamet. 2017. *Buku Ajar Sistem Tenaga Listrik*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Tanjung, Abrar. 2012. *Analisis Sistem Distribusi 20 KV Untuk Memperbaiki Kinerja Dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan ETAP*. Pekanbaru : Universitas Lancang Kuning.

- Teguh, Aditya. 2013. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Pada Penyulang Pekalongan 8 Dan 11*. Semarang : Universitas Diponegoro
- Von, Alexandra. 2006. *Electrical Power Systems A Conceptual Introduction*. IEEE Press : A John Wiley & Sons.



LAMPIRAN

1. Hasil Perhitungan Section Penyulang Arjasa

1.1 Section 1 Penyulang Arjasa

Tabel 1.1 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 1 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Gardu Induk	Trafo		0.005	0.05
UPT Motorize	SSO 1		0.003	0.03
Kaca Piring	SSO 2		0.003	0.03
GA562	Line 1	0.5263	0.1068389	0.3205167
GA684	Line 2	0.2714	0.0550942	0.1652826
GA039	Line 3	0.0249	0.0050547	0.0151641
GA255	Line 4	0.5694	0.1155882	0.3467646
GA624	Line 5	0.2219	0.0450457	0.1351371
GA304	Line 6	0.315	0.063945	0.191835
GA416	Line 7	0.234	0.047502	0.142506
GA433	Line 8	0.529	0.107387	0.322161
	Total		0.5574557	1.7493671

Tabel 1.2 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 1 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	1	0.5574557	1.7493671
LP 2	1	0.5574557	1.7493671
LP 3	500	278.72785	874.68355
LP 4	207	115.3933299	362.11899
LP 5	1	0.5574557	1.7493671
LP 6	1	0.5574557	1.7493671
LP 7	9	5.0171013	15.7443039
LP 8	207	115.3933299	362.11899
Total	927	516.7614339	1621.6633

## 1.2 Section 2 Penyulang Arjasa

Tabel 1.3 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 2 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Kaca Piring	SSO 1		0.003	0.03
Kiss	SSO 2		0.003	0.03
Cempaka	SSO 3		0.003	0.03
GA688	Line 1	2.9456	0.5979568	1.7938704
GA236	Line 2	0.03384	0.043608	0.130824
GA020	Line 3	0.276	0.3342	1.0026
GA115	Line 4	0.3548	0.42876	1.28628
GA394	Line 5	0.304	0.3678	1.1034
GA044	Line 6	0.7827	0.94224	2.82672
GA527	Line 7	0.507	0.6114	1.8342
GA066	Line 8	0.291	0.3522	1.0566
GA205	Line 9	0.99309	1.194708	3.584124
	Total		4.8818728	14.7086184

Tabel 1.4 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 2 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	1	4.8818728	14.7086184
LP 2	369	1801.411063	5427.48019
LP 3	611	2982.824281	8986.96584
LP 4	510	2489.755128	7501.39538
LP 5	562	2743.612514	8266.24354
LP 6	101	493.0691528	1485.57046
LP 7	1	4.8818728	14.7086184
LP 8	366	1786.765445	5383.35433
LP 9	810	3954.316968	11913.9809
Total	3331	16261.5183	48994.4079

## 1.3 Section 3 Penyulang Arjasa

Tabel 1.5 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 3 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Kiss	SSO 1		0.003	0.03
Karangpiring	SSO 2		0.003	0.03
GA040	Line 1	0.37	0.07511	0.22533
GA165	Line 2	0.56	0.11368	0.34104
GA166	Line 3	0.304	0.061712	0.185136
GA368	Line 4	0.758	0.153874	0.461622
GA555	Line 5	0.248	0.050344	0.151032
GA230	Line 6	1.731	0.351393	1.054179
	Total		0.812113	2.478339

Tabel 1.6 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 3 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	590	479.14667	1462.22001
LP 2	349	283.427437	864.940311
LP 3	558	453.159054	1382.91316
LP 4	297	241.197561	736.066683
LP 5	111	90.144543	275.095629
LP 6	525	426.359325	1301.12798
Total	2430	1973.43459	6022.36377



