

TUGAS AKHIR - KS 091336

**MANAJEMEN ASET JARINGAN DISTRIBUSI
TENAGA LISTRIK UNTUK MENINGKATKAN
KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI
MENGUNAKAN SISTEM DINAMIK
(Studi Kasus: PT.PLN (Persero) APJ Surabaya
Selatan)**

AYUNDA PUSPA KINANTI
NRP 5210 100 023

Dosen Pembimbing :
ERMA SURYANI,S.T.,M.T.,Ph.D.

JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

FINAL PROJECT - KS 091336

**ASSET MANAGEMENT POWER DISTRIBUTION
NETWORK TO IMPROVE RELIABILITY OF
DISTRIBUTION NETWORK USING DYNAMIC
SYSTEM (Case Study: PT.PLN (Persero) APJ
Surabaya Selatan)**

AYUNDA PUSPA KINANTI
SID 5210 100 023

SUPERVISOR :
ERMA SURYANI,S.T.,M.T.,Ph.D.

DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEM
Faculty of Information Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

**MANAJEMEN ASET JARINGAN DISTRIBUSI
TENAGA LISTRIK UNTUK MENINGKATKAN
KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI
MENGUNAKAN SISTEM DINAMIK
(Studi Kasus: PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan)**

Nama Mahasiswa : AYUNDA PUSPA KINANTI
NRP : 5210 100 023
Jurusan : SISTEM INFORMASI FTIF-ITS
Dosen Pembimbing : ERMA SURYANI,S.T.,M.T.,Ph.D.

Abstrak

Kebutuhan energi listrik dari hari ke hari terus meningkat, pemakaian beban yang semakin meningkat dan pendistribusian yang belum merata serta pemakaian jaringan belum memadai maka jaringan distribusi dituntut untuk melakukan langkah perbaikan yang lebih baik. Di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan sering mengalami masalah losses(susut) energi listrik, losses(susut) disini adalah adanya energi yang hilang baik secara teknis maupun non teknis dalam proses distribusi energi listrik. Hal ini dapat dilihat dari adanya selisih yang cukup besar antara energi listrik yang dikirimkan dari gardu induk dengan energi listrik yang didapatkan dari konsumsi pelanggan. faktor penyebab losses(susut) antara lain adanya kerusakan jaringan distribusi yang berpengaruh pada aset yang dimiliki oleh perusahaan. Untuk mengatasi permasalahan losses maka dibutuhkan manajemen aset yang dapat mengurangi losses(susut) dan meningkatkan keandalan.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut dilakukan sebuah pemodelan simulasi sistem dinamik untuk melakukan analisis komperhensif terhadap management aset jaringan yang dikatakan efektif apabila sistem pembaharuan, perawatan, dan

keamanan aset yang berpengaruh dapat memberikan dampak pada keandalan distribusi energi listrik

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah model simulasi yang dapat memberikan masukan kepada manajemen perusahaan dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan kualitas management aset yang dapat meningkatkan keandalan dan menurunkan losses (susut) distribusi energi listrik di masa depan

Kata kunci: Manajemen Aset , jaringan distribusi listrik ,losses (susut) distribusi energi listrik, sistem dinamik

ASSET MANAGEMENT POWER DISTRIBUTION NETWORK TO IMPROVE RELIABILITY OF DISTRIBUTION NETWORK USING DYNAMIC SYSTEM

(Case Study: PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan)

Name : AYUNDA PUSPA KINANTI
NRP : 5210 100 023
Departement : INFORMATION SYSTEM FTIF-ITS
Supervisor : ERMA SURYANI,S.T.,M.T.,Ph.D.

Abstract

Electrical energy needs from day to day continue to rise , increasing the use of load and uneven distribution and the use of inadequate tissue distribution network required to undertake remedial measures better . PT PLN (Persero) APJ South Surabaya often have trouble losses of electrical energy , losses here is the energy lost both technical and non- technical in the distribution of electrical energy . It can be seen from the sizable difference between the electrical energy delivered from the substation to the electrical energy obtained from customer consumption . factors causing losses , mong others, the damage affects the distribution network assets owned by the company . To overcome the problem of losses, asset management is needed to reduce losses and remind reliability

To resolve the problem do a dynamic system simulation modeling to conduct a comprehensive analysis of the management of network assets are said to be effective if the system renewal , maintenance , and security of assets that can affect an impact on the reliability of the electric energy distribution

The expected outcome of this study is a simulation model that can provide input to the company management in decision decisions to improve the quality of asset management that can increase reliability and decrease technical losses distribution of electrical energy in the future

Keywords: Asset Management, Dynamic System, Power Distribution Network, TechnicalLosses, Electrical Distribution Network

**MANAJEMEN ASET JARINGAN DISTRIBUSI
TENAGA LISTRIK UNTUK MENINGKATKAN
KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI
MENGUNAKAN SISTEM DINAMIK
(Studi Kasus: PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan)**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AYUNDA PUSPA KINANTI
5210 100 023

Surabaya, Juli 2014

**KETUA
JURUSAN SISTEM INFORMASI**

Dr. Eng. FEBRIYAN SAMOPA S. Kom, M. Kom
NIP.197302191998021001



**MANAJEMEN ASET JARINGAN DISTRIBUSI
TENAGA LISTRIK UNTUK MENINGKATKAN
KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI
MENGUNAKAN SISTEM DINAMIK
(Studi Kasus: PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan)**

TUGAS AKHIR

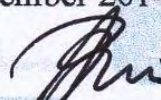
Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

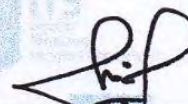
AYUNDA PUSPA KINANTI
5210 100 023

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 20 Juni 2014
Periode Wisuda : September 2014


Erma Suryani, S.T., M.T, Ph.D


(Pembimbing I)

Mahendrawathi ER, ST., MSc., PhD.


(Penguji I)

Retno Aulia V, S.Kom, M.Kom


(Penguji II)

SURABAYA , JULI 2014

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil ‘alamiin. Allahumma sholli’alaa Muhammad, wa ‘alaa aali sayyidina Muhammad. Tiada Dzat yang Maha Kuasa yang mampu menolong selain Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir dengan judul:

**MANAJEMEN ASET JARINGAN DISTRIBUSI
TENAGA LISTRIK UNTUK MENINGKATKAN
KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI
MENGUNAKAN SISTEM DINAMIK**

(Studi Kasus: PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan)

yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Secara khusus penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

- 1) Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
- 2) Papa Hari dan Mama Ita yang senantiasa tiada henti memberi kasih sayang, memberi semangat, mendoakan dan selalu mendukung penulis dalam segala situasi. Berjuta ucapan Alhamdulillah penulis panjatkan telah memiliki orang tua yang sangat hebat seperti mereka.
- 3) Adik penulis Agni dan Bobby yang telah memberikan kegembiraan disaat penulis sedang bosan dan jenuh dalam mengerjakan Tugas Akhir.

- 4) Ibu Erma Suryani, S.T., M.T, Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis sampai penulis dapat menyelesaikan semua tahapan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dengan sangat baik.
- 5) Ibu Febby Artwodhini selaku dosen wali dan juga sebagai dosen yang mau mendengarkan curhatan dan memberikan nasihat serta semangat dari penulis selama perkuliahan dan mengerjakan Tugas Akhir di Jurusan Sistem Informasi.
- 6) Bapak-Bapak PT.PLN(Persero) Dist Jawa Timur Pak Hadi, Pak Himawan, Mas Aulia, serta bapak-bapak yang lain atas bantuan data-data yang dibutuhkan oleh penulis sebagai bahan yang sangat penting dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
- 7) Anak-anak biasanya vicka, farroh, mucie, egik, tissa, miun, bonti, alin atas bantuan do'anya, kegembiraan, keceriaan, kekonyolan yang selalu setia menemani penulis disaat sedih maupun senang
- 8) semua penghuni Lab. SPK atas dukungan dan motivasinya kepada penulis agar segera daftar sidang. Dan menemani disaat penulis sidang akhir
- 9) Seluruh dosen pengajar beserta staf dan karyawan di Jurusan Sistem Informasi, FTIF ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama ini
- 10) Mas Philip dan Mbak Putri yang membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini sehingga penulis tidak buntu dan mendapatkan pencerahan
- 11) Serta semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang belum mampu penulis sebutkan diatas.

Terima kasih atas segala bantuan, dukungan, serta doanya.
Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat hidayah
serta membalas kebaikan-kebaikan yang telah diberikan
kepada penulis.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Abstrak..... | vii |
| KATA PENGANTAR | xi |
| DAFTAR ISI..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xviii |
| DAFTAR TABEL..... | xx |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.1 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.2 Batasan Tugas Akhir..... | 4 |
| 1.3 Tujuan Tugas Akhir | 4 |
| 1.4 Relevansi atau Manfaat Tugas Akhir..... | 4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Manajemen Aset | 7 |
| 2.2 Aset Jaringan Distribusi | 10 |
| 2.3 Manajemen Aset Jaringan Distribusi PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan..... | 13 |
| 2.4 Keandalan Jaringan..... | 15 |
| 2.5 Distribusi Tenaga Listrik di PT.PLN(Persero)..... | 15 |
| 2.6 Simulasi..... | 19 |
| 2.7 Sistem Dinamik..... | 21 |
| 2.8 Causal Loop Diagram | 24 |
| 2.9 Validasi dan Verifikasi Model | 26 |
| 2.9.1 Verifikasi Model | 26 |

| | | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.9.2 | Validasi Model..... | 27 |
| 2.9.3 | Rumus Validasi..... | 27 |
| BAB III METODE PENGKERJAAN TUGAS AKHIR | | 29 |
| 3.1 | Studi Lapangan | 30 |
| 3.2 | Studi Literatur | 30 |
| 3.3 | Identifikasi Masalah..... | 30 |
| 3.4 | Pemetaan masalah berdasarkan data-data, Tujuan dan Manfaat | 31 |
| 3.5 | Menentukan Model | 31 |
| 3.6 | Simulasi..... | 31 |
| 3.7 | Verifikasi dan Validasi..... | 31 |
| 3.8 | Analisa Hasil..... | 32 |
| 3.9 | Pembuatan Skenario..... | 32 |
| 3.10 | Pembuatan Laporan | 33 |
| BAB IV MODEL DAN IMPLEMENTASI..... | | 34 |
| 4.1 | Data Masukan | 34 |
| 4.2 | Pemrosesan Data..... | 34 |
| 4.3 | Pembuatan Konseptual Model | 35 |
| 4.4 | Pemodelan Sistem..... | 39 |
| 4.4.1 | Sub-Model <i>Condition Effect</i> | 48 |
| 4.4.2 | Sub-Model <i>Asset Condition</i> | 49 |
| 4.4.3 | Sub-Model <i>Technical Losses</i> | 59 |
| 4.4.4 | Sub-Model <i>System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan System Average Interruption Frequence Index (SAIFI)</i> | 62 |
| 4.4.5 | Sub-Model Network Reliability | 67 |

| | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| 4.5 | Verifikasi dan Validasi Model | 69 |
| 4.5.1 | Verifikasi Model | 69 |
| 4.5.2 | Validasi Model..... | 75 |
| BAB V PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL | | 84 |
| 5.1 | Pengembangan Skenario..... | 84 |
| 5.1.1 | Skenario Struktur | 85 |
| 5.2 | Analisis Hasil | 108 |
| 5.2.1 | Analisa Skenario Struktur | 108 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | 117 |
| 1.1 | Kesimpulan | 117 |
| 1.2 | Saran | 118 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 119 |
| Biodata Penulis | | 121 |
| LAMPIRAN A DATA INPUTAN | | 1 |
| LAMPIRAN B DATA VALIDASI | | 3 |
| LAMPIRAN C DATA SKENARIO STRUKTUR..... | | 1 |
| LAMPIRAN D HASIL WAWANCARA..... | | 10 |

DAFTAR TABEL

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4. 1 Variabel dan Penjelasan Variabel..... | 38 |
| Tabel 4.5 1 Tabel Nilai E1 dan E2 Tenaga Listrik yang di Distribusikan..... | 77 |
| Tabel 4.5 2 Nilai E1 dan E2 Tenaga Listrik yang diTerima Pelanggan..... | 78 |
| Tabel 4.5 3Nilai E1 dan E2 Lama Padam..... | 79 |
| Tabel 4.5 4 Nilai E1 dan E2 Total Pelanggan..... | 80 |
| Tabel 4.5 5 Nilai E1 dan E2 Pelanggan Padam | 81 |
| Tabel A. 1 Data Jumlah Total Pelanggan | 1 |
| Tabel A. 2 Data Lama Padam | 2 |
| Tabel A. 3 Data Pelanggan Padam..... | 2 |
| Tabel A. 4 Data Tenaga Listrik Yang di Distribusikan | 2 |
| Tabel A. 5 Data Tenaga Listrik yang di Terima Pelanggan... | 1 |
| Tabel B. 1 Data Validasi Total Pelanggan..... | 3 |
| Tabel B. 2 Data Validasi Pelanggan Padam | 4 |
| Tabel B. 3 Data Validasi Lama Padam..... | 5 |
| Tabel B. 4 Validasi Tenaga Listrik yang di Distribusikan..... | 6 |
| Tabel B. 5 Validasi Tenaga Listrik yang di Terima Pelanggan | 7 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|---|
| Tabel C. 1 Skenario Kondisi Trafo | 2 |
| Tabel C. 2 Skenario Kondisi Meter | 4 |
| Tabel C. 3 Skenario Kondisi Tiang | 1 |
| Tabel C. 4 Skenario Kondisi Kabel | 2 |
| Tabel C. 5 Skenario Rata-Rata Kondisi Asset | 4 |
| Tabel C. 6 Skenario Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik..... | 5 |
| Tabel C. 7 Skenario SAIDI | 7 |
| Tabel C. 8 Skenario Technical Losses Percentage..... | 8 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 1 Causal Loop Diagram Keterkaitan Manajemen aset dengan Technical Losses | 25 |
| Gambar 4. 1 Causal Loop Diagram Manajemen Aset yang dikaitkan dengan susut..... | 36 |
| Gambar 4. 2 Base-model berdasarkan kondisi saat ini | 46 |
| Gambar 4. 3 Sub Model Condition Effect | 48 |
| Gambar 4. 4 Sub-Model Transformer Condition..... | 50 |
| Gambar 4. 5 Sub Model Meter Condition..... | 52 |
| Gambar 4. 6 Submodel Pole Condition | 54 |
| Gambar 4. 7 Submodel Cable Condition | 56 |
| Gambar 4. 8 Submodel Tecnical Losses..... | 58 |
| Gambar 4. 9 Submodel SAIDI dan SAIFI | 61 |
| Gambar 4. 10 Submodel Network Reliability..... | 66 |
| Gambar 4. 11 Running Base Model Manajemen Aset PT.PLN (Persero) APJ SBS | 69 |
| Gambar 4. 12 Grafik Average Asset Condition | 70 |
| Gambar 4. 13 Grafik Average Transformer Condition..... | 70 |
| Gambar 4. 14 Grafik Average Meter Condition | 71 |
| Gambar 4. 15. Grafik Average Pole Condition..... | 71 |
| Gambar 4. 16 Grafik Average Cable Condition | 72 |
| Gambar 4. 17 Grafik Network Reliability | 72 |
| Gambar 4. 18. Grafik SAIDI..... | 73 |
| Gambar 4. 19. Grafik Technical Losses Percentage | 73 |
| Gambar 5. 1 Skenario Struktur Pemasangan Asset Baru SCN 1 | 85 |
| Gambar 5. 2 Average Asset Condition Scn 1 | 89 |
| Gambar 5. 3 Network Reliability Scn 1 | 90 |
| Gambar 5. 4 SAIDI Scn 1 | 90 |
| Gambar 5. 5 Technical Losses Scn 1 | 91 |
| Gambar 5. 6 Skenario Menurunkan Technical Losses..... | 94 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5. 7 Project-Level Changes in Distribution Reliability (American Recovery and Investment Act of 2009, 2012) | 95 |
| Gambar 5. 8. Sekenario Menurunkan SAIDI..... | 96 |
| Gambar 5. 9 Sekenario dengan cara pemasangan asset baru pada tahun 2020, menurunkan technical Losses dan SAIDI. | 97 |
| Gambar 5. 10. Perbandingan Technical Losses basemodel, Scn 1, dan Scn 2..... | 104 |

BAB I

PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan beberapa hal dasar mengenai tugas akhir ini yang meliputi: latar belakang, tujuan, manfaat permasalahan, batasan permasalahan, serta sistematika penulisan tugas akhir. Penjelasan tentang hal-hal tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran umum mengenai permasalahan sehingga pemecahan masalah itu sendiri akan dapat diambil dan dipahami dengan baik.

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan dunia usaha pada masa sekarang ini PT. PLN (Persero) sebagai satu-satunya perusahaan BUMN yang bergerak dibidang usaha jasa ketenaga listrikan dituntut untuk dapat menyediakan tenaga listrik dalam jumlah dan mutu yang memadai dalam rangka meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat secara adil dan merata serta mendorong peningkatan kegiatan ekonomi, mengusahakan keuntungan agar dapat membiayai pengembangan penyediaan tenaga listrik untuk melayani kebutuhan masyarakat serta dituntut untuk memberikan pelayanan yang terbaik kepada seluruh lapisan masyarakat sebagai pelanggannya.

Pendistribusian listrik oleh PT. PLN (Persero) APJ Surabaya selatan sering mengalami masalah *losses* energi listrik, *losses* disini diartikan sebagai adanya energi yang hilang baik secara teknis maupun non teknis. Hal ini dapat dilihat dari adanya selisih yang cukup besar antara energi listrik yang dikirimkan dari gardu induk dengan energi listrik yang didapatkan dari konsumsi pelanggan.

Faktor yang diduga sebagai penyebab *losses* (susut) antara lain adanya kerusakan jaringan distribusi. Energi listrik yang

dikirimkan dari gardu induk tidak akan sampai ke pelanggan karena dalam pendistribusiannya terjadi kerusakan jaringan seperti contohnya adanya komponen distribusi yang usang, komponen dicuri orang, komponen yang rusak, sehingga daya listrik tersebut akan berubah menjadi energi panas. Selain hilangnya energi listrik, kerusakan jaringan distribusi juga dapat menyebabkan pemadaman listrik. Jika terjadi pemadaman listrik, maka potensi pendapatan listrik akan berkurang karena konsumsi listrik oleh pelanggan tidak ada.

Ketidakefisiensian pengelolaan aset perusahaan tersebut yang salah satunya adalah dalam pengendalian *losses* (susut) energi listrik, dimana tingkat susut energi listrik yang terbesar terjadi pada tahun 2003 yang mengakibatkan PT.PLN (Persero) kehilangan sebesar Rp. 4,8 triliun, jelas ini merugikan bagi PT.PLN (Persero) yang tentu berpengaruh cukup besar terhadap pencapaian pendapatan perusahaan.(Muhamad Tasrif, 2005) dan untuk wilayah APJ Surabaya Selatan *losses* (susut) distribusinya dari kisaran diatas 7 %. Dan 1% susut distribusi kurang lebih setara dengan 3.000.000 kWh per bulan atau dengan tarif rata-rata Rp. 809 / kWh setara dengan Rp. 2,4 M / bulan.

Maka dilihat dari permasalahan tersebut perlu adanya manajemen aset jaringan distribusi energi listrik yaitu model pengelolaan aset untuk mendirikan sistem manajemen aset yang tepat pada jaringan distribusi yang memperhatikan proses manajemen dan pemanfaatan yang optimal dari umur aset mengenai keandalan layanan dan distribusi energi listrik yang konstan, serta pemeliharaan yang sesuai.(Asset management techniques,2006)

Manajemen aset adalah serangkaian proses bisnis yang bersangkutan dengan mengembangkan, mengoperasikan, dan memelihara aset dari suatu organisasi untuk memenuhi persyaratan yang diinginkan pelanggan dan pemegang saham. Persyaratan yang diinginkan biasanya mencakup biaya,

kinerja, keamanan dan keamanan pasokan listrik.(CIGRE Australian Asset Management Working Group, 2000)

Dilihat dari manfaat yang diberikan Manajemen aset bertujuan untuk menurunkan *losses* (susut) dan keandalan distribusi energi listrik, keberhasilan manajemen aset bergantung kepada kemampuan menentukan komponen kritis pada suatu peralatan serta bagaimana mendefinisikan kondisinya. Oleh karena itu diperlukan pembuatan model simulasi dinamik manajemen aset jaringan distribusi energi listrik untuk membuat perencanaan strategis yang matang dan menentukan masalah-masalah kerusakan jaringan saat ini yang dapat dimodelkan oleh sistem secara dinamik.

Tugas Akhir ini merupakan bagian dari penelitian maka kontribusi penelitiannya adalah dapat memberikan gambaran kondisi aset dan manfaat manajemen aset pada PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan dan *positioning research* adalah pembuatan simulasi manajemen aset hanya pada lingkup kondisi aset, *technical losses*, SAIDI dan SAIFI di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan. Yang dibuat secara general agar dapat digunakan oleh perusahaan listrik lain baik dari dalam maupun luar negeri.

Pembuatan simulasi ini menggunakan sistem dinamik karena dapat menginvestigasi secara tidak terbatas pada kasus-kasus serta mendapatkan parameter yang masuk akal dan sistem ini dikembangkan untuk menyelidiki beberapa hubungan yang penting dan mekanisme *feedback* dari waktu ke waktu yang dapat dieksplorasi (Senge et all, 1994) untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi *losses* (susut) distribusi energi listrik di masa depan karena dalam sebuah proyek riset di Jerman pada sistem manajemen aset dalam jaringan distribusi memberikan prospek perkembangan masa depan.

1.2 Perumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah yang akan dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir:

1. Bagaimana membuat model simulasi kondisi aset jaringan saat ini dan dampaknya terhadap *losses* (susut) distribusi energi listrik?
2. Bagaimana membuat model skenario manajemen aset jaringan untuk meningkatkan keandalan dan menurunkan *losses* (susut) distribusi energi listrik?

1.3 Batasan Tugas Akhir

Adapun batasan dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain:

1. Data aset perusahaan yang digunakan untuk distribusi jaringan tenaga listrik di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan
2. *Losses* (susut) yang dibahas dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah susut teknik
3. Komponen kritis pada manajemen aset yaitu aset fisik PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan (tidak termasuk *financial* dan *human resource*)

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Mengembangkan model simulasi kondisi aset jaringan saat ini dan dampaknya terhadap *losses* (susut) distribusi energi listrik
2. Mengembangkan model skenario terhadap manajemen aset jaringan untuk meningkatkan keandalan dan menurunkan *losses* (susut) distribusi energi listrik di masa depan

1.5 Relevansi

Manfaat yang di peroleh dari pengerjaan tugas akhir ini antara lain:

1. Dengan terciptanya model simulasi manajemen aset jaringan distribusi tenaga listrik dapat memberikan gambaran tentang kondisi aset serta keandalan jaringan saat ini
2. Dari skenario yang dikembangkan, dapat memberikan masukan kepada manajemen PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan dalam menentukan skala prioritas aset jaringan distribusi yang mesti diperbaiki serta hal-hal apa saja yang perlu dilakukan dalam perbaikan aset untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi *losses* (susut)

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam tugas akhir ini, sistematika penulisan laporan disesuaikan dengan pelaksanaan penelitian dan saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Penulisan ini dibagi menjadi 6 bab dan masing-masing bab terdiri dari beberapa sub bab untuk memberikan penjelasan yang lebih detail. Tahapan penulisan laporan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang pengerjaan tugas akhir, tujuan tugas akhir, manfaat, permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir, batasan pengerjaan tugas akhir, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan referensi-referensi yang berkaitan dengan tugas akhir dan beberapa hal yang berkaitan dengan

metode sistem dinamik yang mampu membantu pemahaman dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai tahap-tahap pembuatan tugas akhir atau urutan langkah yang harus dilakukan oleh penulis dalam mengerjakan tugas akhir agar dapat berjalan sistematis, terstruktur dan terarah.

BAB IV MODEL DAN IMPLEMENTASI

Bab ini membahas mengenai implementasi dan pembuatan model simulasi. Pada bagian ini terdapat penjelasan mengenai pembuatan model, keterhubungan antar variable yang mempengaruhi, persamaan dalam *basemodel*, dan proses verifikasi dan validasi model.

BAB V PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Bab ini menjelaskan mengenai uji coba model yang telah valid untuk dilakukan beberapa skenario; skenario struktur, dan skenario parameter; skenario *mostlikely*, skenario *optimistic*, dan skenario *pessimistic* untuk menghasilkan analisa kebijakan bagi perusahaan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari seluruh percobaan yang telah dilakukan untuk menghasilkan kebijakan yang mampu memperbaiki sistem distribusi perusahaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori terkait bersumber dari buku, jurnal, artikel, ataupun tugas akhir terdahulu yang berfungsi sebagai dasar dalam melakukan pengerjaan tugas akhir agar dapat memahami konsep atau teori penyelesaian permasalahan yang ada. Poin utama dari teori terkait yang telah dikaji adalah manajemen aset pada jaringan distribusi energi listrik

2.1 Manajemen Aset

Manajemen aset adalah operasi sekelompok aset yang meliputi seluruh siklus hidup aset yang menjamin dan memastikan layanan yang cocok yang sudah ditentukan dan sesuai dengan standart keamanan.