## 1.4 Section 4 Penyulang Arjasa

Tabel 1.7 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 4 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Karangpiring	SSO 1		0.003	0.03
GA382	Line 1	1.333	0.270599	0.811797
GA210	Line 2	0.267	0.054201	0.162603
GA281	Line 3	1.491	0.302673	0.908019
GA426	Line 4	0.187	0.037961	0.113883
GA466	Line 5	0.615	0.124845	0.374535
GA467	Line 6	0.585	0.118755	0.356265
GA282	Line 7	1.331	0.270193	0.810579
GA305	Line 8	0.927	0.188181	0.564543
GA283	Line 9	0.767	0.155701	0.467103
GA594	Line 10	0.396	0.080388	0.241164
GA603	Line 11	1.358	0.275674	0.827022
GA284	Line 12	1.045	0.212135	0.636405
GA715	Line 13	0.681	0.138243	0.414729
	Total		2.232549	6.718647

Tabel 1.8 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 4 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	1	2.232549	6.718647
LP 2	156	348.277644	1048.10893
LP 3	300	669.7647	2015.5941
LP 4	429	957.763521	2882.29956
LP 5	131	292.463919	880.142757
LP 6	94	209.859606	631.552818
LP 7	148	330.417252	994.359756
LP 8	597	1332.831753	4011.03226
LP 9	412	919.810188	2768.08256
LP 10	140	312.55686	940.61058
LP 11	1	2.232549	6.718647
LP 12	444	991.251756	2983.07927
LP 13	146	325.952154	980.922462
Total	2999	6695	20149

## 1.5 Section 5 Penyulang Arjasa

Tabel 1.9 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 5 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Kompo	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Cempaka	SSO 1		0.003	0.03
GA537	Line 1	0.4059	0.0823977	0.2471931
GA288	Line 2	0.642	0.130326	0.390978
GA248	Line 3	1.356	0.275268	0.825804
GA659	Line 4	1.503	0.305109	0.915327
GA249	Line 5	0.63	0.12789	0.38367
GA251	Line 6	0.958	0.194474	0.583422
GA279	Line 7	1.981	0.402143	1.206429
GA280	Line 8	1.335	0.271005	0.813015
GA468	Line 9	0.63	0.12789	0.38367
GA511	Line 10	0.722	0.146566	0.439698
GA512	Line 11	0.344	0.069832	0.209496
GA395	Line 12	0.64	0.12992	0.38976
GA591	Line 13	1.761	0.357483	1.072449
GA581	Line 14	0.238	0.048314	0.144942
GA391	Line 15	0.694	0.140882	0.422646
	Total		2.8124997	8.4584991

Tabel 1.10 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 5 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	153	430.3124541	1294.15036
LP 2	476	1338.749857	4026.24557
LP 3	425	1195.312373	3594.86212
LP 4	211	593.4374367	1784.74331
LP 5	489	1375.312353	4136.20606
LP 6	519	1459.687344	4389.96103
LP 7	216	607.4999352	1827.03581
LP 8	236	663.7499292	1996.20579
LP 9	104	292.4999688	879.683906
LP 10	142	399.3749574	1201.10687
LP 11	59	165.9374823	499.051447
LP 12	197	554.0624409	1666.32432
LP 13	190	534.374943	1607.11483
LP 14	1	2.8124997	8.4584991
LP 15	220	618.749934	1860.8698
Total	3638	10232	30772