Manajemen aset adalah model pengelolaan aset yang bertujuan untuk lebih mengoptimalkan sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan, keberhasilan manajemen asset bergantung kepada kemampuan menentukan komponen kritis pada suatu peralatan serta bagaimana mendefinisikan kondisinya (Ivo, Wenzler, 2005)

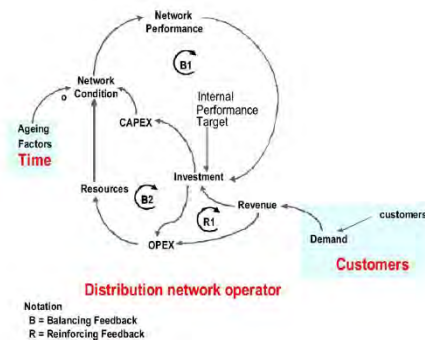
Distribusi dan transmisi operator jaringan menghadapi banyak target yang berbeda dan banyak pesaing. Dengan adanya manajemen aset dapat ditemukan kesinambungan antara kebutuhan dari pelanggan tentang produk dan layanan yang berkualitas dengan harga terjangkau serta tuntutan pemegang saham untuk pengambilan investasi yang cocok. Untuk mengoptimalkan jaringan dan permintaan operator harus mengembangkan dan memperluas praktik terbaik dalam pengelolaan aset. “desain jaringan akan memberikan pelayanan dan kualitas yang terbaik?”. Tetapi sebaliknya “desain jaringan akan memberikan kualitas layanan yang lebih

baik dari diperlukan dan memaksimalkan keuangan?’(Ivo, Wenzler,2005) Manajemen aset perusahaan jaringan listrik mempunyai peran penting dalam mendeteksi dan mengevaluasi keputusan terkemuka tentang keberhasilan ekonomi jangka panjang dan pendapatan yang terbaik. (Ivo, Wenzler,2005) Untuk memenuhi manajemen aset yang sesuai harapan tersebut beberapa hal yang utama adalah

- a. Penyelarasan strategi dan operasi dengan pemangku kepentingan nilai-nilai dan tujuan
- b. Keseimbangan keandalan, keamanan dan pertimbangan keuangan
- c. Pemanfaatan kinerja
- d. Hasil yang sesuai dengan peraturan

Manajemen aset dapat mencakup aspek dari masalah teknis seperti perencanaan jaringan atau definisi fundamental operasional untuk perencanaan investasi dan anggaran lebih ekonomis, dan perencanaan strategis pada kondisi jaringan. (Ivo, Wenzler,2005)

Diagram causal loop dapat digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara unsur-unsur dari sistem seperti pada gambar dibawah ini mulai dari kiri kondisi jaringan mengalami degradasi dari waktu ke waktu karena faktor penuaan.



Gambar 2. 1 Causal Loop Jaringan Distribusi (Ivo,Wenzler,2005)

Hal ini berdampak pada kinerja jaringan yang mengarah ke investasi jika target internal tidak terpenuhi lagi. Investasi bergantung pada uang yang dimiliki dari hasil pelanggan yang membayar. Pada akhirnya modal dan biaya operasional *investasi (Capital expenditure “CAPEX”) or operational expenditure (“OPEX”)* dapat meningkatkan kondisi jaringan.

Beberapa hal yang penting untuk strategi dan teknik manajemen yang benar-benar digunakan oleh operator jaringan adalah

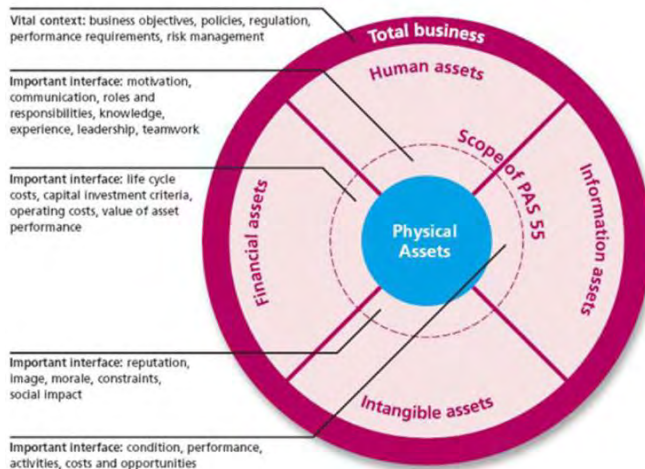
- a. Strategi pemeliharaan
- b. Penentuan kondisi komponen
- c. Simulasi aset
- d. *statistical fault analysis and statistical asset management approach (distribution)*
- e. *Life management (transmisiion)*

Ada kekhawatiran untuk target efisiensi dan kepuasan pelanggan di dalam target jangka pendek karena sudah menerapkan rekayasa aset. Waktu yang sangat berpengaruh pada degradasi aset dan penundaan antara investasi aset yang direalisasikan cukup lama. Dalam rangka untuk membuat keputusan yang tepat yang penting adalah mengembangkan kemampuan untuk menganalisis secara kompleks dependensi antara pemeliharaan dan tindakan pembaharuan, biaya, dan kualitas layanan. Kemampuan untuk menilai skenario yang berbeda dari seluruh jaringan atau struktur teknologi yang sama adalah inti dari pengelolaan aset. Penilaian ini memberikan pengetahuan luas tentang alternatif strategi pada aset. Dengan menggunakan pengetahuan ini manajemen aset dapat secara aktif dikembangkan dan anggaran tujuan jangka panjang dan jangka pendek terpenuhi. (Ivo, Wenzler,2005)

2.2 Aset Jaringan Distribusi

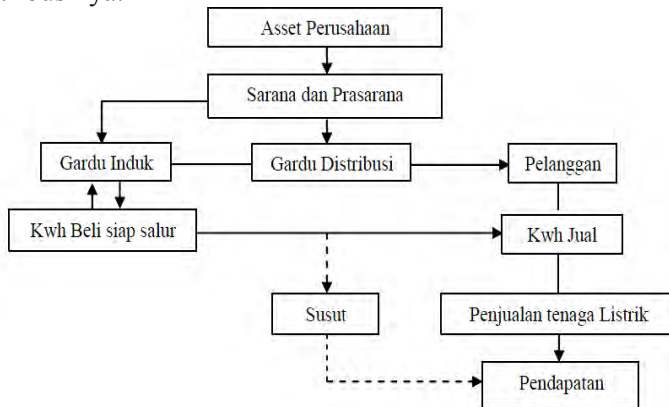
Implementasi aset manajemen pada jaringan distribusi. Ada tiga tipe aset yang termasuk didalamnya yaitu aset fisik (peralatan fisik dan alat kerja), keuangan (instrumen keuangan, investasi yang dapat dipertanggungjawabkan secara akuntansi), dan intangible asset (lisensi operasi, pengetahuan dan keterampilan keahlian staff).

Aset fisik yang dimaksud meliputi peralatan *primary equipment* (instalasi tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi) dan *secondary equipment* (alat monitoring, proteksi dan diagnostik) sebagai satu kesatuan dalam pengelolaannya. Aset finansial meliputi biaya pengelolaan aset yang tertuang dalam rencana kerja anggaran perusahaan (RKAP). *Intangible asset* meliputi pengetahuan operasi dan pemeliharaan serta ketrampilan pegawai. (PAS 55-1,2008)



Gambar 2. 2 Komponen aset yang saling memiliki ketergantungan (PAS 55-1,2008)

Gambar dibawah ini menunjukan bagaimana alur aset perusahaan untuk proses jaringan distribusi energi listrik dan ketika ada *losses* (susut) energi listrik. Dimana ketika pada alur Kwh Beli siap disalurkan ke Kwh Jual mengalami *losses* (susut) karena ada beberapa masalah pada aset jaringan distribusinya.



Gambar 2. 3 Pengaruh Aset Perusahaan terhadap susut jaringan distribusi tenaga listrik (Muhamad Tasrif,2005)

Aset jaringan distribusi dikatakan handal apabila perusahaan mempunyai manajemen aset jaringan distribusi yang baik mengenai umur aset, strategi pemeliharaan dan pembaharuan serta konsisten terhadap pendistribusian tenaga listrik sampai ke pelanggan . (Ivo, Wenzler,2005)

2.3 Manajemen Aset Jaringan Distribusi PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan

Ini merupakan area wilayah kerja PLN Surabaya Selatan dengan data aset Surabaya Selatan



Peta Wilayah Kerja PLN Area Surabaya Selatan

Data Aset Area Surabaya Selatan bulan Februari 2012 (sumber : LTB Feb 2012)

| RAYON | JUMLAH PENYULANG | JTM | | | JUMLAH GRD DIST | TRAFO DISTRIBUSI | | JTR | PELANGGAN | |
|---------------|---------------------|--------------|--------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|------------|----------------|
| | | SKTM | SUTM | TOTAL | | JMLH | DAYA | | TM | TR |
| | | bh kms | bh kms | bh kms | | bh kVA | bh kVA | | bh kms | bh kms |
| DARMO PERMAI | 25 | 62.6 | 203.5 | 266.1 | 918 | 1,075 | 550,620 | 397.2 | 80 | 95,677 |
| DUKUH KUPANG | 16 | 15.8 | 155.4 | 171.2 | 716 | 766 | 177,606 | 238.5 | 55 | 67,329 |
| NGAGEL | 27 | 13.4 | 176.6 | 190.0 | 937 | 1,066 | 192,785 | 360.8 | 63 | 76,070 |
| RUNGKUT | 47 | 63.4 | 275.3 | 338.7 | 1,294 | 1,497 | 424,080 | 504.5 | 201 | 107,246 |
| GEDANGAN | 15 | 20.5 | 170.4 | 190.9 | 648 | 692 | 127,165 | 300.8 | 43 | 80,459 |
| JUMLAH | 130 | 175.7 | 981.2 | 1,156.9 | 4,513 | 5,096 | 1,472,256 | 1,801.8 | 442 | 426,781 |

Gambar 2. 4 Data Aset Area Surabaya Selatan dan Peta Area Surabaya Selatan

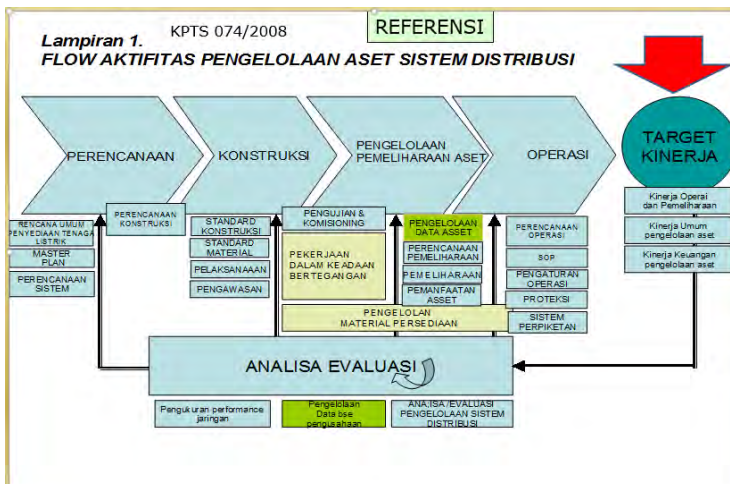
Tujuan Manajemen Aset di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan adalah untuk perolehan kepastian kondisi tidak terjadinya kegagalan kerja peralatan distribusi, serta efisiensi penggunaannya dalam sistem distribusi tenaga listrik

Dilihat dari kondisi saat ini manajemen aset yang ada di PT.PLN(Persero) APJ Surabaya Selatan sudah melakukan manajemen dengan adanya laporan melalui excel dan dokumen

bagaimana solusi yang dilakukan jika terdapat gangguan pada aset.

| DATA PERAWANG TEGANGAN MENYERANG SAMPAI DENGAN 30 SEPTEMBER 2013 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|---------|---------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|------|
| NO | LOKA | PERANGKAP (km) | KAWAT PUSAT (km) | BALOK PER PUSAT (km) | PAJITAN | KAWAT BERGANGGAL | WAT BERGANGGAL | LOKASI BERGANGGAL | WAKTU BERGANGGAL | WAKTU DURASI | WAKTU DURASI | WAKTU DURASI | WAKTU DURASI | WAKTU DURASI | WAKTU DURASI | PERANGKAP (km) | WAT |
| 1 | Surabaya Utara | 772 | 130 | 5,9 | 308 | 5.690 | 338 | 76 | 5 | 1 | 53 | 297 | 28 | | | 783,2 | 9,2 |
| 2 | Surabaya Selatan | 1.180 | 145 | 8,8 | 463 | 5.134 | 477 | 99 | 13 | 7 | 2 | 83 | 287 | 42 | | 1.255,0 | 25,5 |

Gambar 2. 5 Gambaran Data Aset



Gambar 2. 6 Flow Aktifitas Pengelolaan aset sistem distribusi

Strategi yang dilakukan PT.PLN(Persero) APJ Surabaya Selatan adalah

1. Penguatan manajemen data aset
 - Manajemen material (ERP terpusat)
 - Manajemen pemetaan aset operasi jaringan
2. Pengendalian kualitas material/peralatan Jaringan Distribusi (Sistem Pengawasan Mutu).

3. Membakukan dan mensertifikasi manajemen mutu khususnya untuk kegiatan pemeliharaan aset terpasang jaringan Distribusi.
4. Mendorong penerapan Condition based Management pada Trafo Distribusi dan Jaringan SUTM

2.4 Keandalan Jaringan

Berdasarkan wawancara dengan pak Hadi Tasmono Untuk menjamin kualitas tingkat layanan jaringan energi listrik harus memenuhi standar dan kriteristik kriteria kinerja. Kebutuhan akan kontinuitas pasokan merujuk pada keandalan sistem tenaga listrik yaitu rendahnya risiko dari dampak suatu gangguan, ketahanan sistem saat gangguan terjadi , kecepatan pemulihan dari suatu gangguan

Beberapa informasi 80% gangguan pada pelanggan terjadi dalam sistem distribusi

Adapun indikator keandalan jaringan adalah SAIDI(*System Average Interruption Duration Index*) adalah Durasi Lama Padam menit/pelanggan dengan rumusan dibawah ini:

$$\frac{\Sigma (\text{Lama pelanggan padam} \times \text{Jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman})}{\text{Jumlah pelanggan}}$$

dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) adalah Frekuensi Lama padam kali/pelanggan

$$\frac{\Sigma (\text{Pelanggan yang mengalami pemadaman})}{\text{Jumlah pelanggan}}$$

2.5 Distribusi Tenaga Listrik di PT.PLN(Persero)

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah: (Suhadi, dkk,2008)

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

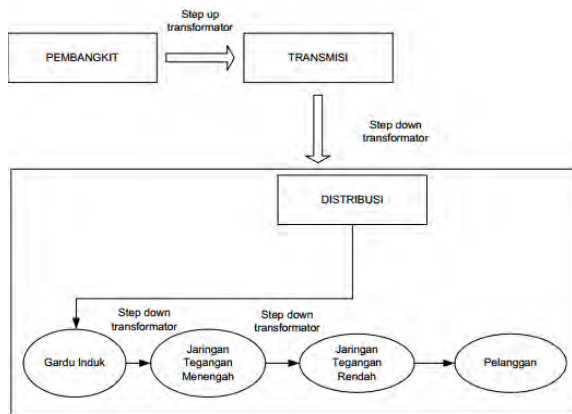
Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV ,154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. (Suhadi, dkk,2008)

Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380Volt . Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-

konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. (Suhadi, dkk,2008)

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan perlengkapannya,

selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda. (Suhadi, dkk,2008)



Gambar 2. 7 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik (Suhadi,dkk,2008)

Dalam pendistribusian energi listrik sampai kepelanggan PT.PLN (Persero) APJ Surabaya sering mengalami losses(susut)

“Susut (*losses*) adalah sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran energi listrik mulai dari Gardu Induk sampai dengan konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, susut (*losses*) dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen”.(Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002)

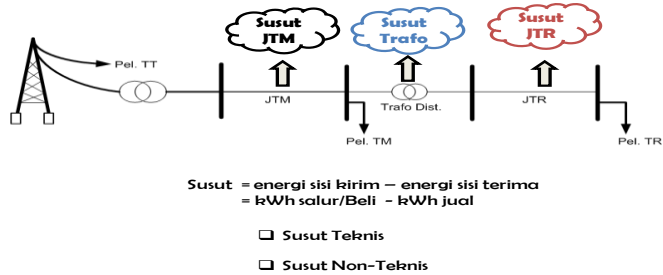
Berdasarkan sifatnya :

- Susut Teknis, yaitu hilangnya energi listrik yang dibangkitkan pada saat disalurkan karena berubah terjadi energi panas. Susut teknis ini tidak dapat dihilangkan (fenomena alam).
- Susut Non Teknis, yaitu hilang energi listrik yang dikonsumsi pelanggan maupun non pelanggan karena tidak tercatat dalam penjualan.

Berdasarkan Tempat Terjadinya:

- Susut Energi, adalah jumlah energi kwh yang hilang atau menyusut terjadi karena sebab-sebab teknik maupun non teknik pada waktu penyediaan dan penyaluran energi.
- Susut Teknik, adalah susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut berubah menjadi panas pada JTT, GI, JTM, GD, JTR, SR, dan APP. (Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No: 217-1.K/DIR/2005)

Gambar dibawah ini menunjukkan gambaran terjadinya *losses* (susut) pada distribusi energi listrik PT.PLN(Persero) APJ Surabaya Selatan)



Gambar 2. 8 Terjadinya Losses (Susut)

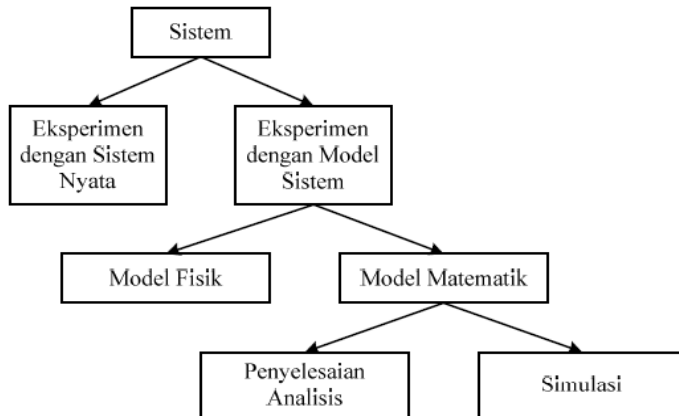
2.6 Simulasi

Simulasi adalah suatu cara untuk menduplikasi/menggambarkan ciri, tampilan dan karakteristik dari suatu sistem nyata. Ide awal dari simulasi adalah meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dari katakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasarkan hasil simulasi. Dengan cara ini, sistem di dunia nyata tidak disentuh/ dirubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan diuji cobakan dalam sistem model Simulasi.

akan sangat berguna dan sangat diperlukan ketika melakukan eksperimen sebuah sistem yang memiliki biaya sangat mahal dan memiliki waktu yang cukup lama jika sebuah sistem tersebut dijalankan. Oleh karenanya simulasi dibutuhkan untuk mempersingkat waktu tersebut dan mendapatkan hasil yang dapat segera dipertimbangkan

menjadi suatu keputusan tepat dan biaya yang tidak terlalu besar.

Pada pendekatan simulasi biasanya diawali dengan membangun sebuah model dari sistem nyata yang ada. Maka dari model tersebut nanti akan diubah dikerjakan pada komputer yang disimulasikan. Adapun dasar utama dalam mengembangkan suatu model yaitu menemukan perubahan yang penting dan tepat seperti pada gambar dibawah ini berdasarkan sumber **Law dan Kelton, 1991**. (Law & Kelton, 2006):



Gambar 2. 9 Klasifikasi Pemodelan sistem (Low & Kelton,2006)

Pada buku *simulation and modeling Analysis* (Law & Kelton, 2006), Model simulasi dikelompokkan ada 3 jenis yaitu:

2.6.1 Model simulasi Statis dan Model simulasi Dinamis

Simulasi statis tidak terpengaruh oleh waktu, sedangkan simulasi dinamis dipengaruhi oleh perubahan waktu.

2.6.2 Model simulasi Deterministik dan Model simulasi Stokastik

Simulasi deterministik berupa model yang tidak mengandung variabel yang bersifat random. Simulasi stokastik merupakan model yang mengandung variabel yang bersifat random.

2.6.3 Model simulasi Kontinu dan Model simulasi Diskrit

Simulasi diskrit mengandung variabel sistem yang mencerminkan status sistem yang berubah pada titik waktu tertentu. Simulasi kontinu mengandung variabel sistem yang terus berubah secara berkelanjutan seiring perubahan waktu.

Pada sistem dinamik terdapat 2 jenis skenario, yaitu :

1. Skenario Parameter

Skenario Parameter dilakukan dengan jalan mengubah nilai parameter model dan melihat dampaknya terhadap output model.

2. Skenario Struktur

Skenario struktur dilakukan dengan cara mengubah struktur model. dengan menambahkan beberapa feedback loop, menambahkan parameter baru, dan mengubah struktur feedback loop.

Sistem dinamik menggunakan waktu sebagai *variable independent* (bebas/berpengaruh). (Suryani, 2010). Model sistem dinamik dibentuk karena adanya hubungan sebab-akibat (*causal*) yang mempengaruhi struktur di dalamnya baik secara langsung antar dua struktur, maupun akibat dari berbagai hubungan yang terjadi pada sejumlah struktur, hingga membentuk umpan-balik (*causal loop*). Pembuatan model pada pendekatan sistem dinamik direperesentasikan dalam diagram kausatik untuk menggambarkan interaksi atau hubungan sebab akibat dari variable-variabel utama yang akan dibuat dalam model dan bersifat positif dan negatif antar variable. Hubungan

bersifat positif jika variable akan mempengaruhi kenaikan nilai dari variable lainnya. Sedangkan hubungan bersifat negative jika variable menyebabkan penurunan nilai bagi variable lainnya.

2.7 Sistem Dinamik

Sistem dinamik merupakan salah satu metode simulasi sistem kontinyu yang pertama kali dikembangkan oleh Jay.W.Forrester sewaktu melakukan riset di MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Dasar metodologi dari sistem dinamik adalah analisis sistem dimana suatu sistem diartikan sebagai seperangkat elemen yang saling berinteraksi satu sama lain yang mencoba untuk menjelaskan perilaku dari berbagai tindakan dalam sebagian sistem. (Suryani, E. 2010)

Pemodelan dan simulasi yang dipilih adalah simulasi sistem dinamik. Sistem dinamik dipilih dikarenakan memiliki beberapa keunggulan yaitu : (Suryani, E. 2010)

1. Menyediakan kerangka kerja bagi aspek kausalitas, nonlinearitas, dinamika dan perilaku endogen dari sistem.
2. Menciptakan pengalaman eksperimental bagi para pengambil kebijakan berdasarkan perilaku faktor-faktor pendukung sistem.
3. Adanya kemudahan untuk mengatur skenario simulasi sesuai dengan yang dikehendaki.
4. Tersedianya sumber informasi dari yang sifatnya mental, tertulis, maupun numerik sehingga model yang dihasilkan lebih berisi dan representatif.
5. Menghasilkan struktur model dari input-input manajerial dan mensimulasikannya lewat prosedur komputasi yang kuantitatif.

Selain itu, keunggulan sistem dinamik adalah memiliki umpan balik atau *feedback structure* yang saling berkaitan dan menuju ke arah keseimbangan

Langkah-Langkah Simulasi Sistem Dinamik (Darmono, R. 2005)

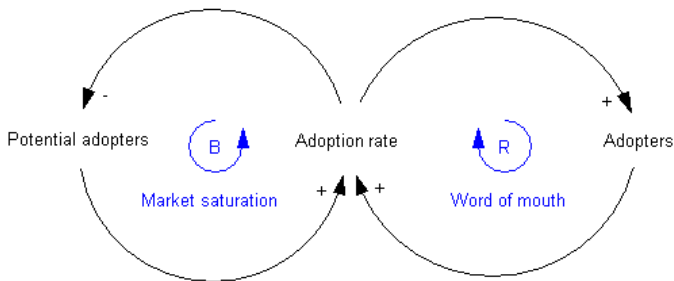
1. Identifikasi Masalah
2. Menentukan faktor-faktor dominan terhadap permasalahan
3. Menelusuri terbentuknya loop umpan balik dan interaksi antara loop satu dengan yang lainnya
4. Melakukan perhitungan simulasi
5. Menentukan validitas dari model yang dibuat
6. Menerapkan kebijakan tertentu dalam melakukan modifikasi terhadap model
7. Melakukan simulasi berikutnya dengan model yang mengalami perubahan
8. Menarik Kesimpulan

Karakteristik Sistem Dinamik (Darmono, R. 2005)

1. Menggunakan model simulasi dalam menyelesaikan suatu masalah
2. Bentuk model diformulasikan secara matematis
3. Perhitungan simulasi dilakukan secara bertahap dengan interval waktu satu tahun
4. Bentuk bangun model dapat berupa diagram alir
5. Sistem dinamik mempunyai struktur tertentu yang terdiri dari sejumlah *loop-loop feedback* yang saling berinteraksi dan masing-masing *loop* memiliki satu atau lebih level

2.8 Causal Loop Diagram

Dasar dalam membuat simulasi dengan menggunakan sistem dinamik adalah hubungan sebab akibat yang berbentuk *close loop* yang menentukan sifat dari sistem. Pada sistem dinamik terdapat dua elemen yaitu berupa *feedback loops* dan *flow*. *Feedback loops* yang menggambarkan keadaan sebuah *output* pada kejadian tertentu di masa lampau menyebabkan adanya peristiwa lain yang terjadi di masa datang. (Muhammadi, E. Aminullah, and B. Soesilo, 2001)



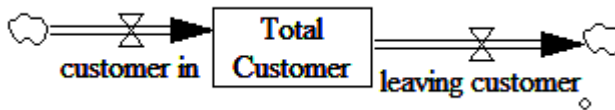
Gambar 2. 10 Contoh Causal Loop Diagram
(Muhammadi,E.Aminullah, and B.Soesilo,2001)

Pengertian *Causal Loop Diagram* sendiri adalah suatu diagram yang menggambarkan secara visual hubungan sebab-akibat yang terjadi diantara variabel-variabel yang saling mempengaruhi dalam suatu sistem. Diagram ini menggunakan panah-panah untuk menunjukkan bagaimana suatu variabel mempengaruhi variabel lainnya. Hubungan diantara variabel yang dihubungkan oleh panah dapat bernilai positif ataupun negatif. Positif artinya, perubahan pada suatu variabel akan mengubah variabel lain secara searah. Negatif artinya,

perubahan pada suatu variabel akan mengubah variabel lain ke arah yang berlawanan.

Pada CLD, panah-panah akan membentuk lingkaran atau *loops* yang terbagi menjadi 2 jenis yakni *reinforcing loops* dan *balancing loops*. *Reinforcing loops* merupakan suatu *loop* dimana hubungan sebab-akibat di dalamnya menciptakan pertumbuhan atau penurunan secara eksponensial. *Balancing loops* merupakan suatu *loop* dimana pengaruh sebab-akibat di dalamnya menciptakan keadaan yang seimbang.