## 1.6 Section 6 Penyulang Arjasa

Tabel 1.11 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 6 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Manggar	SSO 1		0.003	0.03
Panjilaras	SSO 2		0.003	0.03
GA215	Line 1	0.958	0.194474	0.583422
GA658	Line 2	0.548	0.111244	0.333732
GA188	Line 3	0.316	0.064148	0.192444
GA234	Line 4	0.569	0.115507	0.346521
GA267	Line 5	1.614	0.327642	0.982926
GA237	Line 6	1.792	0.363776	1.091328
GA088	Line 7	0.415	0.084245	0.252735
GA292	Line 8	0.864	0.175392	0.526176
GA646	Line 9	0.397	0.080591	0.241773
GA263	Line 10	0.127	0.025781	0.077343
GA091	Line 11	0.17	0.03451	0.10353
GA092	Line 12	0.215	0.043645	0.130935
GA246	Line 13	0.286	0.058058	0.174174
GA328	Line 14	0.729	0.147987	0.443961
GA302	Line 15	0.885	0.179655	0.538965
GA257	Line 16	0.831	0.168693	0.506079
GA303	Line 17	1.647	0.334341	1.003023
GA268	Line 18	1.817	0.368851	1.106553
GA078	Line 19	1.234	0.250502	0.751506
GA293	Line 20	1.342	0.272426	0.817278
GA734	Line 21	0.927	0.188181	0.564543
GA449	Line 22	0.7054	0.1431962	0.4295886
GA760	Line 23	0.0095	0.0019285	0.0057855
GA464	Line 24	1.495	0.303485	0.910455
GA294	Line 25	0.574	0.116522	0.349566
GA601	Line 26	0.339	0.068817	0.206451
GA295	Line 27	1.154	0.234262	0.702786
GA650	Line 28	0.4155	0.0843465	0.2530395
GA447	Line 29	0.085	0.017255	0.051765
GA077	Line 30	0.41	0.08323	0.24969
GA189	Line 31	1.125	0.228375	0.685125
GA437	Line 32	2.111	0.428533	1.285599
GA576	Line 33	1.998	0.405594	1.216782
GA699	Line 34	1.165	0.236495	0.709485
GA700	Line 35	1.02	0.20706	0.62118
GA583	Line 36	1.64	0.33292	0.99876
GA438	Line 37	0.79	0.16037	0.48111

GA652	Line 38	0.907	0.184121	0.552363
GA269	Line 39	0.508	0.103124	0.309372
GA118	Line 40	0.316	0.064148	0.192444
GA119	Line 41	1.238	0.251314	0.753942
GA087	Line 42	0.434	0.088102	0.264306
GA640	Line 43	0.313	0.063539	0.190617
Total			7.4023862	22.2491586

Tabel 1.12 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 6 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	519	3841.838438	11547.3133
LP 2	1	7.4023862	22.2491586
LP 3	197	1458.270081	4383.08424
LP 4	133	984.5173646	2959.13809
LP 5	541	4004.690934	12036.7948
LP 6	441	3264.452314	9811.87894
LP 7	107	792.0553234	2380.65997
LP 8	424	3138.611749	9433.64325
LP 9	49	362.7169238	1090.20877
LP 10	276	2043.058591	6140.76777
LP 11	361	2672.261418	8031.94625
LP 12	387	2864.723459	8610.42438
LP 13	513	3797.424121	11413.8184
LP 14	112	829.0672544	2491.90576
LP 15	179	1325.02713	3982.59939
LP 16	795	5884.897029	17688.0811
LP 17	372	2753.687666	8276.687
LP 18	430	3183.026066	9567.1382
LP 19	39	288.6930618	867.717185
LP 20	666	4929.989209	14817.9396
LP 21	107	792.0553234	2380.65997
LP 22	7	51.8167034	155.74411
LP 23	1	7.4023862	22.2491586
LP 24	268	1983.839502	5962.7745
LP 25	626	4633.893761	13927.9733
LP 26	126	932.7006612	2803.39398
LP 27	210	1554.501102	4672.32331
LP 28	1	7.4023862	22.2491586
LP 29	366	2709.273349	8143.19205
LP 30	533	3945.471845	11858.8015
LP 31	333	2464.994605	7408.96981
LP 32	448	3316.269018	9967.62305
LP 33	215	1591.513033	4783.5691
LP 34	31	229.4739722	689.723917

LP 35	218	1613.720192	4850.31657
LP 36	238	1761.767916	5295.29975
LP 37	248	1835.791778	5517.79133
LP 38	103	762.4457786	2291.66334
LP 39	175	1295.417585	3893.60276
LP 40	610	4515.455582	13571.9867
LP 41	273	2020.851433	6074.0203
LP 42	467	3456.914355	10390.3571
LP 43	229	1695.14644	5095.05732
Total	12375	91605	275333

### 1.7 Section 7 Penyulang Arjasa

Tabel 1.13 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 7 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Arjasa	SSO 1		0.003	0.03
Bobin	SSO 2		0.003	0.03
GA225	Line 1	1.736	0.352408	1.057224
GA245	Line 2	1.525	0.309575	0.928725
GA451	Line 3	0.93	0.18879	0.56637
GA750	Line 4	0.778	0.157934	0.473802
GA462	Line 5	0.692	0.140476	0.421428
	Total		1.155183	3.507549

Tabel 1.14 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 7 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U $\times Ni$
LP 1	605	698.885715	2122.06715
LP 2	507	585.677781	1778.32734
LP 3	202	233.346966	708.524898
LP 4	81	93.569823	284.111469
LP 5	1	1.155183	3.507549
Total	1396	1613	4897



## 1.8 Section 8 Penyulang Arjasa

Tabel 1.15 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 8 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Bobin	SSO 1		0.003	0.03
Suko	SSO 2		0.003	0.03
GA312	Line 1	0.456	0.092568	0.277704
GA314	Line 2	1.099	0.223097	0.669291
GA313	Line 3	0.505	0.102515	0.307545
GA617	Line 4	0.241	0.048923	0.146769
GA317	Line 5	1.032	0.209496	0.628488
GA369	Line 6	0.218	0.044254	0.132762
GA315	Line 7	1.187	0.240961	0.722883
GA316	Line 8	1.054	0.213962	0.641886
GA703	Line 9	0.296	0.060088	0.180264
GA320	Line 10	0.793	0.160979	0.482937
GA584	Line 11	0.801	0.162603	0.487809
GA318	Line 12	0.673	0.136619	0.409857
GA319	Line 13	1.499	0.304297	0.912891
GA321	Line 14	0.848	0.172144	0.516432
GA370	Line 15	2.694	0.546882	1.640646
	Total		2.725388	8.218164

Tabel 1.16 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 8 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	392	1068.352096	3221.52029
LP 2	383	1043.823604	3147.55681
LP 3	232	632.290016	1906.61405
LP 4	46	125.367848	378.035544
LP 5	732	1994.984016	6015.69605
LP 6	136	370.652768	1117.6703
LP 7	124	337.948112	1019.05234
LP 8	407	1109.232916	3344.79275
LP 9	54	147.170952	443.780856
LP 10	288	784.911744	2366.83123
LP 11	298	812.165624	2449.01287
LP 12	366	997.492008	3007.84802
LP 13	219	596.859972	1799.77792
LP 14	202	550.528376	1660.06913
LP 15	356	970.238128	2925.66638
Total	4235	11542	34804

## 1.9 Section 9 Penyulang Arjasa

Tabel 1.17 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 9 Penyulang Arjasa

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Suko	SSO 1		0.003	0.03
GA325	Line 1	1.1788	0.2392964	0.7178892
GA333	Line 2	1.288	0.261464	0.784392
GA326	Line 3	0.597	0.121191	0.363573
GA486	Line 4	0.687	0.139461	0.418383
GA634	Line 5	0.907	0.184121	0.552363
GA327	Line 6	1.218	0.247254	0.741762
GA461	Line 7	0.311	0.063133	0.189399
GA322	Line 8	2.246	0.455938	1.367814
GA485	Line 9	0.842	0.170926	0.512778
GA323	Line 10	1.312	0.266336	0.799008
GA481	Line 11	0.217	0.044051	0.132153
GA459	Line 12	1.033	0.209699	0.629097
GA460	Line 13	0.49	0.09947	0.29841
GA324	Line 14	0.185	0.037555	0.112665
GA628	Line 15	1.746	0.354438	1.063314
GA457	Line 16	1.211	0.245833	0.737499
	Total		3.1401664	9.4504992

Tabel 1.18 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 9 Penyulang Arjasa