Elemen lainnya yaitu akumulasi *flow*, yang dicontohkan pada Gambar 12

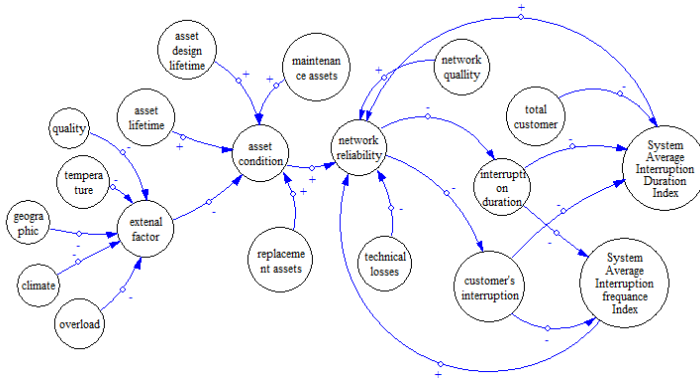


Gambar 2. 11 Flow Total Customer terhadap customer yang masuk dan keluar

Tahapan Pembuatan Causal Loop Diagram (Muhammadi, E. Aminullah, and B. Soesilo, 2001)

1. Identifikasi variabel utama
2. Mempersiapkan grafik yang memperlihatkan gejala perlakuan terhadap waktu (mode referensi)
3. Mengembangkan diagram causal loop (diagram sebab akibat)
4. Analisis gejala sebab akibat terhadap waktu
5. Identifikasi jalur sistemh
6. Identifikasi nilai tambah sistem
7. Mengembangkan strategi intervensi

2.8.1 Causal Loop Diagram Keterkaitan Manajemen Aset dan Losses (Susut)



Gambar 3. 1 Causal Loop Diagram Keterkaitan Manajemen aset dengan Technical Losses

2.9 Validasi dan Verifikasi Model

2.9.1 Verifikasi Model

Proses verifikasi dilakukan dengan meyakinkan bahwa proses pemodelan dengan vensim sudah benar dan sesuai prosedur. Sebagai langkah pertama, verifikasi akan menguji dan mengecek keabsahan.

Proses verifikasi model komputer dilakukan sebelum model divalidasi dan setelah model divalidasi. Proses verifikasi dilakukan secara berulang dan bila perlu memodifikasi model sehingga dapat dicapai hasil yang paling memuaskan sesuai dengan tujuan pemodelan. (Barlas, Y, 1996)

2.9.2 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk menguji substansi model, termasuk menguji tingkat akurasi model komputer apakah sesuai dengan tujuan model yang ingin dicapai. Proses validasi yang ideal diuji dengan memasukan data peubah yang dapat diobservasi (observable system) dan atau yang tidak dapat diobservasi (non observable system). Dalam kasus penelitian ini, banyak data riil lapangan yang tidak mungkin didapatkan sepenuhnya. Validasi model dalam penelitian ini dilakukan secara bersamaan dengan pelaksanaan simulasi. (Barlas, Y, 1996)

2.9.3 Rumus Validasi

Proses pengujian terhadap model apakah sudah sesuai dengan sistem nyata terdapat 2 cara: (Suryani, E.Y. 2010):

- a. Pengujian Rata-Rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

\bar{S} = nilai _rata – rata _hasil _simulasi

\bar{A} = nilai _rata – rata _data

Model dianggap valid bila $E1 \leq 5\%$

- b. Perbandingan Variasi Amplitudo (*% Error Variance*)

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Dimana:

Ss = standard deviasi model

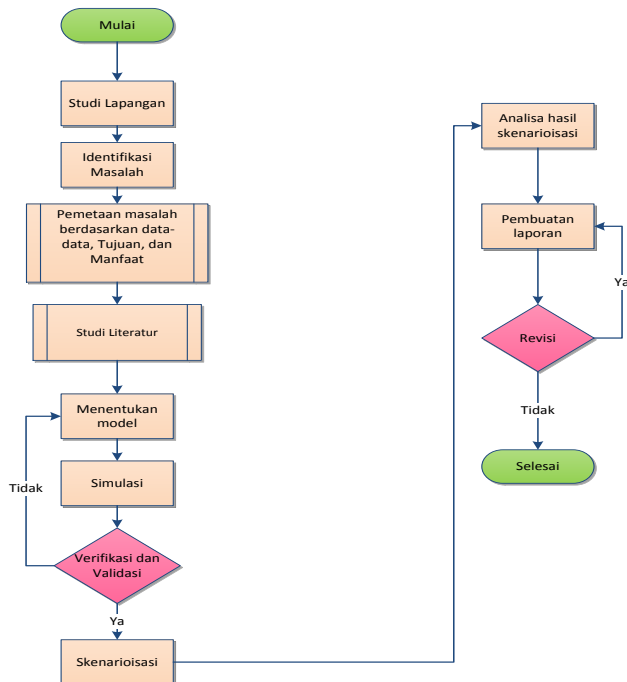
Sa = standard deviasi data

Model dianggap valid bila $E2 \leq 30\%$

BAB III

METODE Pengerjaan TUGAS AKHIR

Bagian ini akan menjelaskan tentang langkah-langkah pengerjaan tugas akhir dalam memodelkan dan mensimulasikan Manajemen Aset Jaringan Distribusi Tenaga Listrik di PT.PLN(Persero) APJ Surabaya Selatan. Model disimulasikan sesuai dengan kondisi nyata yang berjalan kemudian digunakan untuk mengetahui apakah *manajemen aset* yang dilakukan perusahaan.



Gambar 3. 2 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Metode yang diterapkan dalam pengerjaan tugas akhir dijelaskan sebagai berikut :

3.1 Studi Lapangan

Ini merupakan tahapan awal dilakukan pengamatan, merumuskan masalah-masalah yang ada di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan. Dan dilakukan diskusi, pengumpulan data-data yang diperlukan.

3.2 Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan pengkajian dari beberapa referensi yang terkait dengan materi simulasi, sistem dinamik, pemodelan, dan semua yang berkaitan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Referensi bisa didapatkan dari *paper*, buku, artikel di internet dan video

3.3 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan perumusan permasalahan yang ada sekarang, yang akan dicari solusinya melalui pengerjaan tugas akhir ini.

3.4 Pemetaan masalah berdasarkan data-data, Tujuan dan Manfaat

Pada tahap ini yang dilakukan adalah penentuan variabel-variabel yang ada didalam sistem distribusi jaringan di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan . Variabel tersebut di uji dengan menggunakan apakah ada hubungan yang signifikan antara satu variabel dengan variabel yang lain. Pada langkah ini juga akan di tentukan tujuan dan manfaat dari pembuatan model simulasi ini.

3.5 Menentukan Model

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan model kerangka yang akan membentuk sistem yang menggambarkan mengenai variabel-variabel yang sudah didapatkan. Pembuatan model yaitu dengan Causal Loop Diagram yang mendiskripsikan sebab-akibat antar variabel dalam rangkaian yang sesuai dan baik.

3.6 Simulasi

Pada tahapan ini adalah memulai melakukan pembuatan model dengan menggunakan software. Model disesuaikan dengan rumus yang sudah ditetapkan. Setelah itu dilakukan input data, model tersebut disimulasikan yang akan menunjukkan hasil ketika sudah di run

3.7 Verifikasi dan Validasi

Pada tahapan ini validasi dan verifikasi dilakukan untuk menentukan apakah model dan keluaran hasilnya tidak menyimpang dari sistem nyata.

Setelah pembuatan model fase selanjutnya adalah verifikasi model. Pada fase ini dilakukan proses pengecekan terhadap model apakah model yang sudah dibuat telah terbebas dari error. Setelah model simulasi diverifikasi, maka langkah selanjutnya adalah melakukan validasi model. Cara yang akan digunakan untuk melakukan validasi adalah melalui *behaviour validity test*, yaitu fungsi yang digunakan untuk memeriksa apakah model yang dibangun mampu menghasilkan tingkah laku (*behaviour*) *output* yang diterima

3.8 Analisa Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil dari keluaran sistem yang disimulasikan, lalu dilakukan pembuatan skenario manajemen aset yang akan muncul dimasa yang akan datang dengan sistem dinamik. Lalu hasilnya akan dibuat beberapa kesimpulan mengenai hasil keseluruhan simulasi yang sudah dibuat dan dijalankan

3.9 Pembuatan Skenario

Setelah pembuatan model simulasi kondisi manajemen aset jaringan distribusi tenaga listrik dan mengetahui dampaknya terhadap *losses*(susut) maka dilanjutkan membuat skenario hasil simulasi untuk memberikan rekomendasi pada PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan bagaimana manajemen aset yang dapat meningkatkan keandalan distribusi tenaga listrik.

3.10 Pembuatan Laporan

Tahap ini dilakukan setelah semua tahapan yang sebelumnya terselesaikan. Pembuatan laporan disini ditujukan agar seluruh langkah-langkah yang telah dilakukan didokumentasikan dengan lengkap sehingga dapat memberikan informasi yang berguna bagi yang membacanya.

3.11 Revisi

Pada tahap ini apabila ada kesalahan pada tahap-tahap pengerjaan tugas akhir, maka akan dibuat revisi sehingga hasil menjadi benar

BAB IV

MODEL DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan mengenai pembuatan model yang sesuai dengan sistem nyata. Model tersebut nantinya akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam tugas akhir dengan menggunakan aplikasi Ventana System (vensim).

4.1 Data Masukan

Data yang digunakan dalam permasalahan ini adalah data-data yang didapatkan berdasarkan hasil survey dan wawancara yang dilakukan pada kantor PT.PLN Distribusi Jawa Timur yang berlokasi di jalan embong wungu Surabaya, data yang diambil terfokus pada data Area Pelayanan Jaringan Surabaya Selatan. Berikut informasi yang didapatkan dari annual report perusahaan :

- Data aset untuk wilayah APJ Surabaya Selatan yaitu daerah Darmo Permai, Dukuh Kupang, Ngagel, Rungkut dan Gedangan (Lampiran)
- Data susut (losses) (Lampiran)
- Data indikator keandalan (Lampiran)
- Data Jumlah Pelanggan (Lampiran)

Dari data-data tersebut nantinya akan diproses menjadi suatu model dan skenario dengan menggunakan bantuan Vensim sebagai aplikasi simulasi. Data-Data tersebut telah disertakan pada Lampiran A1.

4.2 Pemrosesan Data

Pada tahap pengolahan data dilakukan analisa terhadap informasi yang diperoleh untuk mencari hubungan antar variabel pada sistem untuk selanjutnya dilakukan pembuatan

model yang berdasarkan pada sistem yang berjalan pada APJ Surabaya Selatan. Hubungan antar variabel tersebut akan menjadi pedoman dalam membuat model dasar (*Base Model*) kondisi manajemen aset saat ini. lalu dari model yang telah dibuat nanti akan dilakuakn uji verifikasi dan validasi dengan cara membandingkan rata-rata dan standar deviasi dari model dengan data survei.

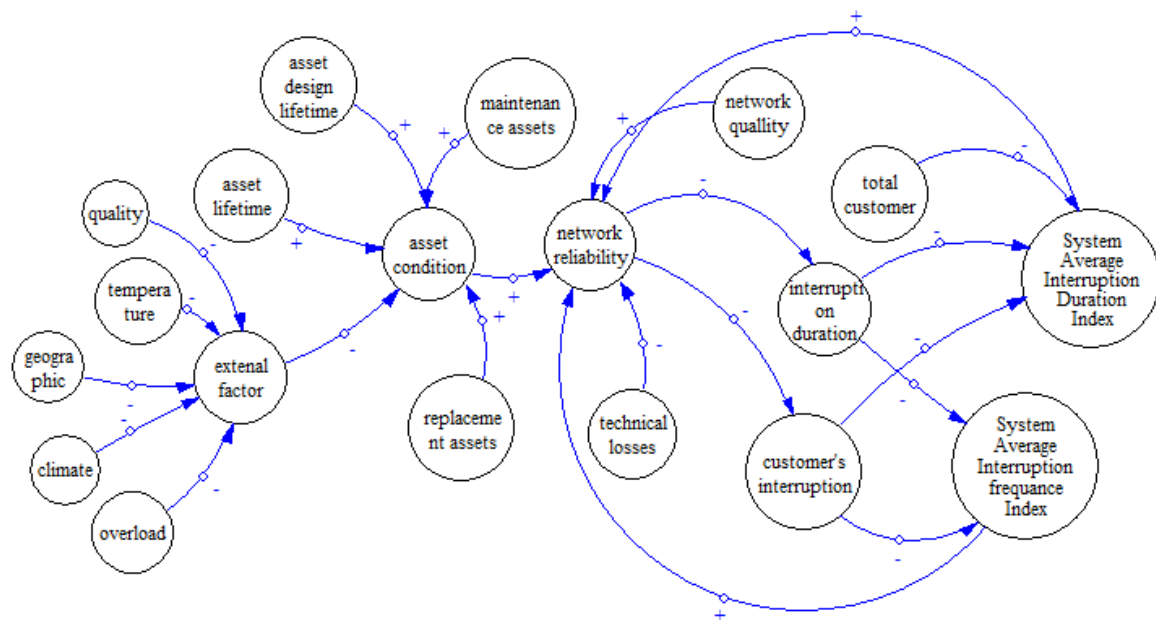
4.3 Pembuatan Konseptual Model

Pada langkah awal dari tahapan adalah menentukan model konseptual untuk mengetahui bagaimana kondisi awal dan hubungan antar varibel pada simulasi yaitu untuk menentukan kesesuaian model dengan kondisi saat ini. Model konseptual tersebut digambarkan dalam sebuah Causal Loop Diagram (CLD). *Causal Loop* dibuat untuk menggambarkan interaksi atau hubungan sebab-akibat dari variabel-variabel utama yang akan dibuat dalam model. Hubungan sebab-akibat dalam model dapat bersifat positif dan negatif.

Pada tugas akhir ini pemodelan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi manajemen aset saat ini dan dampaknya terhadap susut (*losses*). Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi variabel-variabel yang terkait dengan kondisi aset

Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi variabel-variabel terkait yang mempengaruhi sistem utama. Pada tugas akhir ini kondisi jaringan distribusi tenaga listrik (*network condition*), kualitas aset yang digunakan untuk pendistribusian tenaga listrik (*network quality*), keandalan aset dalam pendistribusian tenaga listrik (*network reliability*), Tingkat susut (*technical losses*), tingkat jumlah pelanggan (*total customer*) dan bergantung pada kondisi aset (*asset condition*) variabel tersebut akan menunjukkan bagaimana manajemen aset yang sudah dilakukan di APJ Surabaya

Selatan. Variabel-variabel tersebut diambil berdasarkan pengamatan sistem dilapangan. Implementasi dari pemodelan data dapat digambarkan dari *Causal Loop Diagram* berikut ini:



Gambar 4. 1 Causal Loop Diagram Manajemen Aset yang dikaitkan dengan susut

Berdasarkan data dan informasi yang didapat, performa manajemen yang ada diperusahaan dapat dilihat dari variabel *assets condition, replacement, maintenance, network reliability, network quality*. Berdasarkan hasil wawancara dan survei dengan pihak PT.PLN (Persero) maka didapatkan informasi mengenai kondisi aset saat ini rata-rata 75% aset dalam kondisi baik, 15% dalam kondisi sedang dan 10% dalam kondisi buruk. lalu untuk *equipment life* dari setiap jenis aset memiliki masa hidup yang berbeda-beda yaitu untuk trafo 20 tahun, Gardu Distribusi 10 tahun, Tiang TM (Tegangan Menengah) 20 tahun, Tiang TR (Tegangan Rendah) 20 tahun, Meter 1 Fasa 10 tahun, Meter 3 Fasa 10 tahun , Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 tahun, Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 20 tahun. Dan dikategorikan berdasarkan umurnya yaitu untuk aset yang berumur 20 tahun, 15- 20 tahun termasuk *old*, 10-15 tahun *middle*, dan 0-10 tahun *young* lalu untuk aset yang berumur 10 tahun 7-10 tahun termasuk *old*, 5- 7 tahun *middle*, dan 0-5 tahun termasuk *young*

Pemeliharaan (*maintenance*) dan Penggantian (*Replacement*) aset mempunyai peran yang penting untuk meningkatkan keandalan distribusi tenaga listrik dan mengurangi susut (*losses*). Berdasarkan wawancara rata-rata pemeliharaan minimal 48 kali dalam setahun dan pemasangan aset baru sudah dilakukan selama 4 kali dari tahun 1990-2013 dengan jumlah total asset sudah ditentukan melihat kondisi asset pada waktu itu.

Dalam beberapa tahun kedepan akan mengalami kerugian akibat penurunan jumlah pelanggan karena tenaga listrik yang di salurkan ke pelanggan tidak sesuai dengan tenaga listrik yang diterima pelanggan maka dikaitkan dengan variabel SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) yaitu rata-rata berapa lama pelanggan mengalami gangguan, SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) yaitu rata-rata seberapa sering pelanggan mengalami gangguan, Berdasarkan hasil wawancara untuk meningkatkan jumlah

pelanggan (level of customer) PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan mempunyai target untuk SAIDI 200 menit/pelanggan dan SAIFI 0.03 kali/pelanggan

Dengan penambahan jumlah aset yang di perbaiki dan di ganti, penambahan frekuensi pemeliharaan dan penggantian, serta pencapaian target SAIDI, dan SAIFI maka keandalan jaringan distribusi tenaga listrik akan lebih baik karena kondisi aset lebih baik dan masa hidup aset lebih lama dan susut (*losses*) akan berkurang. Berarti performa manajemen yang dilakukan APJ Surabaya Selatan sudah baik.

4.4 Pemodelan Sistem

Setelah didapatkan hubungan antar variabel, selanjutnya dilakukan pembuatan base model dengan menggunakan aplikasi vensim. Model dibuat berdasarkan data-data primer yang dikumpulkan dan data sekunder yang telah diolah sebelumnya. Variabel sekunder merupakan bagian dari variabel primer. Model tersebut disesuaikan dengan rumusan yang diperoleh dari pengolahan data yang dihasilkan dari formulasi. Berikut ini akan dijelaskan mengenai variabel primer dan sekunder seperti tabel di bawah ini:

Tabel 4. 1 Varibel dan Penjelasan Variabel

| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|----|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <i>Average Strandart Lifetime</i> | Standart umur aset yang ditetapkan dari pabrik |
| 2 | <i>Accelerate lifetime</i> | Mempercepatnya standart umur aset yang dapat digunakan pada kondisi saat ini |
| 3 | <i>Acceleration factor</i> | Nilai dari pembagian dari <i>Average Standar lifetime</i> dan <i>acelerate lifetime</i> yang |

| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|----|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | berpengaruh pada <i>condition effect</i> |
| 4 | <i>Condition effect</i> | Efek yang mempengaruhi kondisi asset |
| 5 | <i>External factor</i> | Faktor dari luar yang mempengaruhi kondisi asset |
| 6 | <i>Quality</i> | Kualitas dan spesifikasi peralatan juga dapat berpengaruh dalam tingkat kegagalan (Jennifer J Crisp,2003) |
| 7 | <i>Temperature</i> | Pengaruh suhu panas di surabaya (Jennifer J Crisp,2003) |
| 8 | <i>Geographic</i> | Letak geografis surabaya dapat mempercepat korosi komponen logam (Jennifer J Crisp,2003) |
| 9 | <i>Climate</i> | Iklim tropis yang ekstrim berpengaruh pada Tingginya kadar kelembaban dapat menjadi masalah, terutama untuk moving parts. Saat peralatan mendingin udara lembab tersedot ke peralatan, dan dapat mengembun di dalam. Peralatan yang beroperasi dalam kondisi kering dan berdebu juga dapat rentan terhadap kegagalan dari polusi. String isolator pada jalur transmisi overhead |

| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|----|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | dapat terlapisi debu (Jennifer J Crisp,2003) |
| 10 | <i>Overload</i> | Overloading transformer (Anita Oommen,2005) |
| 11 | <i>Useable lifetime transformer</i> | Umur trafo yang bisa digunakan |
| 12 | <i>Design lifetime transformer</i> | Umur trafo yang ditetapkan oleh pabrik |
| 13 | <i>Transformer Condition</i> | Persentase Kondisi trafo dilihat dari <i>useable lifetime</i> dan <i>design lifetime</i> |
| 14 | <i>Maintenance rate transformer</i> | Rate untuk pemeliharaan trafo |
| 15 | <i>Deteriorate transformer</i> | Rate trafo dalam keadaan memburuk |
| 16 | <i>Rate transformer</i> | Perubahan tiap step pada kondisi trafo |
| 17 | <i>Useable lifetime meter</i> | Umur meter yang bisa digunakan |
| 18 | <i>Design lifetime meter</i> | Umur meter yang ditetapkan oleh pabrik |
| 19 | <i>Meter Condition</i> | Persentase Kondisi meter dilihat dari <i>useable lifetime</i> dan <i>design lifetime</i> |
| 20 | <i>Maintenance rate meter</i> | Rate untuk pemeliharaan meter |
| 21 | <i>Deteriorate meter</i> | Rate meter dalam keadaan memburuk |
| 22 | <i>Rate meter</i> | Perubahan tiap step pada kondisi meter |
| 23 | <i>Useable lifetime pole</i> | Umur tiang yang bisa digunakan |

| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|----|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24 | <i>Design lifetime pole</i> | Umur tiang yang ditetapkan oleh pabrik |
| 25 | <i>Pole Condition</i> | Persentase Kondisi tiang dilihat dari <i>useable lifetime</i> dan <i>design lifetime</i> |
| 26 | <i>Maintenance rate Pole</i> | Rate untuk pemeliharaan tiang |
| 27 | <i>Deteriorate Pole</i> | Rate tiang dalam keadaan memburuk |
| 28 | <i>Rate Pole</i> | Perubahan tiap step pada kondisi tiang |
| 29 | <i>Useable lifetime Cable</i> | Umur kabel yang bisa digunakan |
| 30 | <i>Design lifetime Cable</i> | Umur kabel yang ditetapkan oleh pabrik |
| 31 | <i>Cable Condition</i> | Persentase Kondisi kabel dilihat dari <i>useable lifetime</i> dan <i>design lifetime</i> |
| 32 | <i>Maintenance rate Cable</i> | Rate untuk pemeliharaan kabel |
| 33 | <i>Deteriorate Cable</i> | Rate kabel dalam keadaan memburuk |
| 34 | <i>Rate Cable</i> | Perubahan tiap step pada kondisi kabel |
| 35 | <i>Year 1990-1996</i> | Tahun Pemasangan Trafo |
| 36 | <i>Year 1997-2006</i> | Tahun Pemasangan Trafo |
| 37 | <i>Year 2007-2013</i> | Tahun Pemasangan Trafo |
| 38 | <i>Year 1990-1997</i> | Tahun Pemasangan Meter |
| 39 | <i>Year 1998-2002</i> | Tahun Pemasangan Meter |
| 40 | <i>Year 2003-2006</i> | Tahun Pemasangan Meter |
| 41 | <i>Year 2007-2013</i> | Tahun Pemasangan Meter |
| 42 | <i>Year 1990-2000</i> | Tahun Pemasangan Tiang |
| 43 | <i>Year 2001-2010</i> | Tahun Pemasangan Tiang |