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	649	2037.967994	6133.37398
LP 2	274	860.4055936	2589.43678
LP 3	109	342.2781376	1030.10441
LP 4	113	354.8388032	1067.90641
LP 5	34	106.7656576	321.316973
LP 6	163	511.8471232	1540.43137
LP 7	129	405.0814656	1219.1144
LP 8	299	938.9097536	2825.69926
LP 9	144	452.1839616	1360.87188
LP 10	49	153.8681536	463.074461
LP 11	39	122.4664896	368.569469
LP 12	195	612.332448	1842.84734
LP 13	60	188.409984	567.029952
LP 14	150	471.02496	1417.57488
LP 15	79	248.0731456	746.589437
LP 16	95	298.315808	897.797424
Total	2581	8105	24392

## 2. Hasil Perhitungan Section Penyulang Seruji

### 2.1 Section 1 Penyulang Seruji

Tabel 1.19 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 1 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Gardu Induk	Trafo		0.005	0.05
GNI	SSO 1		0.003	0.03
A. Yani	SSO 2		0.003	0.03
GA425	Line 1	2.345	0.476035	1.428105
GA023	Line 2	0.0788	0.0159964	0.0479892
GA222	Line 3	0.2297	0.0466291	0.1398873
GA112	Line 4	0.348	0.070644	0.211932
GA034	Line 5	0.304	0.061712	0.185136
GA163	Line 6	0.281	0.057043	0.171129
GA164	Line 7	0.219	0.044457	0.133371
GA015	Line 8	0.1757	0.0356671	0.1070013
GA592	Line 9	0.045	0.009135	0.027405
GA746	Line 10	0.0684	0.0138852	0.0416556
GA473	Line 11	0.11442	0.02322726	0.06968178
GA627	Line 12	0.0908	0.0184324	0.0552972
GA409	Line 13	0.0478	0.0097034	0.0291102
GA157	Line 14	0.0393	0.0079779	0.0239337
GA046	Line 15	0.2199	0.0446397	0.1339191
GA421	Line 16	0.1087	0.0220661	0.0661983
GA111	Line 17	0.0027	0.0005481	0.0016443
GA626	Line 18	0.1729	0.0350987	0.1052961
	Total		1.00389736	3.08869208

Tabel 1.20 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 1 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	2	2.00779472	6.17738416
LP 2	278	279.0834661	858.6563982
LP 3	157	157.6118855	484.9246566
LP 4	81	81.31568616	250.1840585
LP 5	461	462.796683	1423.887049
LP 6	434	435.6914542	1340.492363
LP 7	211	211.822343	651.7140289
LP 8	83	83.32348088	256.3614426
LP 9	1	1.00389736	3.08869208
LP 10	76	76.29619936	234.7405981
LP 11	1	1.00389736	3.08869208
LP 12	1	1.00389736	3.08869208
LP 13	48	48.18707328	148.2572198
LP 14	324	325.2627446	1000.736234
LP 15	382	383.4887915	1179.880375
LP 16	1	1.00389736	3.08869208
LP 17	236	236.919777	728.9313309
LP 18	1	1.00389736	3.08869208
Total	2778	2789	8580

## 2.2 Section 2 Penyulang Seruji

Tabel 1.21 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 2 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
A. Yani	SSO 1		0.003	0.03
LP	SSO 2		0.003	0.03
GA444	Line 1	0.1246	0.0252938	0.0758814
GA579	Line 2	0.0694	0.0140882	0.0422646
GA160	Line 3	0.0171	0.0034713	0.0104139
GA732	Line 4	0.1253	0.0254359	0.0763077
GA024	Line 5	0.01559	0.00316477	0.00949431
GA007	Line 6	0.1407	0.0285621	0.0856863
GA277	Line 7	0.1695	0.0344085	0.1032255
GA678	Line 8	0.1472	0.0298816	0.0896448
GA117	Line 9	0.02279	0.00462637	0.01387911
GA403	Line 10	0.02677	0.00543431	0.01630293
GA275	Line 11	0.0604	0.0122612	0.0367836
GA185	Line 12	0.0841	0.0170723	0.0512169
GA637	Line 13	0.0743	0.0150829	0.0452487
GA385	Line 14	0.08199	0.01664397	0.04993191
GA386	Line 15	0.00227	0.00046081	0.00138243
GA247	Line 16	0.0571	0.0115913	0.0347739
GA470	Line 17	0.052	0.010556	0.031668
GA151	Line 18	0.0461	0.0093583	0.0280749
	Total		0.27339363	0.86218089