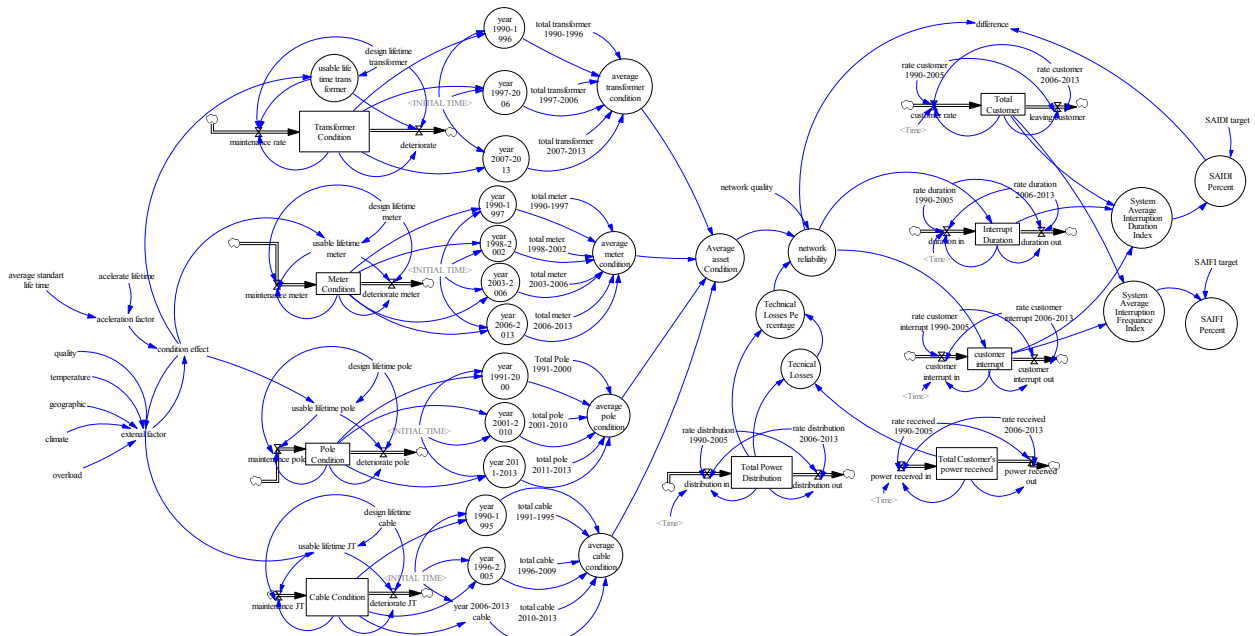
| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|----|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 44 | <i>Year 2011-2013</i> | Tahun Pemasangan Tiang |
| 45 | <i>Year 1990-1995</i> | Tahun Pemasangan Kabel |
| 46 | <i>Year 1996-2005</i> | Tahun Pemasangan Kabel |
| 47 | <i>Year 2006-2013</i> | Tahun Pemasangan Kabel |
| 48 | <i>Average Transformer Condition</i> | Rata-rata kondisi trafo dilihat dari tahun pemasangan trafo dan jumlah total trafo di setiap tahun pemasangan |
| 49 | <i>Average Meter Condition</i> | Rata-rata kondisi meter dilihat dari tahun pemasangan meter dan jumlah total meter di setiap tahun pemasangan |
| 50 | <i>Average Pole Condition</i> | Rata-rata kondisi tiang dilihat dari tahun pemasangan tiang dan jumlah total tiang di setiap tahun pemasangan |
| 51 | <i>Average Cable Condition</i> | Rata-rata kondisi kabel dilihat dari tahun pemasangan trafo dan jumlah total kabel di setiap tahun pemasangan |
| 52 | <i>Total Transformer 1990-1996</i> | Jumlah total trafo pada tahun 1990-1996 |
| 53 | <i>Total Transformer 1997-2006</i> | Jumlah total trafo pada tahun 1997-2006 |
| 54 | <i>Total Transformer 2007-2013</i> | Jumlah total trafo pada tahun 2007-2013 |
| 55 | <i>Total Meter 1990-1997</i> | Jumlah total meter pada tahun 1990-1997 |
| 56 | <i>Total Meter 1998-2002</i> | Jumlah total meter pada tahun 1998-2002 |
| 57 | <i>Total Meter 2003-2006</i> | Jumlah total meter pada tahun 2003-2006 |
| 58 | <i>Total Meter 2007-2013</i> | Jumlah total meter pada tahun 2007-2013 |

| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 59 | <i>Total Pole 1990-2000</i> | Jumlah total tiang pada tahun 1990-2000 |
| 60 | <i>Total Pole 2001-2010</i> | Jumlah total tiang pada tahun 1990-2000 |
| 61 | <i>Total Pole 2011-2013</i> | Jumlah total tiang pada tahun 2011-2013 |
| 62 | <i>Total Cable 1990-1995</i> | Jumlah total kabel pada tahun 1990-1995 |
| 63 | <i>Total Cable 1996-2005</i> | Jumlah total kabel pada tahun 1996-2005 |
| 64 | <i>Total Cable 2006-2013</i> | Jumlah total kabel pada tahun 2006-2013 |
| 65 | <i>Average asset Condition</i> | Rata-rata kondisi asset dilihat dari kondisi trafo, meter, tiang dan kabel |
| 66 | <i>Network Quality</i> | Persentase kualitas asset jaringan distribusi yang baik |
| 67 | <i>Network Reliability</i> | Persentase keandalan jaringan distribusi tenaga listrik |
| 68 | <i>Technical Losses Percentage</i> | Persentase susut teknik |
| 69 | <i>Technical Losses</i> | KWh susut teknik |
| 70 | <i>Rate distribution 1990-2005</i> | Perubahan setiap step pada level power distribution pada tahun 1990-2005 |
| 71 | <i>Rate distribution 2006-2013</i> | Perubahan setiap step pada level power distribution pada tahun 2006-2013 |
| 72 | <i>Total Power Distribution</i> | Total tenaga listrik yang di distribusikan ke pelanggan |
| 73 | <i>Distribution in</i> | Rate distribusi tenaga listrik yang masuk |

| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|----|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 74 | <i>Distribution out</i> | Rate distribusi tenaga listrik yang keluar |
| 75 | <i>Rate received 1990-2005</i> | Perubahan setiap step pada level <i>customer's power received</i> di tahun 1990-2005 |
| 76 | <i>Rate received 2006-2013</i> | Perubahan setiap step pada level <i>customer's power received</i> di tahun 2006-2013 |
| 77 | <i>Total Customer's power received</i> | Total tenaga listrik yang diterima oleh pelanggan |
| 78 | <i>Power received in</i> | Rate tenaga listrik yang diterima masuk |
| 79 | <i>Power received out</i> | Rate tenaga listrik yang diterima keluar |
| 80 | <i>Rate customer 1990-2005</i> | Perubahan setiap step pada level <i>total customer</i> di tahun 1990-2005 |
| 81 | <i>Rate customer 2006-2013</i> | Perubahan setiap step pada level <i>total customer</i> di tahun 2006-2013 |
| 82 | <i>Customer rate</i> | Rate penambahan jumlah pelanggan |
| 83 | <i>Leaving customer</i> | Rate pelanggan yang pergi |
| 84 | <i>Total customer</i> | Jumlah total pelanggan |
| 85 | <i>Rate duration 1990-2005</i> | Perubahan setiap step pada level <i>interrupt duration</i> di tahun 1990-2005 |
| 86 | <i>Rate duration 2006-2013</i> | Perubahan setiap step pada level <i>interrupt duration</i> di tahun 2006-2013 |
| 87 | <i>Interrupt Duration</i> | Lama durasi pemadaman |
| 88 | <i>Duration in</i> | Durasi pemadaman terjadi |
| 89 | <i>Duration out</i> | Durasi pemadaman hilang |

| No | Nama Variabel | Penjelasan Variabel |
|-----|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 90 | <i>Rate customer interrupt 1990-2005</i> | Perubahan setiap step pada level <i>total customer</i> di tahun 1990-2005 |
| 91 | <i>Rate customer interrupt 2006-2013</i> | Perubahan setiap step pada level <i>total customer</i> di tahun 2006-2013 |
| 92 | <i>Customer interrupt</i> | Berapa kali pelanggan mengalami pemadaman |
| 93 | <i>Customer interrupt in</i> | Rate Pelanggan mengalami pemadaman |
| 94 | <i>Customer interrupt out</i> | Rate Pelanggan tidak mengalami pemadaman |
| 95 | <i>System Average Interruption Duration Index (SAIDI)</i> | Durasi lama padam menit/per pelanggan |
| 96 | <i>System Average Interruption frequency Index (SAIFI)</i> | Frekuensi lama padam kali/pelanggan |
| 97 | <i>SAIDI Target</i> | Target SAIDI yang harus dipenuhi |
| 98 | <i>SAIDI Percent</i> | Persentase SAIDI |
| 99 | <i>SAIFI Target</i> | Target SAIFI yang harus dipenuhi |
| 100 | <i>SAIFI Percent</i> | Persentase SAIFI |
| 101 | <i>difference</i> | Perbedaan antara <i>Network reliability</i> dan <i>SAIDI percent</i> |

Dari variabel di atas yang diperoleh dari flow diagram dengan disertai penambahan tanda pengaruh positif atau negatif dari suatu variabel terhadap variabel lainnya diubah menjadi base model, dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Base-model berdasarkan kondisi saat ini

Gambar 4.2 merupakan *base model* dari kondisi manajemen aset pada saat ini di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan. Pada basemodel digambarkan kondisi tiap aset yaitu *transformer condition*, *meter condition*, *pole condition*, *cable condition* yang di jadikan *average asset condition*, kondisi aset dipengaruhi *external factor* dan *aceleration factor* yang berpengaruh pada *network reliability*. Selain itu *network reliability* juga dipengaruhi oleh *network quality* dan *technical losses*. Jika *network reliability* meningkat akan menurunkan nilai *SAIDI* dan *SAIFI* yang akan disesuaikan dengan target *SAIDI* dan target *SAIFI*

4.4.1 Sub-Model Condition Effect

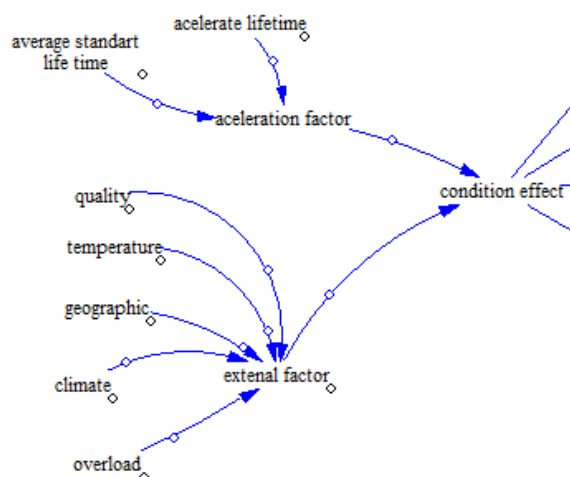
Merupakan faktor eksternal (*external factor*) dan (*aceleration factor*) yang mempengaruhi kondisi aset pada saat ini faktor eksternal yang mempengaruhi yaitu: (Anita Oommen,2005)

- a. Quality yaitu kualitas aset yang dibeli apakah aset yang dibeli mempunyai kualitas yang baik atau buruk mempunyai pengaruh sebanyak 10 %
- b. Temperature meruapakan suhu panas yang mempengaruhi kondisi aset sehingga menyebabkan performa distribusi menurun dan menyebabkan kondisi aset menurun mempunyai pengaruh sebanyak 25%
- c. Geographic mempunyai pengaruh sebanyak 15%
- d. Climate mempunyai pengaruh sebayak 40%
- e. Overload mempunyai pengaruh sebanyak 10%

Dan untuk *aceleration factor* yang mempengaruhi yaitu:(murata,2012)

- a. *Accelerate lifetime* merupakan umur aset pada saat performa kurang dari 50% yaitu rata-rata umur 17,5
- b. *Average standart lifetime* merupakan standart rata-rata umur aset yaitu rata-rata 43,75 tahun

Gambar dibawah ini merupakan sub model Condition Effect



Gambar 4. 3 Sub Model Condition Effect

Quality = 0.1

Temperature = 0.25

Geographic = 0.15

Climate = 0.4

Overload = 0.1

ExternalFactor =

geographic + *overload* + *temperature* + *climate* + *quality*

Average standart lifetime = 43.75

Acelerete lifetime = 17.5

$$\text{Acceleration factor} = \text{average standart life time} / \text{accelerate lifetime}$$

$$\text{Condition Effect} = \text{extenal factor} / \text{acceleration factor}$$

4.4.2 Sub-Model Asset Condition

Sub-model *Asset Condition* merupakan model yang menjelaskan kondisi asset jaringan distribusi tenaga listrik pada saat ini berdasarkan kondisi aset dibagi berdasarkan *design lifetime* dan *useable lifetime* dari setiap asset yaitu:

| Jenis Asset | Design Lifetime | Useable Lifetime |
|--------------------|-----------------|------------------|
| <i>Transformer</i> | 50 tahun | 20 tahun |
| <i>Meter</i> | 30 tahun | 12 tahun |
| <i>Pole</i> | 50 tahun | 20 tahun |
| <i>Cable</i> | 45 tahun | 18 tahun |

Dan dilakukan pengolongan berdasarkan tahun pemasangan untuk tiap asset yaitu: (Hadi T, 2014)

| Jenis Asset | Tahun Pemasangan | Jumlah Asset |
|--------------------|------------------|--------------|
| <i>Transformer</i> | 1990-1996 | 40615 |
| | 1997-2006 | 81229 |
| | 2007-2013 | 284303 |
| <i>Meter</i> | 1990-1997 | 138738 |
| | 1998-2002 | 323723 |
| | 2003-2006 | 4162154 |
| | 2007-2013 | 2081077 |
| <i>Pole</i> | 1990-2000 | 116644 |
| | 2001-2010 | 233288 |
| | 2011-2013 | 816509 |
| <i>Cable</i> | 1990-1995 | 7522 |
| | 1996-2005 | 15044 |

| |
|--------------------------------------|
| $design\ lifetime\ transformer = 50$ |
|--------------------------------------|

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Maintenance\ rate = SMOOTHI(Transformer\ Condition * (usable\ lifetime\ transformer / design\ lifetime\ transformer), 10, 100)$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Deteriorate = SMOOTHI(Transformer\ Condition * (usable\ lifetime\ transformer / design\ lifetime\ transformer) * 1.2, 10, 100)$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $Transformer\ Condition = maintenance\ rate - deteriorate$ $Initial\ Value = 100$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------|

Persamaan 4.0.1 Transformer Condition

2. Average Transformer Condition

Varibel ini merupakan rata-rata kondisi aset dilihat dari tahun pemasangan transformer dan total transformer pada saat tahun pemasangan aset yaitu:

| Jenis Asset | Tahun Pemasangan | Jumlah Asset |
|-------------|------------------|--------------|
| Transformer | 1990-1996 | 40615 |
| | 1997-2006 | 81229 |
| | 2007-2013 | 284303 |

Mempunyai persamaan yaitu hasil dari perkalian total transformer dengan kondisi aset pada tahun pemasangan lalu di bagi jumlah total keseluruhan transformer :

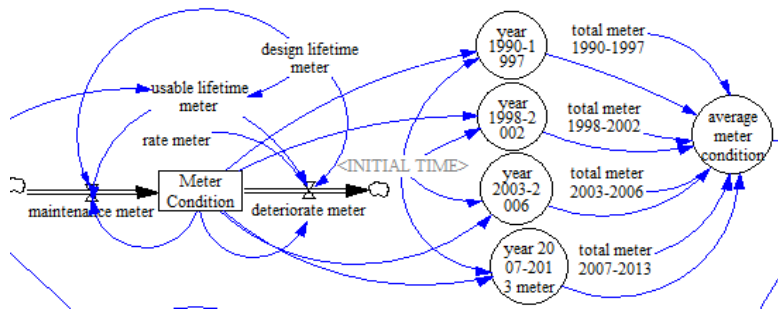
| |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Average\ Transformer\ Condition = ((year\ 1990-1996 * total\ transformer\ 1990-1996) + (year\ 1997-2006 * total\ transformer\ 1997-2006) + (year\ 2007-2013 * total\ transformer\ 2007-2013)) / (total\ transformer\ 1990-1996 + total\ transformer\ 1997-2006 + total\ transformer\ 2007-2013)$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|


```

transformer 1997-2006))+("year 2007-2013"*"total
transformer 2007-2013"))
/
("total transformer 1990-1996"+(IF THEN ELSE("year 1997-
2006"=0, 0 , "total transformer 1997-2006"))+(IF THEN
ELSE("year 2007-2013"=0, 0 , "total transformer 2007-2013"
)))

```

Persamaan 4.0.2 Persamaan Average Transformer Condition



Gambar 4. 5 Sub Model Meter Condition

Submodel meter condition yaitu mencari bagaimana kondisi meter saat ini :

3. *Meter Condition*

Varibel ini merupakan persentase kondisi meter dari tahun 1990-2013 di dapat dari varibel yaitu:

- *Useable lifetime*
- *Design lifetime*
- *maintenance rate*
- *deteriorate*

$$\text{Useable lifetime} = \text{design lifetime meter} * \text{condition effect}$$

$$\text{design lifetime meter} = 30$$

$$\text{Maintenance rate} = \text{SMOOTH}(\text{Meter Condition} * (\text{usable lifetime meter} / \text{design lifetime meter}), 10, 100)$$

$$\text{Deteriorate} = \text{SMOOTH}(\text{Meter Condition} * (\text{usable lifetime meter} / \text{design lifetime meter}) * \text{rate meter}, 10, 100)$$

$$\begin{aligned} \text{Meter Condition} &= \text{maintenance meter} - \text{deteriorate meter} \\ \text{Initial value} &= 100 \\ \text{Rate meter} &= 1.32 \end{aligned}$$

Persamaan 4.0.3 Persamaan Meter Condition

4. Average Meter Condition

Varibel ini merupakan rata-rata kondisi aset dilihat dari tahun pemasangan meter dan total meter pada saat tahun pemasangan aset yaitu:

| Jenis Asset | Tahun Pemasangan | Jumlah Asset |
|-------------|------------------|--------------|
| Meter | 1990-1997 | 138738 |
| | 1998-2002 | 323723 |
| | 2003-2006 | 4162154 |
| | 2007-2013 | 2081077 |

Mempunyai persamaan yaitu hasil dari perkalian total meter dengan kondisi aset pada tahun pemasangan lalu di bagi jumlah total keseluruhan meter :

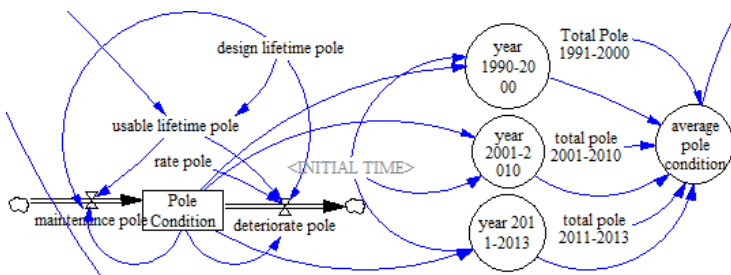
$$\text{Average Meter Condition} = ((\text{"year 1990-1997"} * \text{"total meter 1990-1997"}) + (\text{"year 1998-2002"} * \text{"total meter 1998-2002"})) / (\text{"year 1990-1997"} + \text{"year 1998-2002"} + \text{"year 2003-2006"} + \text{"year 2007-2013"})$$

```

2002")+("year 2003-2006"*"total meter 2003-2006")+("year
2007-2013 meter"*"total meter 2007-2013"))
/
("total meter 1990-1997"+IF THEN ELSE("year 1998-
2002"=0, 0, "total meter 1998-2002")+
IF THEN ELSE("year 2003-2006"=0, 0, "total meter 2003-
2006")+
IF THEN ELSE("year 2007-2013 meter"=0, 0, "total meter
2007-2013"))

```

Persamaan 4.0.4 Persamaan Meter Condition



Gambar 4. 6 Submodel Pole Condition

5. Pole Condition

Varibel ini merupakan persentase kondisi tiang dari tahun 1990-2013 di dapat dari varibel yaitu:

- *Useable lifetime*
- *Design lifetime*
- *maintenance rate*
- *deteriorate*

*Useable lifetime=design lifetime pole*condition effect*

$$\text{design lifetime pole} = 50$$

$$\text{Maintenance rate} = \text{SMOOTH}(\text{ Pole Condition} * (\text{usable lifetime pole} / \text{design lifetime pole}), 10, 100)$$

$$\text{Deteriorate} = \text{SMOOTH}(\text{ Pole Condition} * (\text{usable lifetime pole} / \text{design lifetime pole}) * \text{rate pole}, 10, 100)$$

$$\begin{aligned} \text{Transformer Condition} &= \text{maintenance pole} - \text{deteriorate pole} \\ \text{Initial value} &= 100 \\ \text{Rate pole} &= 1.12 \end{aligned}$$

Persamaan 4.0.4 Persamaan Pole Condition

6. Average Pole Condition

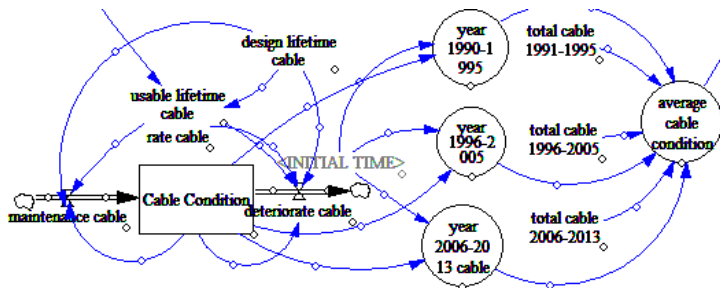
Varibel ini merupakan rata-rata kondisi aset dilihat dari tahun pemasangan tiang dan total tiang pada saat tahun pemasangan aset yaitu:

| Jenis Asset | Tahun Pemasangan | Jumlah Asset |
|-------------|------------------|--------------|
| <i>Pole</i> | 1990-2000 | 116644 |
| | 2001-2010 | 233288 |
| | 2011-2013 | 816509 |

Mempunyai persamaan yaitu hasil dari perkalian total tiang dengan kondisi aset pada tahun pemasangan lalu di bagi jumlah total keseluruhan tiang :

$$\begin{aligned}
 \text{Average Pole Condition} = & (("year\ 1990-2000" * "Total\ Pole\ 1991-2000") + ("year\ 2001-2010" * "total\ pole\ 2001-2010") + ("year\ 2011-2013" * "total\ pole\ 2011-2013")) \\
 & / \\
 & ("Total\ Pole\ 1991-2000" + IF\ THEN\ ELSE("year\ 2001-2010" = 0, 0, "total\ pole\ 2001-2010") + \\
 & IF\ THEN\ ELSE("year\ 2011-2013" = 0, 0, "total\ pole\ 2011-2013"))
 \end{aligned}$$

Persamaan 4.0.5 Persamaan Average Pole Condition



Gambar 4. 7 Submodel Cable Condition

7. Cable Condition

Varibel ini merupakan persentase kondisi kabel dari tahun 1990-2013 di dapat dari varibel yaitu:

- Useable lifetime
- Design lifetime
- maintenance rate
- deteriorate

$$\text{Useable lifetime} = \text{design lifetime cable} * \text{condition effect}$$

$$\text{design lifetime cable} = 45$$

$$\text{Maintenance rate} = \text{SMOOTH}(\text{Cable Condition} * (\text{usable lifetime cable} / \text{design lifetime cable}), 10, 100)$$

$$\text{Deteriorate} = \text{SMOOTH}(\text{Cable Condition} * (\text{usable lifetime cable} / \text{design lifetime cable}) * \text{rate cable}, 10, 100)$$

$$\begin{aligned} \text{Cable Condition} &= \text{maintenance cable-deteriorate cable} \\ \text{Initial value} &= 100 \\ \text{Rate Cable} &= 1.25 \end{aligned}$$

Persamaan 4.0.6 Persamaan Cable Condition

8. Average Cable Condition

Varibel ini merupakan rata-rata kondisi aset dilihat dari tahun pemasangan kabel dan total kabel pada saat tahun pemasangan aset yaitu:

| Jenis Asset | Tahun Pemasangan | Jumlah Asset |
|-------------|------------------|--------------|
| Cable | 1990-1995 | 7522 |
| | 1996-2005 | 15044 |
| | 2006-2013 | 52657 |

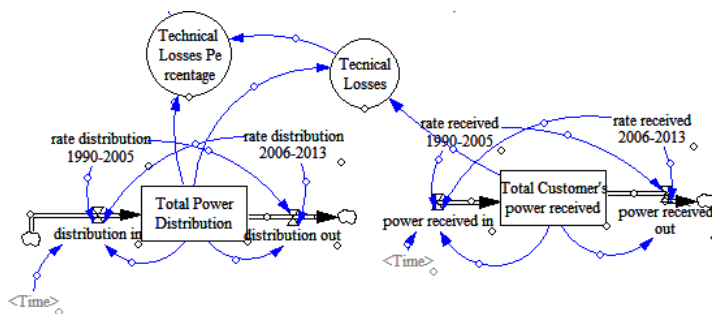
Mempunyai persamaan yaitu hasil dari perkalian total cable dengan kondisi aset pada tahun pemasangan lalu di bagi jumlah total keseluruhan cable :

$$\begin{aligned}
 \text{Average Cable Condition} = & ((\text{"year 1990-1995"} * \text{"total cable 1991-1995"}) + (\text{"year 1996-2005"} * \text{"total cable 1996-2005"}) + (\text{"year 2006-2013 cable"} * \text{"total cable 2006-2013"})) \\
 & / \\
 & (\text{"total cable 1991-1995"} + \text{IF THEN ELSE}(\text{"year 1996-2005"} = 0, 0, \text{"total cable 1996-2005"}) + \\
 & \text{IF THEN ELSE}(\text{"year 2006-2013 cable"} = 0, 0, \text{"total cable 2006-2013"}))
 \end{aligned}$$

Persamaan 4.0.7 Persamaan Average Cable Condition

4.4.3 Sub-Model *Technical Losses*

Sub-model *technical losses* merupakan model yang menggambarkan susut energi listrik yaitu energi listrik yang hilang dalam proses pengaliran energi listrik mulai dari Gardu distribusi sampai ke konsumen. Pada sub model ini adalah susut teknik yaitu hilangnya energi listrik yang menyusut pada saat disalurkan karena berubah menjadi energi panas. Technical losses dipengaruhi oleh energi listrik yang disalurkan (*Power Distribution*) dan energi listrik yang diterima oleh pelanggan (*customer's power received*)



Gambar 4. 8 Submodel Tecnical Losses

Berdasarkan variabel tersebut akan dicantumkan persamaan sehingga dapat dimunculkan nilai *technical losses* dan *technical losses percentage*

1. *Total Power Distribution*

Variabel ini menampilkan level total energi listrik yang disalurkan ke pelanggan dipengaruhi oleh *rate distribution 1990-2005* dan *rate distribution 2006-2013* untuk mempengaruhi jumlah *total power distribution*

$$\text{Rate Distribution 1990-2005} = 0.028$$

$$\text{Rate Distribution 2006-2013} = 0.05$$

$$\text{Distribution in} = \text{IF THEN ELSE}(\text{Time} \leq 2005, \text{"rate distribution 1990-2005"}, \text{"rate distribution 2006-2013"}) * \text{Total Power Distribution}$$

$$\text{Distribution Out} = \text{"rate distribution 1990-2005"} * \text{"rate distribution 2006-2013"} / \text{Total Power Distribution}$$

$$\text{Total Power Distribution} = \text{distribution in} - \text{distribution out}$$

$$\text{Initial Value} = 2.41513e+007$$

2. *Total Customer's power received*

Variabel ini merupakan level yang menampilkan total energi listrik yang di terima oleh pelanggan yang dipengaruhi oleh *rate received 1990-2005* dan *rate received 2006-2013*

$$\text{Rate received 1990-2005} = 0.028$$

$$\text{Rate received 2006-2013} = 0.05$$

*Power Received in = IF THEN ELSE(Time<=2005, "rate received 1990-2005", "rate received 2006-2013")*Total Customer's power received*

Power Received out = "rate received 1990-2005""rate received 2006-2013"*Total Customer's power received*

Total Customer's Power Received = power received in-power received out
Initial value = 2.29317e+007

3. *Technical Losses*

Variabel ini menampilkan total energi listrik yang hilang atau susut yaitu dari hasil pengurangan *total power distribution* dan *total customer's power received*