Tabel 1.22 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 2 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U $\times Ni$
LP 1	117	31.98705471	100.8751641
LP 2	1	0.27339363	0.86218089
LP 3	3	0.82018089	2.58654267
LP 4	1	0.27339363	0.86218089
LP 5	3	0.82018089	2.58654267
LP 6	6	1.64036178	5.17308534
LP 7	1	0.27339363	0.86218089
LP 8	1	0.27339363	0.86218089
LP 9	1	0.27339363	0.86218089
LP 10	1	0.27339363	0.86218089
LP 11	1	0.27339363	0.86218089
LP 12	516	141.0711131	444.8853392
LP 13	1	0.27339363	0.86218089
LP 14	2	0.54678726	1.72436178
LP 15	1	0.27339363	0.86218089
LP 16	1	0.27339363	0.86218089
LP 17	2	0.54678726	1.72436178
LP 18	99	27.06596937	85.35590811
Total	758	207	654

### 2.3 Section 3 Penyulang Seruji

Tabel 1.23 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 3 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
LP	SSO 1		0.003	0.03
Jiwa Sraya	SSO 2		0.003	0.03
GA184	Line 1	0.1528	0.0310184	0.0930552
GA452	Line 2	0.0774	0.0157122	0.0471366
GA049	Line 3	0.019	0.003857	0.011571
GA498	Line 4	0.101	0.020503	0.061509
GA001	Line 5	0.1988	0.0403564	0.1210692
GA162	Line 6	0.198	0.040194	0.120582
GA161	Line 7	0.1944	0.0394632	0.1183896
GA709	Line 8	0.1453	0.0294959	0.0884877
GA109	Line 9	0.1133	0.0229999	0.0689997
GA183	Line 10	0.12	0.02436	0.07308
GA011	Line 11	0.1684	0.0341852	0.1025556
	Total		0.3081452	0.9664356

Tabel 1.24 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 3 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	97	29.8900844	93.7442532
LP 2	1	0.3081452	0.9664356
LP 3	127	39.1344404	122.7373212
LP 4	1	0.3081452	0.9664356
LP 5	145	44.681054	140.133162
LP 6	116	35.7448432	112.1065296
LP 7	345	106.310094	333.420282
LP 8	1	0.3081452	0.9664356
LP 9	33	10.1687916	31.8923748
LP 10	3	0.9244356	2.8993068
LP 11	103	31.7389556	99.5428668
Total	972	300	939

## 2.4 Section 4 Penyulang Seruji

Tabel 1.25 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 4 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Jiwa Sraya	SSO 1		0.003	0.03
Stadion	SSO 2		0.003	0.03
Sruji	SSO 3		0.003	0.03
GS436	Line 1	0.208	0.042224	0.126672
GA100	Line 2	0.186	0.037758	0.113274
GA593	Line 3	0.372	0.075516	0.226548
GA480	Line 4	0.039	0.007917	0.023751
GA182	Line 5	0.2349	0.0476847	0.1430541
GA448	Line 6	0.1377	0.0279531	0.0838593
GA488	Line 7	0.0286	0.0058058	0.0174174
GA014	Line 8	0.212	0.043036	0.129108
GA012	Line 9	0.152	0.030856	0.092568
GA102	Line 10	0.416	0.084448	0.253344
GA041	Line 11	0.295	0.059885	0.179655
GA134	Line 12	0.149	0.030247	0.090741
GA212	Line 13	0.294	0.059682	0.179046
GA563	Line 14	0.269	0.054607	0.163821
GA614	Line 15	0.348	0.070644	0.211932
GA708	Line 16	0.25	0.05075	0.15225
GA694	Line 17	0.413	0.083839	0.251517
GA719	Line 18	0.115	0.023345	0.070035
GA757	Line 19	0.224	0.045472	0.136416
GA758	Line 20	0.212	0.043036	0.129108
GA545	Line 21	0.2367	0.0480501	0.1441503
GA623	Line 22	0.02048	0.00415744	0.01247232
GA665	Line 23	0.00506	0.00102718	0.00308154
GA707	Line 24	0.46	0.09338	0.28014
GA002	Line 25	0.137	0.027811	0.083433
GA009	Line 26	0.484	0.098252	0.294756
GA126	Line 27	0.2429	0.0493087	0.1479261
GA016	Line 28	0.71	0.14413	0.43239
GA098	Line 29	0.1346	0.0273238	0.0819714
GA380	Line 30	0.1638	0.0332514	0.0997542
GA097	Line 31	0.0097	0.0019691	0.0059073
GA484	Line 32	0.0187	0.0037961	0.0113883
	Total		1.46616242	4.46148726