Technical Losses = Total Power Distribution-Total Customer's power received

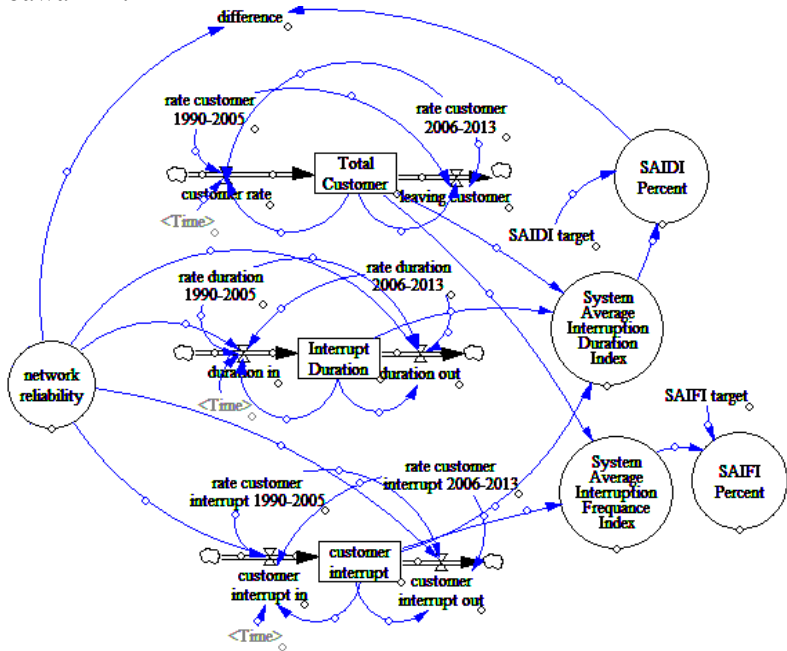
4. *Technical Losses Percentage*

Variabel ini menampilkan persentase dari *technical losses*

*Technical Losses Percentage = ABS((Technical Losses/Total Power Distribution)*100)*

4.4.4 Sub-Model System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan System Average Interruption Frequence Index (SAIFI)

SAIDI dan SAIFI merupakan indikator keandalan (*Network Reliability*) untuk mengevaluasi sistem distribusi dan tingkat pelayanan kepada pelanggan. Pada submodel ini menampilkan nilai SAIDI dan SAIFI dimana terdapat variabel yang berpengaruh adalah *Total Customer*, *Interrupt Duration*, dan *Customer Interrupt*. Seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 9 Submodel SAIDI dan SAIFI

Pada sub-model terdapat beberapa variabel dan persamaan yang mempengaruhi SAIDI dan SAIFI

1. *Total Customer*

Variabel ini menampilkan level jumlah pelanggan di APJ Surabaya Selatan dari tahun 1990-2013

$$\text{Rate customer 1990-2005} = 0.0004$$

$$\text{Rate customer 2006-2013} = 0.0014$$

*Customer rate = IF THEN
ELSE(Time=1990:OR:Time=1991:OR:Time=1992:OR:Time=1993:OR:Time=1995:OR:Time=1996:OR:Time=1997:OR:Time=1998:OR:Time=1999:OR:Time=2000:OR:Time=2001:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004:OR:Time=2005, "rate customer 2006-2013", "rate customer 1990-2005")*Total Customer*

Leaving customer= "rate customer 1990-2005""rate customer 2006-2013"*Total Customer*

*Total Customer= customer rate-leaving customer
Initial Value = 470991*

2. *Interrupt Duration*

Variabel ini menampilkan level lama pelanggan padam di APJ Surabaya Selatan dari tahun 1990-2013

$$\text{Rate duration 1990-2005} = 0.01$$

$$\text{Rate duration 2006-2013} = 0.15$$

*Duration In = IF THEN
ELSE(Time=1990:OR:Time=1991:OR:Time=1992:OR:Time
=1993:OR:Time=1995:OR:Time=1996:OR:Time=1997:OR:
Time=1998:OR:Time=1999:OR:Time=2000:OR:Time=2001
:OR:Time=2002:OR:Time=2003:OR:Time=2004:OR:Time=
2005, "rate duration 1990-2005" , "rate duration 2006-2013"
) *Interrupt Duration/network reliability*

Duration out= "rate duration 1990-2005""rate duration
2006-2013"*Interrupt Duration/network reliability*

*Interrupt Duration= duration in-duration out
Initial Value = 8576.9*

3. Customer Interrupt

Variabel ini menampilkan level jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman dari tahun 1990-2013 di APJ Surabaya Selatan

$$\text{Rate customer 1990-2005} = 0.004$$

$$\text{Rate customer 2006-2013} = 0.025$$

*Customer Interrupt In = IF THEN
 ELSE(Time=1990:OR:Time=1991:OR:Time=1992:OR:Time
 =1993:OR:Time=1995:OR:Time=1996:OR:Time=1997:OR:
 Time=1998:OR:Time
 =1999:OR:Time=2000:OR:Time=2001:OR:Time=2002:OR:
 Time=2003:OR:Time=2004:OR:Time=2005, "rate customer
 interrupt 1990-2005"
 , "rate customer interrupt 2006-2013")*customer
 interrupt/network reliability*

*Customer Interrupt out= "rate customer interrupt 1990-
 2005"*"rate customer interrupt 2006-2013"*customer
 interrupt/network reliability*

*Customer Interrupt= customer interrupt in-customer interrupt
 out
 Initial Value = 13352*

4. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

Variabel ini menampilkan perhitungan berapa menit pelanggan mengalami pemadaman menit/pelanggan

*SAIDI= ((Interrupt Duration*customer interrupt)/Total
 Customer)*

$$SAIDI \text{ Percent} = ABS((100 - (\text{System Average Interruption Duration Index} / SAIDI \text{ target}) * 100))$$

$$SAIDI \text{ Target} = 200$$

5. *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*

Variabel ini menampilkan perhitungan seberapa sering pelanggan mengalami pemadaman kali/pelanggan

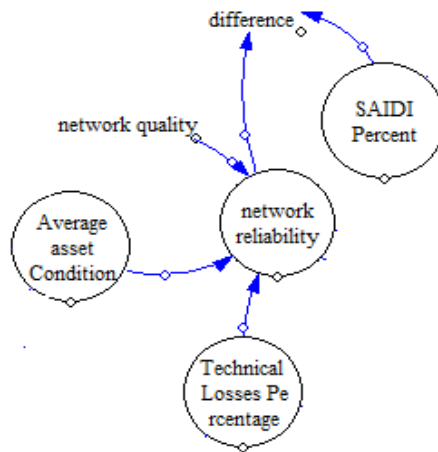
$$SAIFI = \text{customer interrupt} / \text{Total Customer}$$

$$SAIFI \text{ Percent} = ABS((100 - (\text{System Average Interruption Frequence Index} / SAIFI \text{ target}) * 100))$$

$$SAIDI \text{ Target} = 0.02$$

4.4.5 Sub-Model Network Reliability

Sub-model network reliability merupakan variabel yang menampilkan persentase keandalan jaringan distribusi tenaga listrik yang dipengaruhi oleh *Average asset condition*, *Technical Losses Percentage*, dan *network quality*. Nilai dari variabel *difference* harus meningkat karena harus meningkatkan *Network Reliability* dan menurunkan *SAIDI Percent*.



Gambar 4. 10 Submodel Network Reliability

Berdasarkan variabel-variabel tersebut maka akan diberi perumusan untuk mendapatkan persentase keandalan jaringan distribusi tenaga listrik

1. *Network Reliability*

Variabel ini menampilkan persentase keandalan jaringan distribusi yang akan berpengaruh pada SAIDI dan SAIFI

$$\text{Network Reliability} = (\text{network quality} + \text{Average asset Condition}) / 2 - (\text{Technical Losses Percentage})$$

2. *Average Asset Condition*

Variabel ini menampilkan rata-rata kondisi asset saat ini yang assetnya dibedakan menjadi 4 kategori yaitu *transformer, meter, pole*, dan *cable* yang berpengaruh pada keandalan jaringan distribusi tenaga listrik

$$\text{Average Asset Condition} = ((\text{average cable condition} + \text{average meter condition} + \text{average pole condition} + \text{average transformer condition}) / 4)$$

Persamaan 4.0.5 Exhibiton Cost

3. *Network Quality*

Variabel ini menampilkan persentase kualitas asset yang dibeli oleh perusahaan yang berpengaruh pada keandalan jaringan distribusi tenaga listrik

$$\text{Network quality} = 80$$

4. *Technical Losses Percentage*

Variabel ini menampilkan persentase dari *technical losses* yang berpengaruh pada persentase keandalan jaringan distribusi tenaga listrik

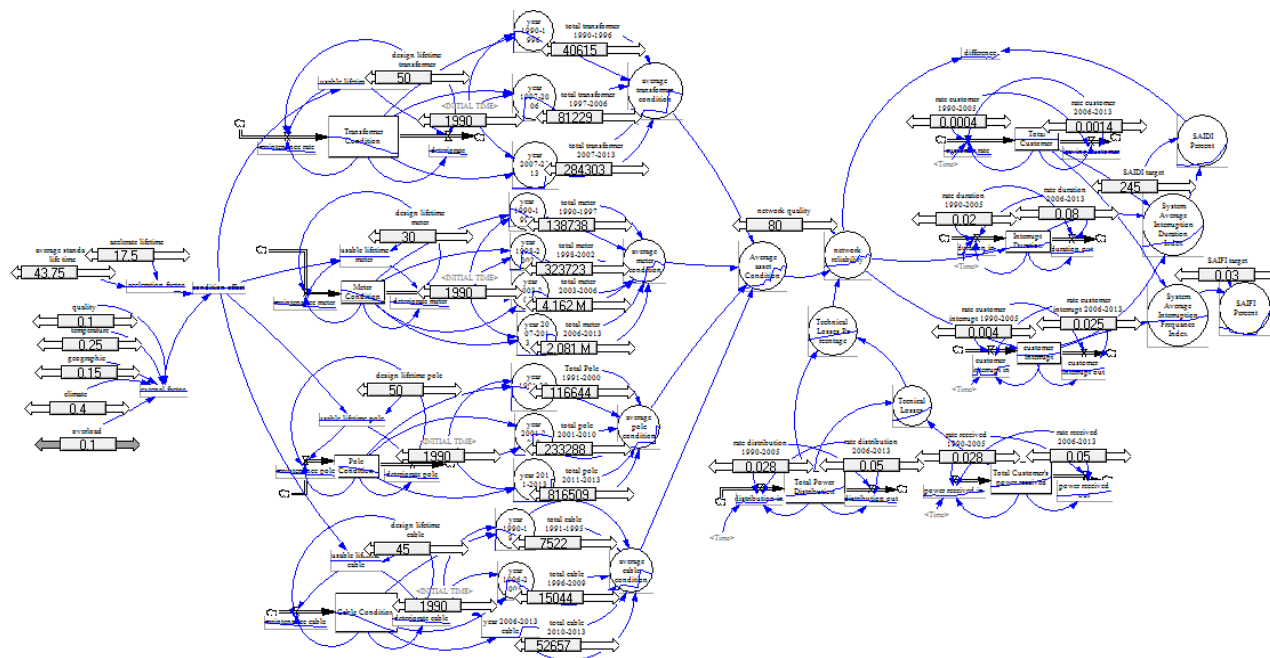
$$\text{Technical Losses Percentage} = \text{ABS} \left(\frac{\text{Technical Losses}}{\text{Total Power Distribution}} * 100 \right)$$

4.5 Verifikasi dan Validasi Model

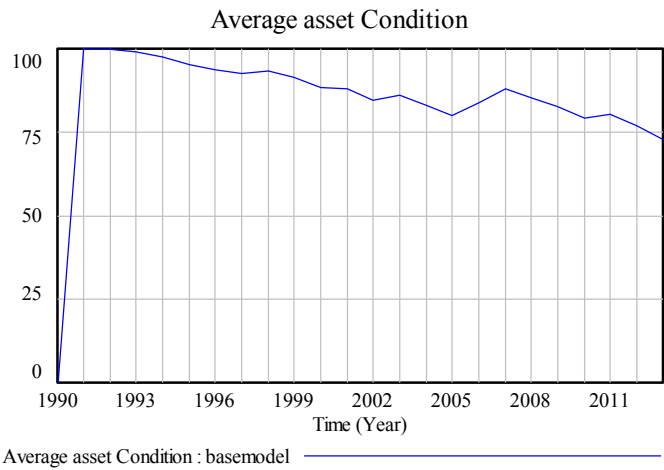
4.5.1 Verifikasi Model

Verifikasi adalah pemeriksaan apakah program komputer simulasi berjalan dengan sesuai yang diinginkan dimana terdapat proses pemeriksaan apakah logika operasional model (program komputer) sesuai dengan logika diagram alur (Hoover and Perry, 1989). verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar (law dan Kelton, 1991).

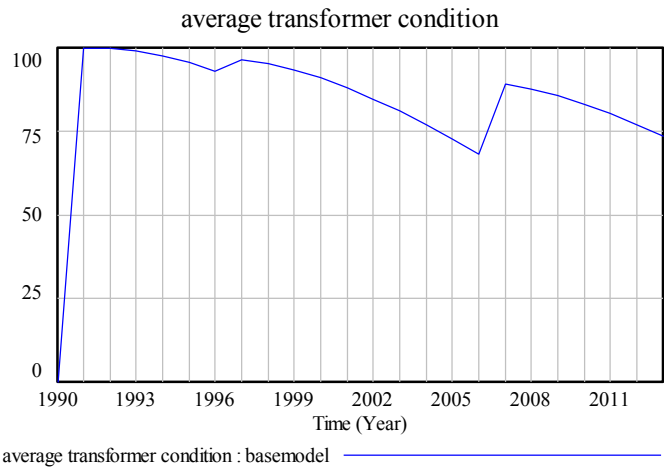
Verifikasi model dilakukan ketika proses *running* model simulasi menggunakan vensim. Apabila model tidak menampilkan pesan error maka model tersebut dikatakan *verified* (bebas error).



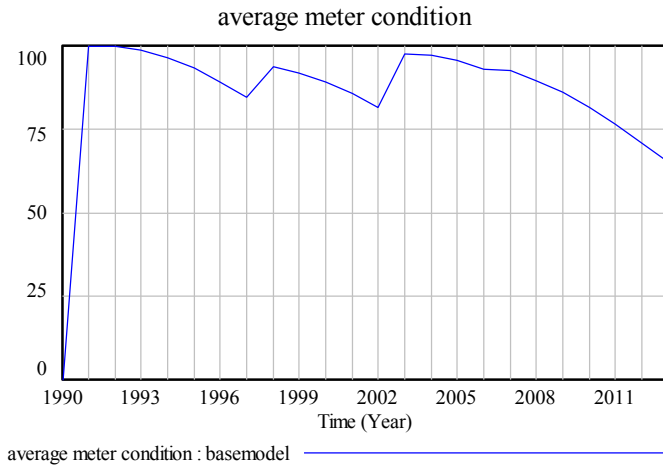
Gambar 4. 11 Running Base Model Manajemen Aset PT.PLN (Persero) APJ SBS



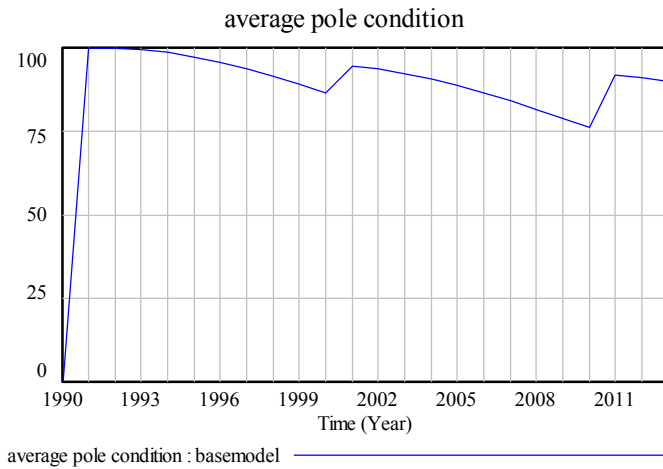
Gambar 4. 12 Grafik Average Asset Condition



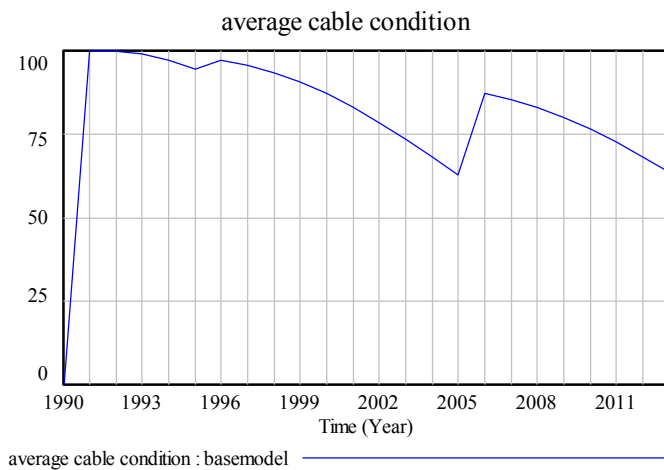
Gambar 4. 13 Grafik Average Transformer Condition



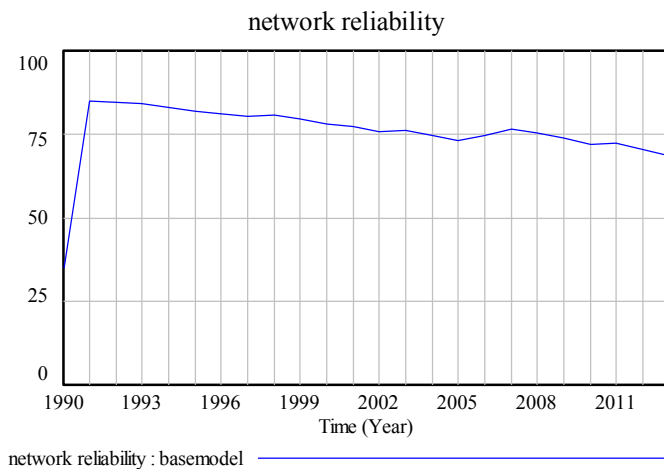
Gambar 4. 14 Grafik Average Meter Condition



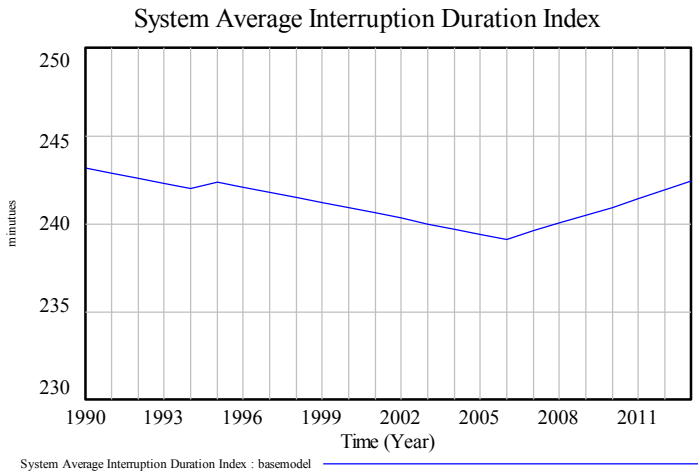
Gambar 4. 15. Grafik Average Pole Condition



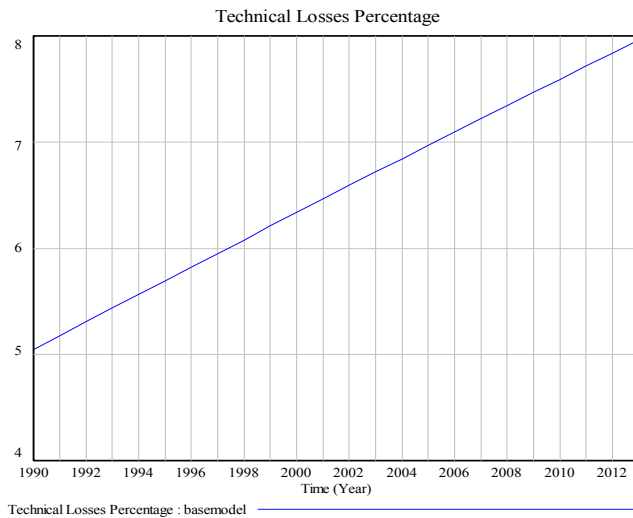
Gambar 4. 16 Grafik Average Cable Condition



Gambar 4. 17 Grafik Network Reliability



Gambar 4. 18. Grafik SAIDI



Gambar 4. 19. Grafik Technical Losses Percentage

Gambar 4.11 menampilkan *running base model* dari manajemen asset perusahaan, sedangkan pada grafik- grafik diatas menunjukkan hasil dari *running base model* beberapa sub model dilihat pada grafik *Average Transformer condition* menunjukkan kondisi trafo semakin menurun dan terakhir kondisi trafo adalah 73 % , pada grafik *Average Meter Condition* kondisi meter semakin menurun dan terakhir kondisi meter adalah 72%, pada grafik *Average Pole Condition* kondisi tiang semakin menurun dan terakhir kondisi tiang adalah 89%, dan untuk *Average Cable Condition* kondisi kabel juga semakin menurun dan kondisi terakhir adalah 63%. Dilihat dari kondisi asset tersebut *Average Asset Condition* adalah 72%. Dengan rata-rata technical losses sebesar 6,5% dan *network reliability* 68% maka akan berdampak pada nilai SAIDI yaitu 242 menit/pelanggan. Dengan kondisi seperti tersebut maka harus dilakukan beberapa skenario untuk mencapai target agar keandalan jaringan distribusi lebih meningkat sehingga susut akan berkurang dan SAIDI akan berkurang. Pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa model telah dapat disimulasikan dengan baik tanpa error.

4.5.2 Validasi Model

Validasi adalah proses penentuan apakah model sebagai konseptualisasi atau abstraksi merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata (Hoover dan Perry,1989). bertujuan melakukan pengecekan apakah model konseptual simulasi adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Law & Kelton, 1991). Validasi dilakukan dengan membandingkan kesesuaian data perusahaan dengan hasil simulasi. Perbandingan ini bertujuan untuk membuktikan secara nyata bahwa data hasil simulasi telah sesuai dengan data historis perusahaan sehingga model yang dibuat telah valid. Perbandingan ditunjukkan dengan grafik antara data historis dan data hasil simulasi basemodel.

Grafik perbandingan menunjukkan perbedaan antara data simulasi (garis biru) dengan data survei (garis merah). Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk mengetahui valid atau tidak data simulasi. Cara yang akan digunakan untuk melakukan validasi adalah melalui *behaviour validity test*, yaitu fungsi yang digunakan untuk memeriksa apakah model yang dibangun mampu menghasilkan tingkah laku (*behaviour*) *output* yang diterima. Cara pengujian validitas dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan perbandingan rata-rata (mean comparison) dan perbandingan variasi amplitudo (% error variance). Perumusan yang dipakai sebagai berikut (Suryani, 2010):

- Perbandingan rata-rata (*Means Comparison*)
Formula sebagai berikut :
- Perbandingan Rata – Rata (Mean Comparison)

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

Prasyarat:

\bar{S} = Nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} = Nilai rata-rata data

Model dianggap valid jika $E1 \leq 5\%$

- Perbandingan variasi amplitude (*Amlitude Variations Comparison*)

Penghitungan % *error variance* dengan formula sebagai berikut :

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Prasyarat:

Ss = standard deviasi model

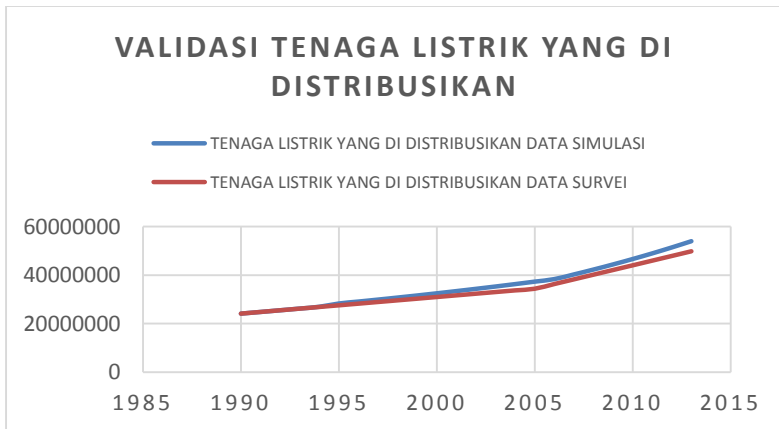
Sa = standard deviasi data

Model dianggap valid bila $E2 \leq 30\%$

Dari hasil simulasi adapun grafik data survei dan data simulasi yang di validasi serta penghitungan mean variance (E1) dan Error Variance (E2) pada data hasil simulasi

1. Validasi Tenaga Listrik yang di Distribusikan

Grafik dibawah ini merupakan grafik perbandingan data survei tenaga listrik yang di distribusikan dengan data hasil simulasi tenaga listrik yang didistribusikan



Grafik 4.5 1 Validasi Tenaga Listrik yang di distribusikan

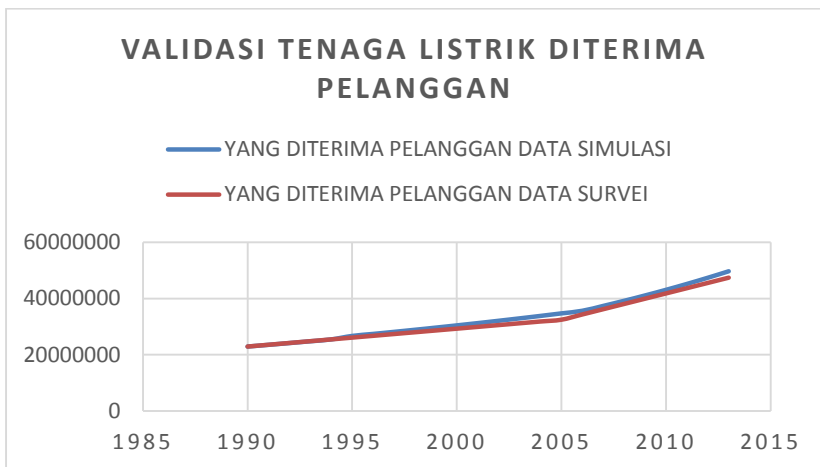
Dilakukan pengujian dengan perhitungan perbandingan rata-rata (*mean comparison*) $\leq 5\%$ dan perbandingan variasi amplitude (*% error variance*) $\leq 30\%$ seperti pada tabel dibawah ini maka data valid

| | | |
|----------------|--------------------|-------------|
| E1 (Rata-Rata) | 35548200,5 4,9% | 33882605 |
| E2 (Standev) | 8694110,841 14% | 7609444,335 |