Tabel 1.26 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 4 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	67	98.23288214	298.9196464
LP 2	422	618.7205412	1882.747624
LP 3	1	1.46616242	4.46148726
LP 4	1	1.46616242	4.46148726
LP 5	115	168.6086783	513.0710349
LP 6	229	335.7511942	1021.680583
LP 7	1	1.46616242	4.46148726
LP 8	259	379.7360668	1155.5252
LP 9	183	268.3077229	816.4521686
LP 10	641	939.8101112	2859.813334
LP 11	442	648.0437896	1971.977369
LP 12	72	105.5636942	321.2270827
LP 13	383	561.5402069	1708.749621
LP 14	10	14.6616242	44.6148726
LP 15	4	5.86464968	17.84594904
LP 16	34	49.84952228	151.6905668
LP 17	1	1.46616242	4.46148726
LP 18	140	205.2627388	624.6082164
LP 19	32	46.91719744	142.7675923
LP 20	134	196.4657643	597.8392928
LP 21	123	180.3379777	548.762933
LP 22	1	1.46616242	4.46148726
LP 23	1	1.46616242	4.46148726
LP 24	1	1.46616242	4.46148726
LP 25	123	180.3379777	548.762933
LP 26	334	489.6982483	1490.136745
LP 27	396	580.6003183	1766.748955
LP 28	242	354.8113056	1079.679917
LP 29	313	458.9088375	1396.445512
LP 30	1	1.46616242	4.46148726
LP 31	2	2.93232484	8.92297452
LP 32	1	1.46616242	4.46148726
Total	4709	6904	21009

## 2.5 Section 5 Penyulang Seruji

Tabel 1.27 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 5 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Stadion	SSO 1		0.003	0.03
Kantor Pos	SSO 2		0.003	0.03
GA026	Line 1	0.3246	0.0658938	0.1976814
GA138	Line 2	0.1446	0.0293538	0.0880614
GA045	Line 3	0.498	0.101094	0.303282
GA531	Line 4	0.154	0.031262	0.093786
GA214	Line 5	0.0619	0.0125657	0.0376971
GA223	Line 6	0.805	0.163415	0.490245
GA752	Line 7	0.316	0.064148	0.192444
GA499	Line 8	0.184	0.037352	0.112056
GA639	Line 9	0.052	0.010556	0.031668
	Total		0.5216403	1.6069209

Tabel 1.28 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 5 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	227	118.4123481	364.7710443
LP 2	19	9.9111657	30.5314971
LP 3	20	10.432806	32.138418
LP 4	1	0.5216403	1.6069209
LP 5	320	166.924896	514.214688
LP 6	303	158.0570109	486.8970327
LP 7	5	2.6082015	8.0346045
LP 8	169	88.1572107	271.5696321
LP 9	4	2.0865612	6.4276836
Total	1068	557	1716