Tabel 4.5 1 Tabel Nilai E1 dan E2 Tenaga Listrik yang di Distribusikan

2. Validasi Tenaga Listrik yang di Terima Pelanggan

Grafik dibawah ini merupakan grafik perbandingan data survei tenaga listrik di terima oleh pelanggan dengan data hasil simulasi tenaga listrik diterima oleh pelanggan



Grafik 4.5 2 Validasi Tenaga Listrik diterima Pelanggan

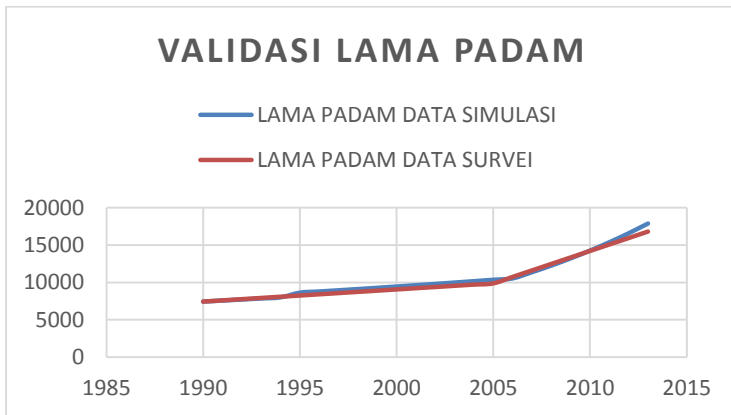
Dilakukan pengujian dengan perhitungan perbandingan rata-rata (*mean comparison*) $\leq 5\%$ dan perbandingan variasi amplitude (*% error variance*) $\leq 30\%$ seperti pada tabel dibawah ini maka data valid

| | | |
|----------------|---------------------|-------------|
| E1 (Rata-Rata) | 34531908,48 3,7% | 33314852 |
| E2 (Standev) | 7341171,541 6% | 6932018,694 |

Tabel 4.5 2 Nilai E1 dan E2 Tenaga Listrik yang diTerima Pelanggan

3. Validasi Lama Padam

Grafik dibawah ini merupakan grafik perbandingan data survei Lama Padam dengan data hasil simulasi Lama Padam



Grafik 4.5 3Grafik Validasi Lama Padam

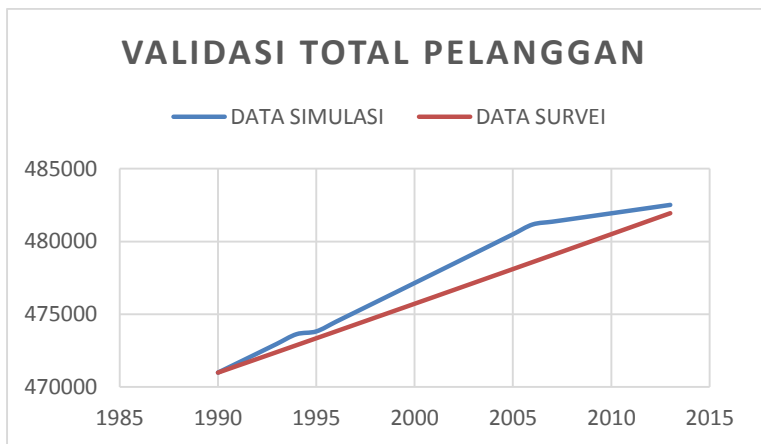
Dilakukan pengujian dengan perhitungan perbandingan rata-rata (*mean comparison*) $\leq 5\%$ dan perbandingan variasi amplitude (*% error variance*) $\leq 30\%$ seperti pada tabel dibawah ini maka data valid

| | | |
|-----------------------|-------------|-------------|
| E1 (Rata- Rata) | 10595,01025 | 10365,0278 |
| | 2% | |
| E2 (Stdev) | 2908,537324 | 2800,620595 |
| | 4% | |

Tabel 4.5 3Nilai E1 dan E2 Lama Padam

4. Validasi Total Pelanggan

Grafik dibawah ini merupakan grafik perbandingan data survei Total Pelanggan dengan data hasil simulasi Total Pelanggan



Grafik 4.5 4 Validasi Total Pelanggan

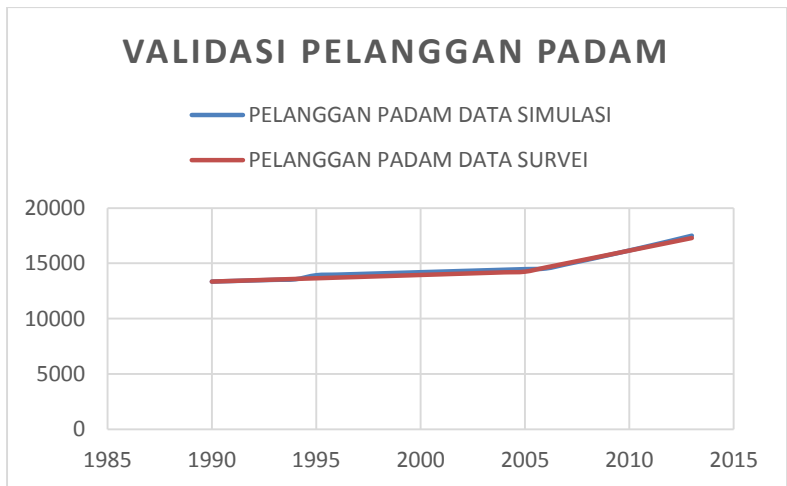
Dilakukan pengujian dengan perhitungan perbandingan rata-rata (*mean comparison*) $\leq 5\%$ dan perbandingan variasi amplitudo (*% error variance*) $\leq 30\%$ seperti pada tabel dibawah ini maka data valid

| | | |
|-----------------------|-------------------|-------------|
| E1 (Rata- Rata) | 476447,3 0,26% | 477706,1732 |
| E2 (Stdev) | 3848,004 14% | 3367,296083 |

Tabel 4.5 4 Nilai E1 dan E2 Total Pelanggan

5. Validasi Pelanggan Padam

Grafik dibawah ini merupakan grafik perbandingan data survei Pelanggan Padam dengan data hasil simulasi Pelanggan Padam



Grafik 4.5 5 Validasi Pelanggan Padam

Dilakukan pengujian dengan perhitungan perbandingan rata-rata (*mean comparison*) $\leq 5\%$ dan

perbandingan variasi amplitude (*% error variance*) $\leq 30\%$ seperti pada tabel dibawah ini maka data valid

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| E1 (Rata- Rata) | 14637,62496 14518,19 1% |
| E2 (Stdev) | 1167,639718 1181,443 1,2% |

Tabel 4.5 5 Nilai E1 dan E2 Pelanggan Padam

Berdasarkan persyaratan, model dikatakan valid jika $\text{mean variance} \leq 5\%$ dan $\text{error variance} \leq 30\%$. Dari hasil penghitungan mean variance dan error variance pada variabel Tenaga Listrik yang di Distribusikan, Tenaga Listrik yang di terima pelanggan, Total Pelanggan, Lama Padam, Pelanggan Padam pada PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan memiliki $\text{mean variance model} \leq 5\%$ dan dari keseluruhan hasil menunjukan model memiliki $\text{error variance} \leq 30\%$. Sehingga dapat dikatakan model telah valid dan dapat digunakan sebagai acuan skenario lainnya untuk meningkatkan keandalan distribusi tenaga listrik (*Network Reliability*) yang dapat menurunkan susut (*Technical Losses*).

BAB V

PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Bab ini membahas proses pembuatan skenario serta analisa terhadap hasil dari skenario berdasarkan *base model* yang telah dibuat sebelumnya.

5.1 Pengembangan Skenario

Pengembangan skenario dibuat setelah hasil *basemodel* telah valid dan verify, langkah selanjutnya adalah pembuatan skenario simulasi. Pembuatan skenario dapat dilakukan dengan menambahkan satu atau beberapa variabel yang memiliki pengaruh terhadap keandalan jaringan distribusi

Terdapat 2 jenis skenario yang biasa digunakan pada sistem dinamik yaitu, skenario parameter (parameter scenario) dan skenario struktur (structure scenario). Tujuan dari skenario parameter adalah mengubah parameter pada variabel yang ditambahkan dalam skenario struktur. Pada pengerjaannya skenario parameter dibagi menjadi 3 kategori yaitu *optimistic*, *pessimistic* dan *most likely*. Sedangkan pada variabel struktur dikerjakan dengan menambahkan variabel yang memungkinkan untuk dapat menampilkan hasil dan analisa sesuai dengan tujuan dari pengerjaan tugas akhir.

Terdapat fokus utama yang berperan penting untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi tenaga listrik di perusahaan yaitu dengan cara meningkatkan kondisi asset, menurunkan technical losses dan menurunkan SAIDI Sehingga dalam tugas akhir ini skenario yang digunakan adalah skenario struktur tanpa menggunakan skenario parameter. Skenario struktur yang digunakan dibagi menjadi 2 kategori yaitu,

1. Skenario struktur melakukan *replacement* ketika asset sudah dibawah dalam kondisi dibawah 50% sesuai dengan jumlah total asset yang kondisinya sudah buruk
2. Skenario struktur untuk mengurangi *technical losses* dan *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI)

5.1.1 Skenario Struktur

Tujuan dari dibuatnya skenario struktur ini adalah untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi tenaga listrik (*network reliability*) yang dipengaruhi oleh rata-rata kondisi asset (*average asset condition*), dan kualitas jaringan distribusi tenaga listrik (*network quality*). Yang akan berpengaruh pada *technical losses* dan SAIDI

Pada simulasi ini akan dijelaskan bagaimana langkah perusahaan untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi tenaga listrik (*network reliability*) dengan beberapa skenario antara lain:

- a. Skenario struktur melakukan *replacement* asset ketika asset dalam kondisi dibawah 50% sesuai dengan jumlah total asset yang kondisinya sudah harus di *replace*
- b. Skenario struktur untuk mengurangi *technical losses* dan *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI)

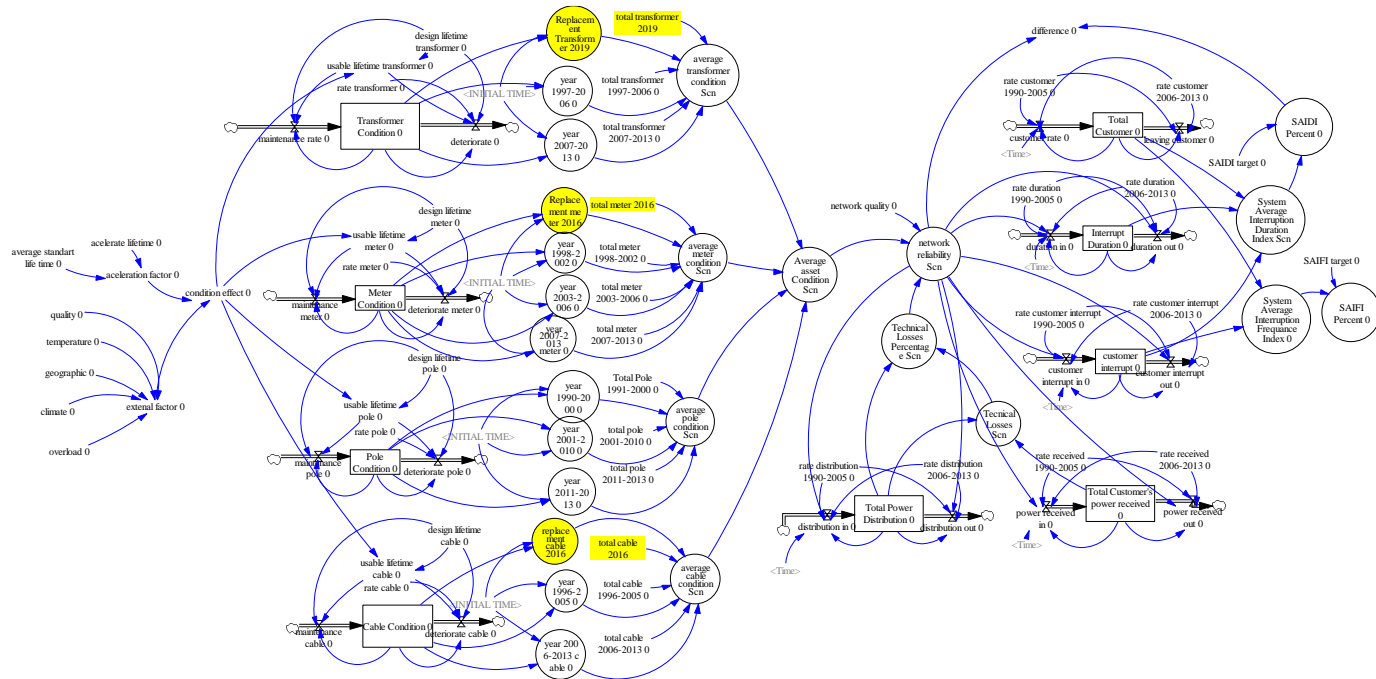
5.1.1.1 Skenario Struktur *Replacement Assets*

Pembuatan skenario struktur dengan melakukan replacement asset yang kondisi assetnya dibawah 50% yaitu

- a. *Replacement* pada transformer pada tahun 2019 karena kondisi trafo pada tahun tersebut adalah 48%
- b. *Replacement* pada meter pada tahun 2016 karena kondisi meter pada tahun tersebut adalah 46%
- c. *Replacement* pada cable pada tahun 2016 karena kondisi cable pada tahun tersebut adalah 48%

Penggantian asset sesuai dengan jumlah total asset yang buruk. untuk tiang hanya dilakukan *maintenance* karena sampai pada tahun 2025 kondisi nya masih 59%

Berdasarkan asumsi-asumsi pembuatan skenario maka dibangun flow diagram dengan penambahan dan perubahan beberapa variabel. Diagram skenario struktur Pemasangan Asset Baru seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. 1 Skenario Struktur *Replacement Assets*

1. Replacement transformer 2019

Variabel ini menampilkan persentase kondisi asset pada saat pemasangan baru asset pada tahun 2019

$$\text{Replacement Transformer 2019} = \text{DELAY INFORMATION}(\text{Transformer Condition 0, 2019-INITIAL TIME}, 0)$$

2. Total Transformer 2019

Variabel ini menampilkan total trafo yang akan di pasang pada tahun 2019

$$\text{Total Transformer 2019} = 40615$$

3. Average Transformer Condition Scn 1

Variabel ini menampilkan persentase rata-rata kondisi trafo setelah ada pemasangan baru

$$\begin{aligned} \text{Average Transformer Condition Scn 1} = & ((\text{Replacement Transformer 2019} * \text{total transformer 2019}) + ("year 1997-2006 0" * "total transformer 1997-2006 0") + ("year 2007-2013 0" * "total transformer 2007-2013 0")) \\ & / \\ & ("total transformer 1997-2006 0" + \\ & (\text{IF THEN ELSE}("total transformer 2007-2013 0"=0, 0, "total transformer 2007-2013 0")) + \\ & (\text{IF THEN ELSE}(\text{Replacement Transformer 2019}=0, 0, \text{total transformer 2019}))) \end{aligned}$$

4. *Replacement meter 2016*

Variabel ini menampilkan persentase kondisi meter pada saat pemasangan baru asset pada tahun 2016

Replacement meter 2016 = DELAY INFORMATION(Meter Condition 0, 2016-INITIAL TIME , 0)

5. *Total Meter 2016*

Variabel ini menampilkan total meter yang akan di pasang pada tahun 2016

Total Meter 2016= 138738

6. *Average Meter Condition Scn 1*

Variabel ini menampilkan persentase rata-rata kondisi meter setelah ada pemasangan baru

*Average Meter Condition Scn 1 = ((Replacement meter 2016*total meter 2016)+("year 1998-2002 0"*"total meter 1998-2002 0")+("year 2003-2006 0"*"total meter 2003-2006 0")+("year 2007-2013 meter 0"*"total meter 2007-2013 0"))*
/
("total meter 1998-2002 0"+
IF THEN ELSE("year 2003-2006 0"=0, 0, "total meter 2003-2006 0")+
IF THEN ELSE("year 2007-2013 meter 0"=0, 0 , "total meter 2007-2013 0")+
IF THEN ELSE(Replacement meter 2016=0, 0 , total meter 2016))

7. *Replacement Cable 2016*

Variabel ini menampilkan persentase kondisi kabel pada saat pemasangan baru asset pada tahun 2016

Replacement Cable 2016 = DELAY INFORMATION(Cable Condition 0, 2016-INITIAL TIME , 0)

8. *Total Cable 2016*

Variabel ini menampilkan total kabel yang akan di pasang pada tahun 2014

Total Cable 2016= 7522

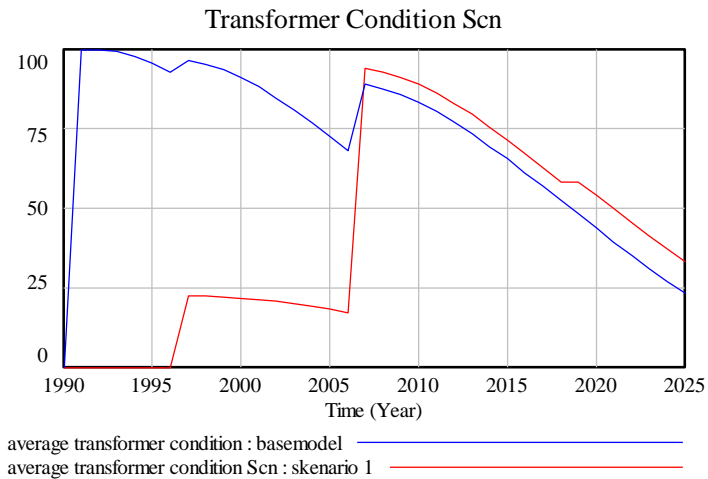
9. *Average Cable Condition Scn 1*

Variabel ini menampilkan persentase rata-rata kondisi Tiang setelah ada pemasangan baru

*Average Cable Condition Scn 1 = ((replacement cable 2016*total cable 2016)+("year 1996-2005 0"*"total cable 1996-2005 0")+("year 2006-2013 cable 0"*"total cable 2006-2013 0"))*
/
("total cable 1996-2005 0"+
IF THEN ELSE("year 2006-2013 cable 0"=0, 0 , "total cable 2006-2013 0")+
IF THEN ELSE(replacement cable 2016=0, 0 , total cable 2016
))

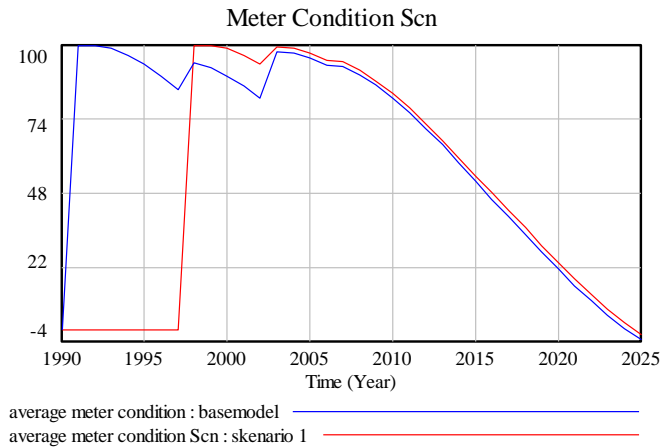
Setelah ditambahkan variabel dan perumusan kemudian skenario dapat dijalankan, hasil yang diperoleh dari skenario ini yang dibandingkan dengan *basemodel* akan berpengaruh pada keandalan jaringan distribusi tenaga listrik (*Network*

Reliability), susut teknik (*Technical Losses*), dan SAIDI . Seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini



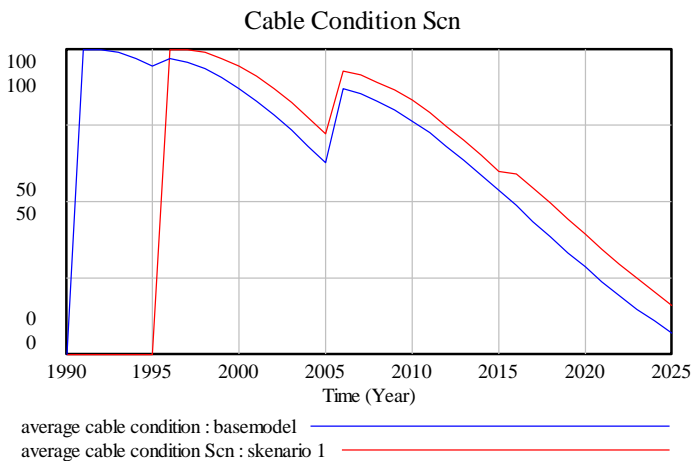
Gambar 5. 2 Transformer Condition Scn 1

Simulasi dilakukan sampai pada tahun 2025 dan dilihat pada perbandingan pada basemodel kondisi akhir trafo adalah 23% sedangkan pada skenario 1 kondisi akhir trafo meningkat menjadi 41% pada tahun 2025 pada tahun 2014 69% menjadi 85%



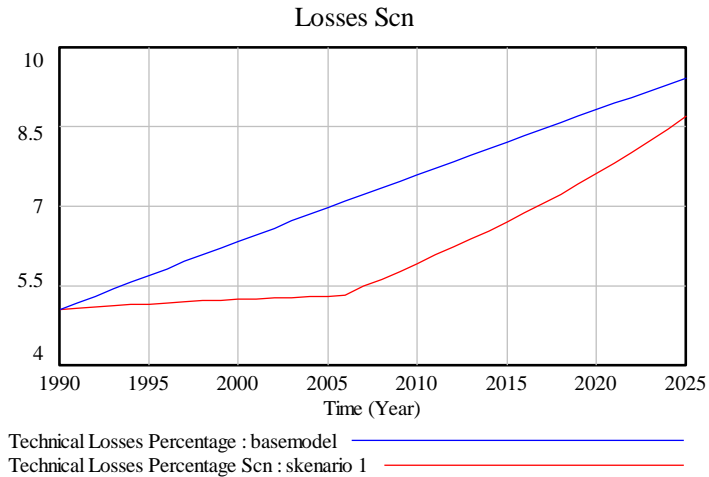
Gambar 5. 3 Meter Condition Scn 1

Kondisi meter meningkat menjadi dari 46% menjadi 48% pada tahun 2025



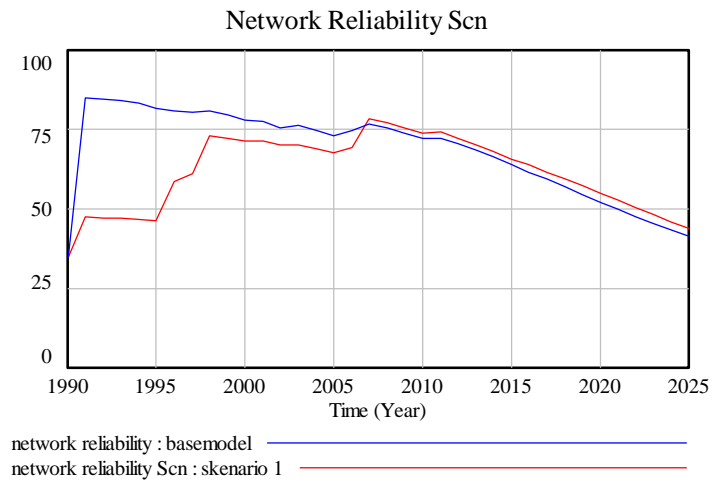
Gambar 5. 4 Cable Condition Scn 1

Kondisi kabel meningkat dari 58% menjadi 65% pada tahun 2014 dan pada tahun 2025 kondisi kabel meningkat dari 6% menjadi 16%

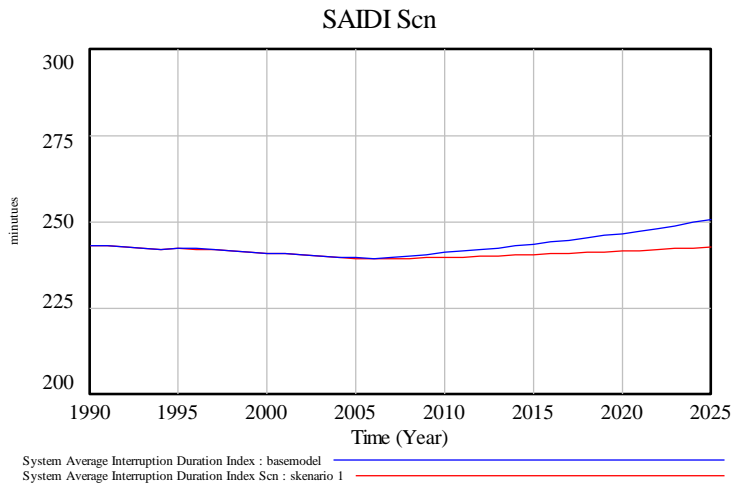


Gambar 5. 5 Technical Losses Scn 1

Dilihat dari network reliabilitynya ketika network reliability pada tahun 2025 menurun mencapai 34% maka susutnya 9% Setelah dilakukan replacement network reliability pada tahun 2025 menjadi 46% dengan susut 8%. Sehingga peningkatan network reliability 10% dapat menurunkan susut 1% Dan SAIDI dari 250 menit/pelanggan menjadi 242 menit/pelanggan



Gambar 5. 6 Network reliability Scn 1

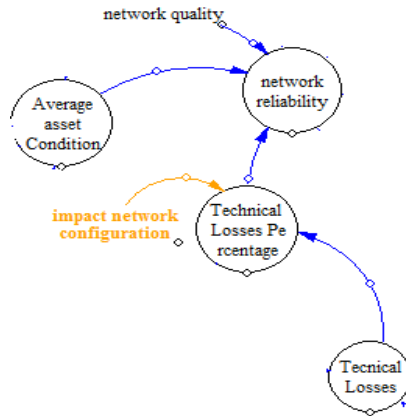


Gambar 5. 7. SAIDI Scn 1

5.1.1.2 Skenario Struktur dengan Menurunkan *Technical Losses* dan menurunkan *SAIDI*

Tujuan dari dibuatnya skenario dengan mengurangi technical losses ini adalah untuk menurunkan susut teknik dengan cara konfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan melibatkan penyulang akan menurunkan 1 % susut pertahun (Zimmerman, Ray Daniel, 2005). Jika technical losses menurun maka akan meningkatkan *network reliability* dan akan menurunkan *SAIDI*.