## 2.6 Section 6 Penyulang Seruji

Tabel 1.29 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 6 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Stadion	SSO 1		0.003	0.03
Subandi	SSO 2		0.003	0.03
GA067	Line 1	0.165	0.033495	0.100485
GA308	Line 2	0.298	0.060494	0.181482
	Total		0.099989	0.341967



Tabel 1.30 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 6 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	365	36.495985	124.817955
LP 2	1	0.099989	0.341967
Total	366	37	125

## 2.7 Section 7 Penyulang Seruji

Tabel 1.31 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 7 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Subandi	SSO 1		0.003	0.03
Sruji	SSO 2		0.003	0.03
TMP	SSO 3		0.003	0.03
GA434	Line 1	0.14	0.02842	0.08526
GA418	Line 2	0.673	0.136619	0.409857
GA076	Line 3	0.225	0.045675	0.137025
GA297	Line 4	0.312	0.063336	0.190008
	Total		0.28305	0.91215

Tabel 1.32 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 7 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	140	39.627	127.701
LP 2	303	85.76415	276.38145
LP 3	295	83.49975	269.08425
LP 4	143	40.47615	130.43745
Total	881	249	804

## 2.8 Section 8 Penyulang Seruji

Tabel 1.33 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 8 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
TMP	SSO 1		0.003	0.03
Baratan	SSO 2		0.003	0.03
GA200	Line 1	0.585	0.118755	0.356265
GA036	Line 2	0.667	0.135401	0.406203
GA722	Line 3	0.078	0.015834	0.047502
GA086	Line 4	0.89	0.18067	0.54201
GA673	Line 5	0.222	0.045066	0.135198
	Total		0.501726	1.547178

Tabel 1.34 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 8 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	506	253.873356	782.872068
LP 2	446	223.769796	690.041388
LP 3	1	0.501726	1.547178
LP 4	199	99.843474	307.888422
LP 5	246	123.424596	380.605788
Total	1398	701	2163

## 2.9 Section 9 Penyulang Seruji

Tabel 1.35 Perhitungan  $\lambda$  dan U Section 9 Penyulang Seruji

Nama Komponen	Jenis Komponen	Panjang Saluran (km)	$\lambda$ SUTM (kegagalan/tahun)	U (jam/tahun)
Baratan	SSO 1		0.003	0.03
GA490	Line 1	0.068	0.013804	0.041412
GA522	Line 2	0.0617	0.0125251	0.0375753
GA558	Line 3	0.0218	0.0044254	0.0132762
GA595	Line 4	0.1515	0.0307545	0.0922635
GA620	Line 5	0.141	0.028623	0.085869
GA755	Line 6	0.0192	0.0038976	0.0116928
GA714	Line 7	0.71	0.14413	0.43239
GA054	Line 8	0.528	0.107184	0.321552
GA055	Line 9	0.665	0.134995	0.404985
GA575	Line 10	0.76	0.15428	0.46284
GA062	Line 11	0.0364	0.0073892	0.0221676
GA685	Line 12	0.349	0.070847	0.212541
GA311	Line 13	1.024	0.207872	0.623616
GA310	Line 14	0.305	0.061915	0.185745
GA378	Line 15	0.102	0.020706	0.062118
	Total		1.0063478	3.0400434

Tabel 1.36 Perhitungan Total  $\lambda$  dan U Section 9 Penyulang Seruji

Load Point	Ni (jumlah pelanggan)	$\lambda \times Ni$	U x Ni
LP 1	1	1.0063478	3.0400434
LP 2	1	1.0063478	3.0400434
LP 3	1	1.0063478	3.0400434
LP 4	1	1.0063478	3.0400434
LP 5	1	1.0063478	3.0400434
LP 6	1	1.0063478	3.0400434
LP 7	91	91.5776498	276.6439494
LP 8	652	656.1387656	1982.108297
LP 9	453	455.8755534	1377.13966
LP 10	148	148.9394744	449.9264232
LP 11	1	1.0063478	3.0400434
LP 12	1	1.0063478	3.0400434
LP 13	1	1.0063478	3.0400434
LP 14	31	31.1967818	94.2413454
LP 15	1	1.0063478	3.0400434
Total	1385	1394	4210