Rekonfigurasi jaringan (Network Reconfiguration) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (switching remotely controlled) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua alasan Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (loss reduction) dan Mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (load balancing) (Zimmerman, Ray Daniel, 2005).



Gambar 5. 8 Skenario Menurunkan Technical Losses

1. *Technical Losses Scn 2*

Variabel ini menampilkan persentase technical losses skenario 2 dengan pengaruh impact network configuration

$$Technical\ Losses\ Scn\ 2 = ABS((Technical\ Losses/Total\ Power\ Distribution)*100)-impact\ network\ configuration$$

Persamaan 5.0.1 Technical Losses Scn 2

2. *Impact Network Configuration*

Variabel ini menampilkan nilai persen dari pengaruh rekonfigurasi jaringan yang dapat menurunkan technical losses

$$Impact\ Network\ Configuration = 1$$

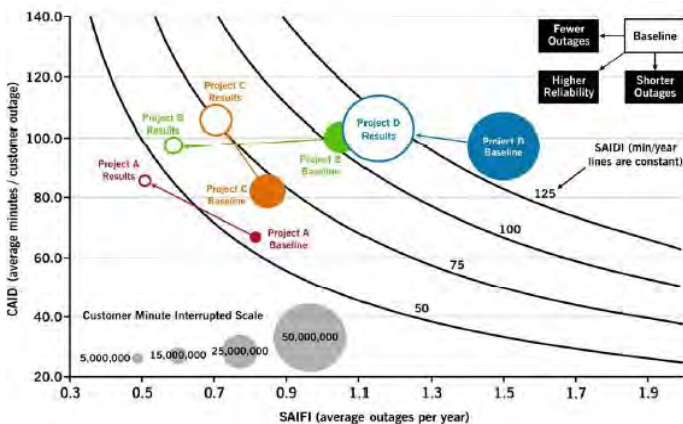
Persamaan 5.0.2 Impact Network Configuration

Tujuan dibuat skenario ini adalah untuk menurunkan nilai SAIDI yaitu dengan cara penyulang melakukan proyek dengan

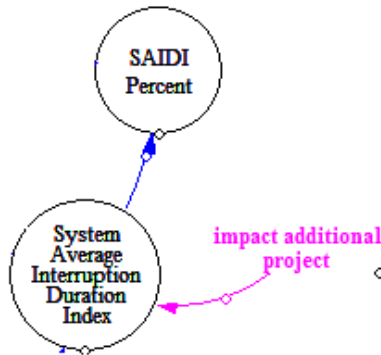
tujuan mengurangi frekuensi dan durasi pemadaman berkelanjutan. Proyek yang dilakukan adalah: (American Recovery and Investment Act of 2009, 2012)

- a. Pengoperasian otomatis switch untuk mengisolasi kesalahan dan mengembalikan kekuatan yang mengakibatkan penurunan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman berkelanjutan
- b. Perbaikan penggunaan alat sensor untuk mencegah overloading pada transformator yang akan mengakibatkan pemadaman
- c. Operator jaringan harus berpengalaman dalam mengembangkan otomatisasi dari alat pendeteksi kesalahan dan sensor untuk mengontrol alat distribusi tenaga listrik (American Recovery and Investment Act of 2009, 2012)

Proyek tersebut dapat menurunkan SAIDI sebanyak 25 menit/pelanggan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. 9 Project-Level Changes in Distribution Reliability (American Recovery and Investment Act of 2009, 2012)



Gambar 5. 10. Skenario Menurunkan SAIDI

3. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI) Scn 2*

Variabel ini menampilkan nilai SAIDI setelah adanya pengaruh dari *additional project*

$$\text{System Average Interruption Duration Index Scn 2} = ((\text{Interrupt Duration} * \text{customer interrupt}) / \text{Total Customer}) - \text{impact additional project}$$

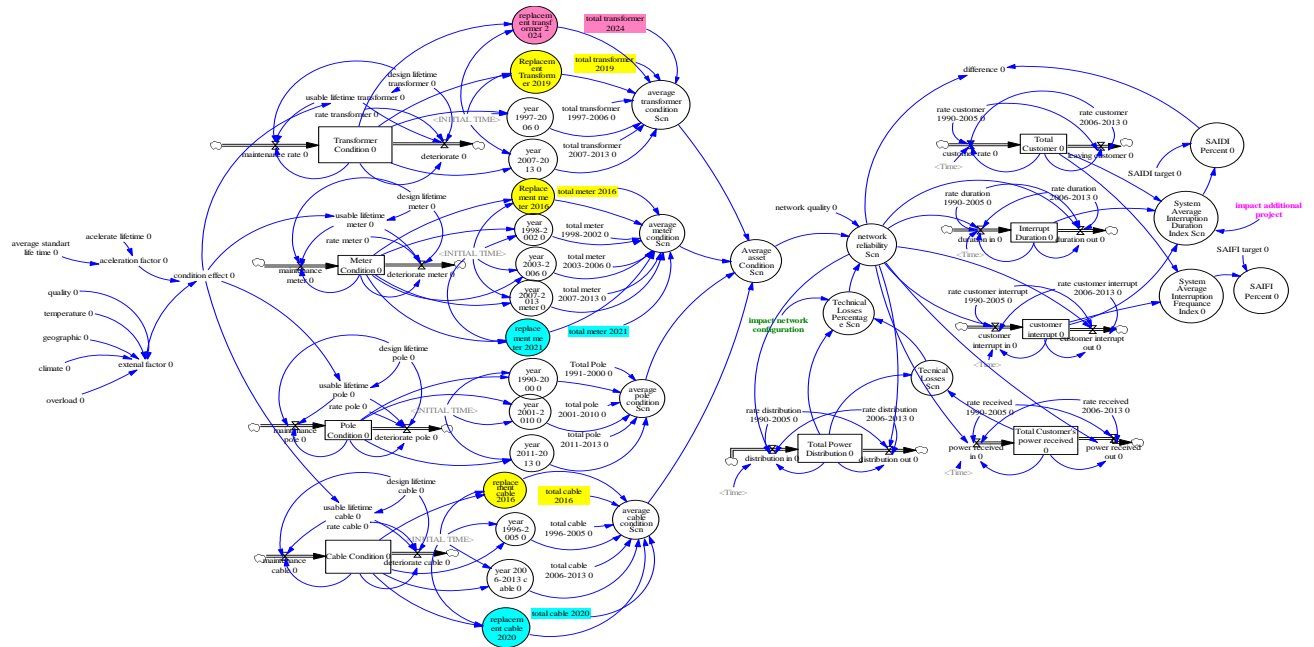
Persamaan 5.0.3 SAIDI Scn 2

4. *Impact Additional Project*

Variabel ini menampilkan nilai dari impact additional project yang akan berpengaruh pada menurunnya nilai SAIDI

$$\text{Impact Additional Project} = 25$$

Persamaan 5.0.4 Impact Additional Project



Gambar 5. 11 Skenario dengan cara replacement asset , menurunkan technical Losses dan SAIDI

5.1.1.3 Skenario Struktur dengan replacement asset

Tujuan dari skenario ini untuk meningkatkan kondisi asset yaitu dengan cara melakukan pemasangan asset baru ketika kondisi asset sudah dibawah 50% yaitu pada asset yang pada tahun 2025 kondisinya masih dibawah 50% untuk transformer *replacement* pada tahun 2024 , meter *replacement* pada tahun 2021, dan cable *replacement* pada tahun 2020

5. *Replacement transformer 2024*

Variabel ini menampilkan persentase kondisi trafo pada saat pemasangan baru asset pada tahun 2024

*replacement transformer 2024 = DELAY
INFORMATION(Transformer Condition, 2024-INITIAL
TIME , 0)*

6. *Total Transformer 2024*

Variabel ini menampilkan total trafo yang akan di pasang pada tahun 2020

Total Transformer 2024 = 81229

7. *Average Transformer Condition Scn 2*

Variabel ini menampilkan persentase rata-rata kondisi meter setelah ada pemasangan baru

*Average Transformer Condition Scn 2 = ((Replacement Transformer 2019*total transformer 2019)+("year 1997-2006 0"*"total transformer 1997-2006 0")+("year 2007-2013 0"*"total transformer 2007-2013 0")+("total transformer 2024*replacement transformer 2024))*
/
("total transformer 1997-2006 0"+
(IF THEN ELSE("total transformer 2007-2013 0"=0, 0 , "total transformer 2007-2013 0"))+
(IF THEN ELSE(Replacement Transformer 2019=0, 0 , total transformer 2019))+
(IF THEN ELSE(replacement transformer 2024=0, 0 , total transformer 2024)))

10. Replacement meter 2021

Variabel ini menampilkan persentase kondisi meter pada saat pemasangan baru asset pada tahun 2020

Replacement meter 2021 = DELAY INFORMATION(Meter Condition, 2021-INITIAL TIME , 0)

11. Total Meter 2021

Variabel ini menampilkan total meter yang akan di pasang pada tahun 2021

Total Meter 2021 = 323723

12. Average Meter Condition Scn 2

Variabel ini menampilkan persentase rata-rata kondisi meter setelah ada pemasangan baru

*Average Meter Condition Scn 2 = ((Replacement meter 2016*total meter 2016)+("year 1998-2002 0"*"total meter*


```

1998-2002 0")+("year 2003-2006 0"*"total meter 2003-2006
0")+("year 2007-2013 meter 0"*"total meter 2007-2013 0"))
/
("total meter 2003-2006 0"+
IF THEN ELSE("year 2007-2013 meter 0"=0, 0 , "total meter
2007-2013 0" )+
IF THEN ELSE(Replacement meter 2016=0, 0 , total meter
2016)+
IF THEN ELSE(replacement meter 2021=0, 0 , total meter
2021))

```

13. Replacement Cable 2020

Variabel ini menampilkan persentase kondisi tiang pada saat pemasangan baru asset pada tahun 2020

```

Replacement Cable 2020 = DELAY INFORMATION(Cable
Condition, 2020-INITIAL TIME , 0 )

```

14. Total Cable 2020

Variabel ini menampilkan total kabel yang akan di pasang pada tahun 2020

```

Total Cable 2020 = 233288

```

15. Average Cable Condition Scn 2

Variabel ini menampilkan persentase rata-rata kondisi kabel setelah ada pemasangan baru

```

Average Cable Condition Scn 2 = ((replacement cable
2016*total cable 2016)+("year 1996-2005 0"*"total cable

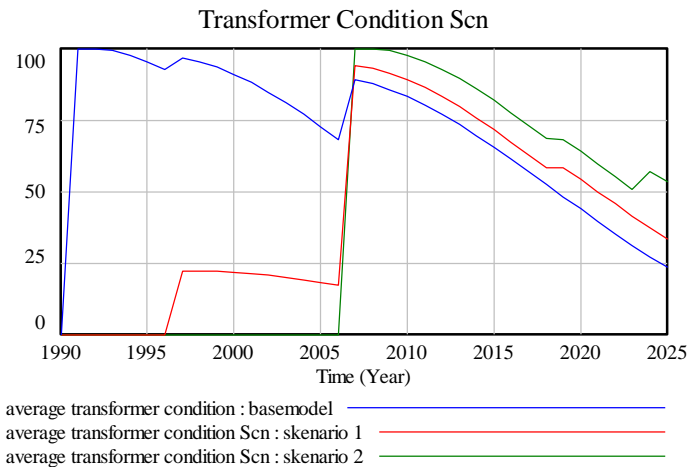
```

```

1996-2005 0")+("year 2006-2013 cable 0"*"total cable 2006-
2013 0")+("replacement cable 2020*total cable 2020))
/
("total cable 2006-2013 0"+
IF THEN ELSE(replacement cable 2016=0, 0 , total cable
2016))+
IF THEN ELSE(replacement cable 2020=0, 0 , total cable
2020))

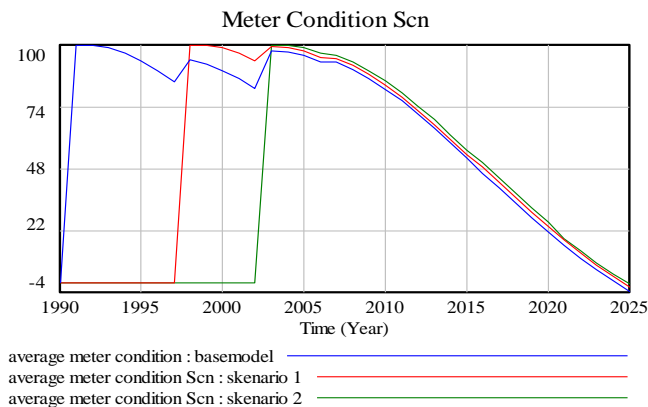
```

Maka didapatkan perbandingan hasil dari basemodel, skenario1, dan skenario 2 seperti pada gambar-gambar grafik dibawah ini



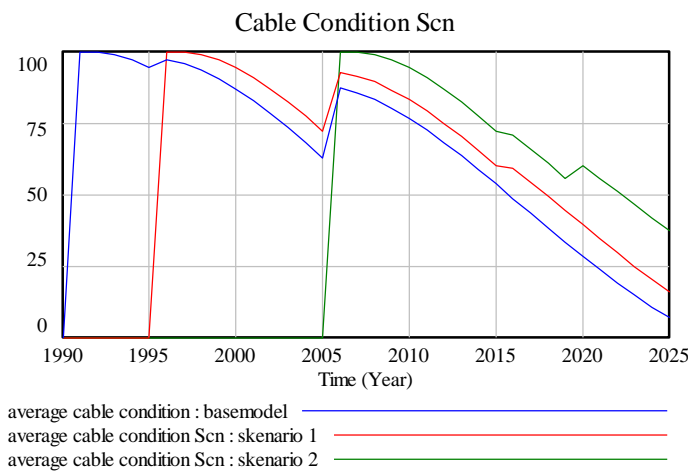
Gambar 5. 12 Grafik Average Transformer Condition Scn 2

Pada skenario 2 kondisi trafo meningkat menjadi 53% pada tahun 2025 dan pada tahun 2014 kondisi trafo 85%



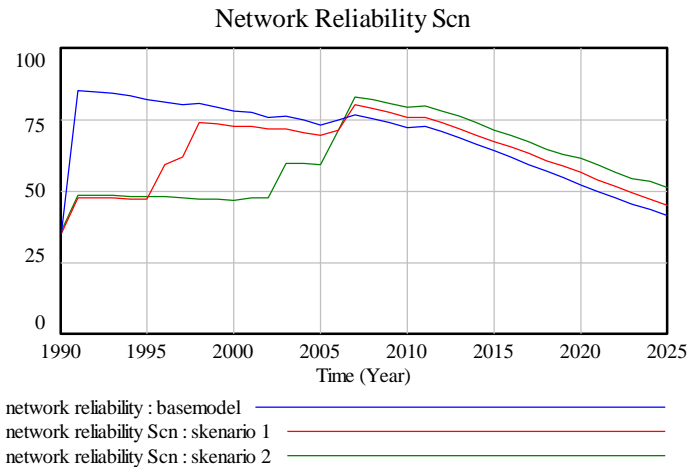
Gambar 5. 13 Grafik Average Meter Condition Scn 2

Kondisi meter pada tahun 2014 menjadi 62% dan pada tahun 2025 kondisi meter masih dibawah 50% sehingga dibutuhkan replacement lagi pada tahun berikutnya



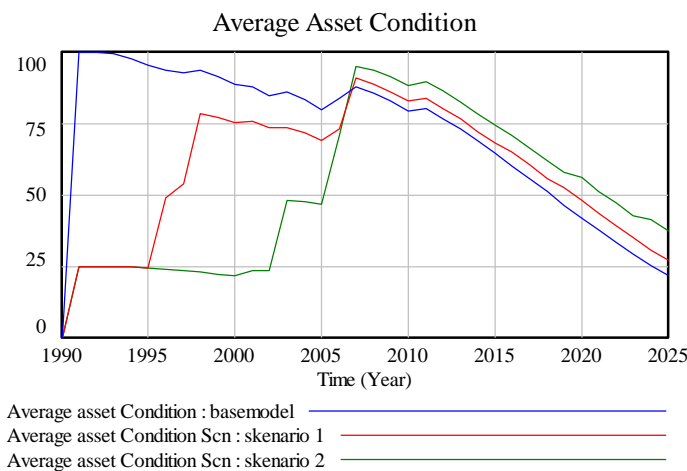
Gambar 5. 14 Grafik Average Cable Condition Scn 2

Kondisi kabel pada tahun 2014 menjadi 77% dan pada tahun 2025 kondisi kacek 37% masih dibawah 50% sehingga dibutuhkan replacement lagi pada tahun berikutnya

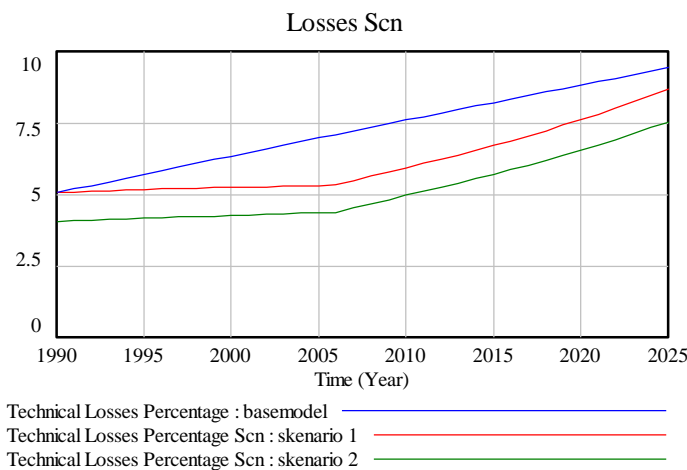


Gambar 5. 15. Grafik Network Reliability Scn 2

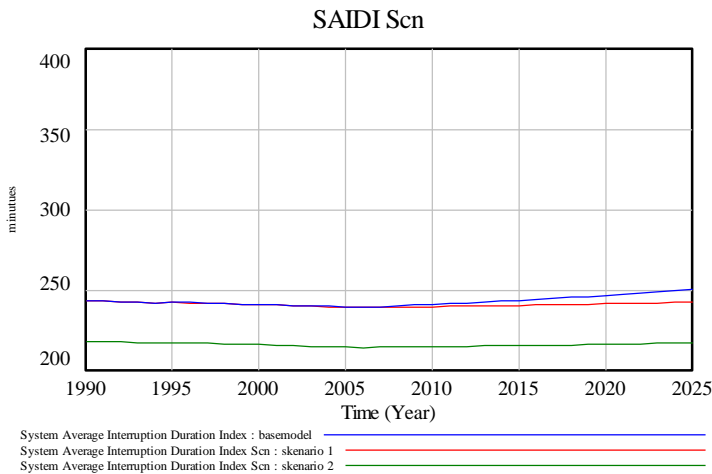
Network reliability menjadi 51% dengan susut menurun menjadi 7% serta SAIDI menurun menjadi 217 menit/pelanggan



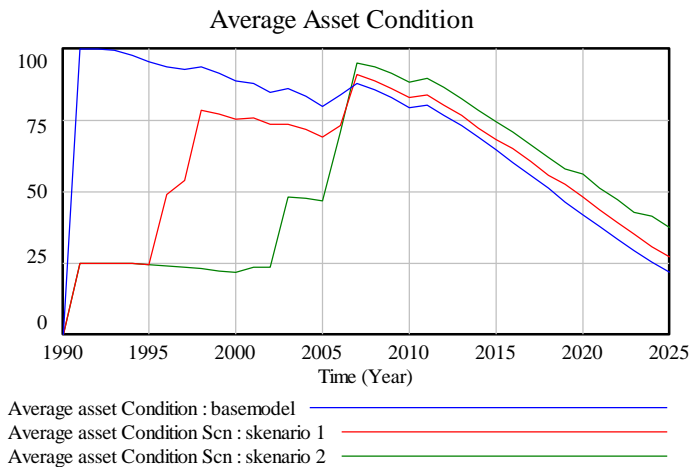
Gambar 5. 16 Grafik Average Asset Condition Scn 2



Gambar 5. 17. Perbandingan Technical Losses basemodel, Scn 1, dan Scn 2

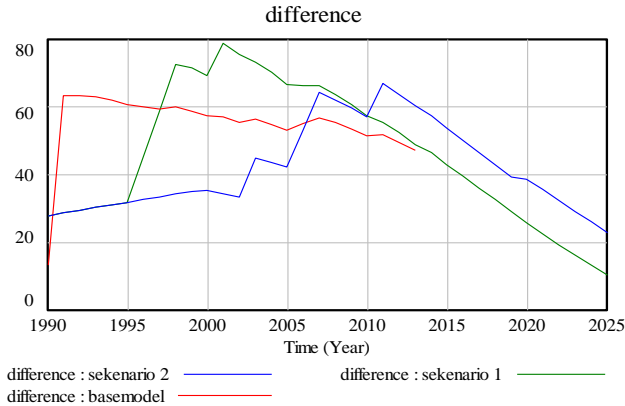


Gambar 5. 18 Grafik SAIDI Scn 2



Gambar 5. 19. Grafik Average Asset ConditionScn 2

Grafik difference Skenario 1 dan Skenario 2 menunjukkan semakin tinggi karena dari ke dua skenario sudah berhasil meningkatkan *Network Reliability* dan Menurunkan *SAIDI*



Gambar 5. 20. Grafik Difference

5.2 Analisis Hasil

Pada tahap analisis hasil dilakukan pengamatan terhadap replacement asset sesuai dengan kondisi asset yang dibawah 50% serta *impact network configuration* dan *impact additional project*

5.2.1 Analisa Skenario Struktur

Skenario struktur yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu,

1. Skenario struktur replacement pada asset yang kondisinya dibawah 50% yaitu replacement transformer pada tahun 2019, replacement meter pada tahun 2016, replacement cable pada tahun 2016

2. Skenario struktur untuk yaitu pada asset yang pada tahun 2025 kondisinya masih dibawah 50% untuk transformer *replacement* pada tahun 2024 , meter *replacement* pada tahun 2021, dan cable *replacement* pada tahun 2020 serta menurunkan *technical losses* dan menurunkan *System Average Interruption Duration Index (SIDI)* dengan penambahan pengaruh *impact additional project* dan *impact network configuration*

Masing-masing hasil dari skenario akan di analisis untuk mengamati kondisi yang mungkin terjadi terhadap *Average Asset Condition*, *Network Reliability*, *Technical Losses*, dan *SAIDI* di PT.PLN(Persero) APJ Surabaya jika diberikan skenario tersebut.

Table 5. 1 Analisa Hasil Transformer Condition

| Tahun | Average Transformer Condition | |
|-------|-------------------------------|-------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 78,05913544 | 87,6925354 |
| 2015 | 74,34387207 | 84,19994354 |
| 2016 | 70,37565613 | 80,35507202 |
| 2017 | 66,20950317 | 76,22109222 |
| 2018 | 61,89697647 | 71,85766602 |
| 2019 | 57,48601532 | 67,32080078 |
| 2020 | 53,02098083 | 70,13018799 |
| 2021 | 48,54256058 | 66,34554291 |
| 2022 | 44,08781052 | 62,37832642 |
| 2023 | 39,69020081 | 58,27706528 |
| 2024 | 35,37964249 | 54,08691025 |
| 2025 | 31,182621 | 49,84954834 |

Table 5. 2. Analisa Hasil Meter Condition

| Tahun | Average Meter Condition | |
|--------------|--------------------------------|-------------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 61,07811356 | 63,09136963 |
| 2015 | 54,82456589 | 56,81885529 |
| 2016 | 48,46343613 | 50,41650772 |
| 2017 | 42,08051682 | 43,97255707 |
| 2018 | 35,75434113 | 37,56801224 |
| 2019 | 29,55580902 | 31,27624512 |
| 2020 | 23,54808426 | 28,77567482 |
| 2021 | 17,78646088 | 23,18203354 |
| 2022 | 12,31842041 | 17,80244637 |
| 2023 | 7,183747768 | 12,68263531 |
| 2024 | 2,414721489 | 7,861176014 |
| 2025 | -1,963608027 | 3,369669676 |

Table 5. 3 Analisa Hasil Pole Condition

| Tahun | Average Pole Condition | |
|--------------|-------------------------------|-------------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 93,9342804 | 98,78199005 |
| 2015 | 92,38833618 | 97,64581299 |
| 2016 | 90,54610443 | 96,149086 |
| 2017 | 88,44462585 | 94,33333588 |
| 2018 | 86,11865997 | 92,23762512 |
| 2019 | 83,60076141 | 89,89868927 |
| 2020 | 80,92128754 | 89,88072205 |
| 2021 | 78,1084671 | 87,70111084 |

| | | |
|------|-------------|-------------|
| 2022 | 75,18851471 | 85,30802917 |
| 2023 | 72,18562317 | 82,73327637 |
| 2024 | 69,12213135 | 80,00653839 |
| 2025 | 66,01847839 | 77,1553421 |

Table 5. 4 Analisa Hasil Cable Condition

| Tahun | Average Cable Condition | |
|--------------|--------------------------------|-------------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 68,65300751 | 80,35329437 |
| 2015 | 63,98176193 | 75,74690247 |
| 2016 | 59,09111404 | 70,79763794 |
| 2017 | 54,04971695 | 65,58581543 |
| 2018 | 48,92154694 | 60,18719864 |
| 2019 | 43,76569748 | 54,67258835 |
| 2020 | 38,63621521 | 59,28564453 |
| 2021 | 33,58202362 | 54,84140778 |
| 2022 | 28,64689064 | 50,24873352 |
| 2023 | 23,86945152 | 45,5669136 |
| 2024 | 19,28329086 | 40,85079193 |
| 2025 | 14,91705132 | 36,15061569 |

Table 5. 5 Analisa Hasil Average Asset Condition

| Tahun | Average Asset Condition | |
|--------------|--------------------------------|-------------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 75,43113708 | 82,47979736 |
| 2015 | 71,38463593 | 78,60288239 |
| 2016 | 67,11907959 | 74,42957306 |

| | | |
|------|-------------|-------------|
| 2017 | 62,6960907 | 70,02819824 |
| 2018 | 58,17288208 | 65,4626236 |
| 2019 | 53,60207367 | 60,79208374 |
| 2020 | 49,03164291 | 62,01805878 |
| 2021 | 44,504879 | 58,01752472 |
| 2022 | 40,06040955 | 53,93438339 |
| 2023 | 35,73225403 | 49,81497192 |
| 2024 | 31,54994583 | 45,70135498 |
| 2025 | 27,53863525 | 41,63129425 |

Table 5. 6 Analisa Hasil Network Reliability

| Tahun | Network Reliability | |
|--------------|----------------------------|-------------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 71,63143158 | 75,15576172 |
| 2015 | 69,48562622 | 73,09474182 |
| 2016 | 67,23046112 | 70,88570404 |
| 2017 | 64,89673615 | 68,56278992 |
| 2018 | 62,51306534 | 66,1579361 |
| 2019 | 60,10576248 | 63,7007637 |
| 2020 | 57,69881058 | 64,1920166 |
| 2021 | 55,3138504 | 62,07016754 |
| 2022 | 52,97019577 | 59,9071846 |
| 2023 | 50,68486023 | 57,72621918 |
| 2024 | 48,4726181 | 55,54832458 |
| 2025 | 46,346035 | 53,3923645 |

Table 5. 7 Analisa Hasil SAIDI

| Tahun | SAIDI | |
|--------------|-------------------|-------------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 164,4610901 | 149,6680603 |
| 2015 | 161,6257782 | 147,1811676 |
| 2016 | 158,9122467 | 144,8061371 |
| 2017 | 156,3220978 | 142,5432892 |
| 2018 | 153,8556976 | 140,3919067 |
| 2019 | 151,5121155 | 138,3503571 |
| 2020 | 149,2895355 | 136,4162598 |
| 2021 | 147,0771027 | 134,5866547 |
| 2022 | 144,9689484 | 132,8580322 |
| 2023 | 142,963562 | 131,2265015 |
| 2024 | 141,0587769 | 129,6878662 |
| 2025 | 139,2518311 | 128,2376404 |

Table 5. 8 Analisa Hasil Technical Losses Percentage

| Tahun | Technical Losses Percentage | |
|--------------|------------------------------------|-------------------|
| | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 2014 | 7,08413887 | 6,08413887 |
| 2015 | 7,206691742 | 6,206691742 |
| 2016 | 7,329079628 | 6,329079628 |
| 2017 | 7,45130825 | 6,45130825 |
| 2018 | 7,573374748 | 6,573374748 |
| 2019 | 7,695278168 | 6,695278168 |
| 2020 | 7,817013741 | 6,817013741 |
| 2021 | 7,938592911 | 6,938592911 |
| 2022 | 8,060009956 | 7,060009956 |

| | | |
|------|-------------|-------------|
| 2023 | 8,181265831 | 7,181265831 |
| 2024 | 8,302354813 | 7,302354813 |
| 2025 | 8,42328167 | 7,42328167 |

Dari keseluruhan hasil analisis diberikan beberapa usulan kebijakan bagi perusahaan dalam meningkatkan keandalan jaringan distribusi tenaga listrik serta menurunkan susut dan menurunkan SAIDI. Kebijakan yang jelas, tegas dan komprehensif mengenai bagaimana metode yang digunakan untuk meningkatkan Keandalan jaringan distribusi tenaga listrik PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan dengan usaha untuk meningkatkan kondisi aset dan mengurangi susut teknik dan SAIDI Beberapa usulan kebijakan yang mendukung tercapainya peningkatan keandalan antara lain:

1. Melakukan replacement transformer pada tahun 2019, replacement meter pada tahun 2016, replacement cable pada tahun 2016 dilihat dari kondisi asset yang sudah dibawah 50% dan *useable lifetimenya* 50% dari *design lifetime*
2. Melakukan replacement asset yaitu pada asset yang pada tahun 2025 kondisinya masih dibawah 50% untuk transformer *replacement* pada tahun 2024 , meter *replacement* pada tahun 2021, dan cable *replacement* pada tahun 2020
3. Melakukan rekonfigurasi jaringan untuk menurunkan *technical losses* dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (switching remotely controlled) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan

4. Untuk membantu menurunkan SAIDI tidak hanya bergantung pada kondisi asset melainkan adanya proyek yang dilakukan penyulang yaitu:
 - a. Pengoperasian otomatis switch untuk mengisolasi kesalahan dan mengembalikan kekuatan yang mengakibatkan penurunan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman berkelanjutan
 - b. Perbaikan penggunaan alat sensor untuk mencegah overloading pada transformator yang akan mengakibatkan pemadaman
 - c. Operator jaringan harus berpengalaman dalam mengembangkan otomatisasi dari alat pendeteksi kesalahan dan sensor untuk mengontrol alat distribusi tenaga listrik (American Recovery and Investment Act of 2009, 2012)
5. Menggabungkan skenario 1 dan skenario 2 yaitu dengan pemasangan asset baru, melakukan rekonfigurasi jaringan, dan melakukan proyek yang dijalankan oleh penyulang karena dengan menggabungkan 2 skenario tersebut maka hasilnya seperti pada tabel dibawah ini

Table 5. 9 Analisa Hasil

| Jenis Asset | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Transformer | 23% | 41% | 53% |
| Meter | 46% | 48% | 62% |
| Cable | 58% | 65% | 77% |
| Network Reliability | 34% | 46% | 51% |
| Technical Losses | 9% | 8% | 7% |
| SAIDI | 250 menit/plg | 242 menit/plg | 217 menit/plg |

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Adapun beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Model yang dikembangkan dalam tugas akhir ini telah valid melalui pengujian *behaviour validity test* dengan mean variance lebih rendah dari 5% dan error variance lebih rendah dari 30% untuk sub-model *Average Asset Condition* , *Technical Losses*, *Network Reliability*, dan *SAIDI*, *SAIFI* Sehingga telah dapat digunakan sebagai model untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi dan menurunkan *technical losses*:
 - a. Tenaga Listrik yang di Distribusikan $E1 = 4,9\%$, $E2 = 14\%$
 - b. Tenaga Listrik yang di Terima Pelanggan $E1 = 3,7\%$, $E2 = 6\%$
 - c. Total Pelanggan $E1 = 0,26\%$, $E2 = 14\%$
 - d. Pelanggan Padam $E1 = 1\%$, $E2 = 1,2\%$
 - e. Lama Padam $E1 = 2\%$, $E2 = 4\%$
2. *Replacement Asset* yang kondisi assetnya dibawah 50% yaitu transformer pada tahun 2019, replacement meter pada tahun 2016, replacement cable pada tahun 2016 dilihat dari kondisi asset yang sudah dibawah 50% dan *useable lifetimenya* 50% dari *design lifetime*
3. Melakukan replacement asset yaitu pada asset yang pada tahun 2025 kondisinya masih dibawah 50% untuk transformer replacement pada tahun 2024, meter replacement pada tahun 2021, dan cable replacement pada tahun 2020 .

4. Menggabungkan skenario 1 dan skenario 2 yaitu dengan *replacement asset* , melakukan rekonfigurasi jaringan, dan melakukan proyek yang dijalankan oleh penyulang karena dengan menggabungkan 2 skenario tersebut maka hasilnya adalah

Table 6. 1 Kesimpulan

| Jenis Asset | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Transformer | 23% | 41% | 53% |
| Meter | 46% | 48% | 62% |
| Cable | 58% | 65% | 77% |
| Network Reliability | 34% | 46% | 51% |
| Technical Losses | 9% | 8% | 7% |
| SAIDI | 250 menit/plg | 242 menit/plg | 217 menit/plg |

5. Berdasarkan dari hasil skenario diatas skenario yang tepat digunakan oleh perusahaan adalah skenario 2 karena manajemen asset tidak hanya diperhatikan dari pemasangan asset baru saja melainkan pengawasan dari susutnya tenaga listrik, durasi pemadaman harus diperhatikan dengan cara rekonfigurasi jaringan, dan proyek pengoptimalan pengawasan oleh penyulang.

1.2 Saran

Saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan Tugas Akhir ini :

Perkiraan *cost* akibat dari pemasangan asset baru, melakukan rekonfigurasi jaringan, dan adanya proyek oleh penyulang dapat di jadikan pertimbangan untuk mengembangkan tugas akhir ini. Karena apa yang menjadi keputusan perusahaan juga mempertimbangkan biaya yang akan dikeluarkan.

DAFTAR PUSTAKA

American Recovery and Investment Act of 2009. (2012). *Reliability Improvements from the Application of Distribution Automation Technologies* . United State : SMART GRID.GOV.

AusNet, S. (2006). *ELECTRICITY DISTRIBUTION 5 YEAR ASSET MANAGEMENT PLAN*.

Darmono, R. (2005). *Pemodelan System Dynamics pada perencanaan Penataan Ruang Kota*.

Ivo, W. (2005). *Development of an asset management strategy for a network utility company . lessons from a dynamic business simulation*. Simulat Gaming.

KEPUTUSAN DIREKSI PT PLN (PERSERO). (2010). *Kriteria Desain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Energi Listrik*. Jakarta Selatan: PT PLN (PERSERO).

Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modeling and Analysis*.

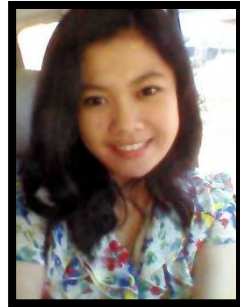
Muhammadi, E. A. (2001). *Analisis Sistem Dinamis: Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen*.

Raymond McLeod, J., & Schell, G. P. (2007). *Management Information System*. Pearson/Prentice Hall.

- Suhadi, d. (2008). *TEKNIK DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK JILID 1*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Suryani. (2010). *Demand Scenario Analysis and Planned Capacity Expansion. A System Dynamics Framework*.
- Suryani, E. (2010). *Validation Model*
- Tasrif, M. (2005). *Pengamat Kelistrikan*. Retrieved from <http://www.tempointeraktif.com>

Biodata Penulis

Penulis dilahirkan di Madiun, Jawa Timur pada tanggal 10 November 1992 sebagai anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis kemudian menetap di Surabaya sejak usia 7 tahun. Penulis pernah bersekolah di SD Negeri Ketintang III-569 Surabaya, SMP Negeri 21 Surabaya dan SMA Negeri 15 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada taun 2010 dan terdaftar dengan NRP 5210100023 selama 4 tahun.



Di Jurusan Sistem Informasi penulis mengambil bidang minat Sistem Pendukung Keputusan-Business Intelligence (SPK-BI). Selama masa perkuliahan penulis sempat aktif dibeberapa Organisasi di lingkup Fakultas dan menjadi panitia di beberapa acara di kampus, Penulis menjadi anggota organisasi di BEM Fakultas Teknologi Informasi sebagai staff Hubungan Dalam Negeri . Penulis juga aktif dalam mengikuti pelatihan organisasi maupun karya tulis. Serta menjadi anggota Paduan Suara ITS Penulis sempat mengikuti beberapa perlombaan karya tulis Selain karya tulis penulis memiliki hobi untuk mengikuti kegiatan baru untuk mencari pengalaman. Penulis memiliki hobi yang sangat disukai saat ini untuk menghilangkan kejenuhan yaitu *travelling*, *culinary* dan *Singing*. Untuk menghubungi penulis dapat melalui email di ayunda.puspa0@gmail.com . ☺

LAMPIRAN A DATA INPUTAN

Pada lampiran A ini ditampilkan data-data inputan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Berikut adalah tabel dari data-data tersebut :

DATA JUMLAH PELANGGAN PT.PLN(Persero) APJ Surabaya Selatan

Tabel A. 1 Data Jumlah Total Pelanggan

| TAHUN | TOTAL PELANGGAN |
|--------------|----------------------------|
| 1990 | 470991 |
| 1991 | 471185 |
| 1992 | 471379 |
| 1993 | 471573 |
| 1994 | 471767 |
| 1995 | 471961 |
| 1996 | 472155 |
| 1997 | 472349 |
| 1998 | 472543 |
| 1999 | 472737 |
| 2000 | 472931 |
| 2001 | 473125 |
| 2002 | 473319 |
| 2003 | 473513 |
| 2004 | 473707 |

| | |
|------|------------|
| 2005 | 473901 |
| 2006 | 474573,625 |
| 2007 | 475246,25 |
| 2008 | 475918,875 |
| 2009 | 476591,5 |
| 2010 | 477264,125 |
| 2011 | 477936,75 |
| 2012 | 478609,375 |
| 2013 | 479282 |

DATA LAMA PADAM di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan

Tabel A. 2 Data Lama Padam

| TAHUN | TOTAL LAMA PADAM (menit) |
|--------------|---------------------------------------------|
| 1990 | 7439,420789 |
| 1991 | 7601,91807 |
| 1992 | 7764,41535 |
| 1993 | 7926,912631 |
| 1994 | 8089,409912 |
| 1995 | 8251,907193 |
| 1996 | 8414,404473 |
| 1997 | 8576,901754 |
| 1998 | 8739,399035 |
| 1999 | 8901,896316 |

| | |
|------|-------------|
| 2000 | 9064,393596 |
| 2001 | 9226,890877 |
| 2002 | 9389,388158 |
| 2003 | 9551,885439 |
| 2004 | 9714,382719 |
| 2005 | 9876,88 |
| 2006 | 10743,96947 |
| 2007 | 11611,05894 |
| 2008 | 12478,14841 |
| 2009 | 13345,23787 |
| 2010 | 14212,32734 |
| 2011 | 15079,41681 |
| 2012 | 15946,50628 |
| 2013 | 16813,59575 |

DATA PELANGGAN PADAM

Tabel A. 3 Data Pelanggan Padam

| TAHUN | PELANGGAN PADAM (Kali/plg/thn) |
|--------------|-----------------------------------------------|
| 1990 | 13352 |
| 1991 | 13411,6 |
| 1992 | 13471,2 |
| 1993 | 13530,8 |
| 1994 | 13590,4 |
| 1995 | 13650 |
| 1996 | 13709,6 |

| | |
|------|-----------|
| 1997 | 13769,2 |
| 1998 | 13828,8 |
| 1999 | 13888,4 |
| 2000 | 13948 |
| 2001 | 14007,6 |
| 2002 | 14067,2 |
| 2003 | 14126,8 |
| 2004 | 14186,4 |
| 2005 | 14246 |
| 2006 | 14626,125 |
| 2007 | 15006,25 |
| 2008 | 15386,375 |
| 2009 | 15766,5 |
| 2010 | 16146,625 |
| 2011 | 16526,75 |
| 2012 | 16906,875 |
| 2013 | 17287 |

**DATA Tenaga Listrik Yang di Distribusikan PT.PLN
(Persero) APJ Surabaya Selatan**

Tabel A. 4 Data Tenaga Listrik Yang di Distribusikan

| TAHUN | YANG DISALURKAN (KWh) |
|--------------|--------------------------------------|
| 1990 | 24151304 |
| 1991 | 24835199 |
| 1992 | 25519094 |

| | |
|------|----------|
| 1993 | 26202989 |
| 1994 | 26886884 |
| 1995 | 27570779 |
| 1996 | 28254675 |
| 1997 | 28938570 |
| 1998 | 29622465 |
| 1999 | 30306360 |
| 2000 | 30990255 |
| 2001 | 31674150 |
| 2002 | 32358045 |
| 2003 | 33041940 |
| 2004 | 33725835 |
| 2005 | 34409731 |
| 2006 | 36337964 |
| 2007 | 38266197 |
| 2008 | 40194430 |
| 2009 | 42122663 |
| 2010 | 44050896 |
| 2011 | 45979129 |
| 2012 | 47907362 |
| 2013 | 49835596 |

DATA Tenaga Listrik Yang di Terima Pelanggan

Tabel A. 5 Data Tenaga Listrik yang di Terima Pelanggan

| TAHUN | YANG DITERIMA PELANGGAN (KWh) |
|--------------|--------------------------------------------------|
| 1990 | 22931663 |
| 1991 | 23567716 |
| 1992 | 24203770 |
| 1993 | 24839823 |
| 1994 | 25475876 |
| 1995 | 26111930 |
| 1996 | 26747983 |
| 1997 | 27384036 |
| 1998 | 28020090 |
| 1999 | 28656143 |
| 2000 | 29292196 |
| 2001 | 29928249 |
| 2002 | 30564303 |
| 2003 | 31200356 |
| 2004 | 31836409 |
| 2005 | 32472463 |
| 2006 | 34341972 |
| 2007 | 36211481 |
| 2008 | 38080990 |
| 2009 | 39950500 |
| 2010 | 41820009 |
| 2011 | 43689518 |

| | |
|------|----------|
| 2012 | 45559027 |
| 2013 | 47428536 |

LAMPIRAN B

DATA VALIDASI

Pada lampiran B ini ditampilkan data-data survei yang kemudian dibandingkan dengan data hasil simulasi. Hasil yang diperoleh adalah valid. Berikut ini akan ditampilkan tabel dari validasi tersebut.

Tabel B. 1 Data Validasi Total Pelanggan

| TAHUN | TOTAL PELANGGAN | |
|--------------|--------------------------|------------------------|
| | DATA SIMULASI | DATA SURVEI |
| 1990 | 470991 | 470991 |
| 1991 | 471650 | 471462 |
| 1992 | 472310 | 471933 |
| 1993 | 472971 | 472405 |
| 1994 | 473633 | 472878 |
| 1995 | 473822 | 473351 |
| 1996 | 474485 | 473824 |
| 1997 | 475149 | 474298 |
| 1998 | 475814 | 474772 |
| 1999 | 476480 | 475247 |
| 2000 | 477147 | 475722 |
| 2001 | 477815 | 476198 |
| 2002 | 478483 | 476674 |
| 2003 | 479153 | 477151 |
| 2004 | 479824 | 477628 |
| 2005 | 480495 | 478106 |
| 2006 | 481167 | 478584 |

| | | |
|------|--------|--------|
| 2007 | 481360 | 479062 |
| 2008 | 481552 | 479541 |
| 2009 | 481744 | 480021 |
| 2010 | 481937 | 480501 |
| 2011 | 482129 | 480981 |
| 2012 | 482322 | 481462 |
| 2013 | 482514 | 481944 |

HASIL VALIDASI TOTAL PELANGGAN, LAMA PADAM, PELANGGAN PADAM, TENAGA LISTRIK YANG DIDISTRIBUSIKAN, TENAGA LISTRIK YANG DITERIMA PELANGGAN

Tabel B. 2 Data Validasi Pelanggan Padam

| TAHUN | PELANGGAN PADAM | |
|-------|-----------------|-------------|
| | DATA SIMULASI | DATA SURVEI |
| 1990 | 13352 | 13352 |
| 1991 | 13403,96582 | 13411,6 |
| 1992 | 13456,13379 | 13471,2 |
| 1993 | 13508,50488 | 13530,8 |
| 1994 | 13561,08008 | 13590,4 |
| 1995 | 13925,76465 | 13650 |
| 1996 | 13979,96387 | 13709,6 |
| 1997 | 14034,37402 | 13769,2 |
| 1998 | 14088,99609 | 13828,8 |
| 1999 | 14143,83008 | 13888,4 |
| 2000 | 14198,87793 | 13948 |
| 2001 | 14254,13965 | 14007,6 |

| | | |
|------|-------------|-----------|
| 2002 | 14309,61719 | 14067,2 |
| 2003 | 14365,31055 | 14126,8 |
| 2004 | 14421,2207 | 14186,4 |
| 2005 | 14477,34766 | 14246 |
| 2006 | 14533,69336 | 14626,125 |
| 2007 | 14924,5332 | 15006,25 |
| 2008 | 15325,88379 | 15386,375 |
| 2009 | 15738,02734 | 15766,5 |
| 2010 | 16161,25391 | 16146,625 |
| 2011 | 16595,86328 | 16526,75 |
| 2012 | 17042,16016 | 16906,875 |
| 2013 | 17500,45703 | 17287 |

Tabel B. 3 Data Validasi Lama Padam

| TAHUN | LAMA PADAM | |
|-------|------------------|----------------|
| | DATA SIMULASI | DATA SURVEI |
| 1990 | 7439,420898 | 7439,420789 |
| 1991 | 7576,306152 | 7601,91807 |
| 1992 | 7715,709961 | 7764,41535 |
| 1993 | 7857,679199 | 7926,912631 |
| 1994 | 8002,260742 | 8089,409912 |
| 1995 | 8629,637695 | 8251,907193 |
| 1996 | 8788,422852 | 8414,404473 |
| 1997 | 8950,129883 | 8576,901754 |
| 1998 | 9114,8125 | 8739,399035 |
| 1999 | 9282,525391 | 8901,896316 |
| 2000 | 9453,324219 | 9064,393596 |

| | | |
|------|-------------|-------------|
| 2001 | 9627,265625 | 9226,890877 |
| 2002 | 9804,407227 | 9389,388158 |
| 2003 | 9984,808594 | 9551,885439 |
| 2004 | 10168,5293 | 9714,382719 |
| 2005 | 10355,62988 | 9876,88 |
| 2006 | 10546,17383 | 10743,96947 |
| 2007 | 11372,99414 | 11611,05894 |
| 2008 | 12264,63672 | 12478,14841 |
| 2009 | 13226,18457 | 13345,23787 |
| 2010 | 14263,11719 | 14212,32734 |
| 2011 | 15381,3457 | 15079,41681 |
| 2012 | 16587,24219 | 15946,50628 |
| 2013 | 17887,68164 | 16813,59575 |

Tabel B. 4 Validasi Tenaga Listrik yang di Distribusikan

| TAHUN | TENAGA LISTRIK YANG DI DISTRIBUSIKAN | |
|-------|--------------------------------------|-------------|
| | DATA SIMULASI | DATA SURVEI |
| 1990 | 24151304 | 24151304 |
| 1991 | 24827540 | 24835199 |
| 1992 | 25522712 | 25519094 |
| 1993 | 26237348 | 26202989 |
| 1994 | 26971994 | 26886884 |
| 1995 | 28320594 | 27570779 |
| 1996 | 29113570 | 28254675 |
| 1997 | 29928750 | 28938570 |
| 1998 | 30766756 | 29622465 |

| | | |
|------|----------|----------|
| 1999 | 31628226 | 30306360 |
| 2000 | 32513816 | 30990255 |
| 2001 | 33424202 | 31674150 |
| 2002 | 34360080 | 32358045 |
| 2003 | 35322164 | 33041940 |
| 2004 | 36311184 | 33725835 |
| 2005 | 37327896 | 34409731 |
| 2006 | 38373076 | 36337964 |
| 2007 | 40291728 | 38266197 |
| 2008 | 42306316 | 40194430 |
| 2009 | 44421632 | 42122663 |
| 2010 | 46642712 | 44050896 |
| 2011 | 48974848 | 45979129 |
| 2012 | 51423592 | 47907362 |
| 2013 | 53994772 | 49835596 |

Tabel B. 5 Validasi Tenaga Listrik yang di Terima Pelanggan

| TAHUN | YANG DITERIMA PELANGGAN | |
|-------|-------------------------|-------------|
| | DATA SIMULASI | DATA SURVEI |
| 1990 | 22931662 | 22931663 |
| 1991 | 23541644 | 23567716 |
| 1992 | 24167852 | 24203770 |
| 1993 | 24810716 | 24839823 |
| 1994 | 25470682 | 25475876 |
| 1995 | 26708558 | 26111930 |
| 1996 | 27419006 | 26747983 |
| 1997 | 28148352 | 27384036 |

| | | |
|------|----------|----------|
| 1998 | 28897098 | 28020090 |
| 1999 | 29665760 | 28656143 |
| 2000 | 30454870 | 29292196 |
| 2001 | 31264970 | 29928249 |
| 2002 | 32096618 | 30564303 |
| 2003 | 32950388 | 31200356 |
| 2004 | 33826868 | 31836409 |
| 2005 | 34726664 | 32472463 |
| 2006 | 35650392 | 34341972 |
| 2007 | 37383000 | 36211481 |
| 2008 | 39199812 | 38080990 |
| 2009 | 41104924 | 39950500 |
| 2010 | 43102624 | 41820009 |
| 2011 | 45197412 | 43689518 |
| 2012 | 47394008 | 45559027 |
| 2013 | 49697356 | 47428536 |

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C

DATA SKENARIO STRUKTUR

Pada lampiran C ini menampilkan data-data dari hasil skenario struktur. Terdapat 4 skenario yang hasilnya masing-masing akan ditampilkan pada tabel hasil skenario struktur.

SKENARIO 1 – SKENARIO DENGAN PEMASANGAN ASSET BARU PADA TAHUN 2014
SKENARIO 2 - SKENARIO PEMASANGAN ASSET BARU PADA TAHUN 2020 , MELAKUKAN REKONFIGURASI JARINGAN, SERTA PROYEK PENYULANG

Tabel C. 1 Skenario Kondisi Trafo

| Time (Year) | rata-rata kondisi trafo | | |
|----------------|-------------------------|-------------|------------|
| | basemodel | skenario 1 | skenario 2 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 |
| 1991 | 100 | 0 | 0 |
| 1992 | 100 | 0 | 0 |
| 1993 | 99,19999695 | 0 | 0 |
| 1994 | 97,67999268 | 0 | 0 |
| 1995 | 95,51838684 | 0 | 0 |
| 1996 | 92,79150391 | 0 | 0 |
| 1997 | 96,52436066 | 100 | 0 |
| 1998 | 95,31140137 | 100 | 0 |
| 1999 | 93,44754028 | 99,19999695 | 0 |
| 2000 | 91,00758362 | 97,67999268 | 0 |

| | | | |
|------|-------------|-------------|------------|
| 2001 | 88,06403351 | 95,51838684 | 0 |
| 2002 | 84,68678284 | 92,79150391 | 0 |
| 2003 | 80,94274139 | 89,57315826 | 0 |
| 2004 | 76,89561462 | 85,93431854 | 0 |
| 2005 | 72,60565186 | 81,94277954 | 0 |
| 2006 | 68,12953186 | 77,66292572 | 0 |
| 2007 | 89,05606079 | 94,03457642 | 100 |
| 2008 | 87,64801788 | 92,99503326 | 100 |
| 2009 | 85,66833496 | 91,30716705 | 99,1999969 |
| 2010 | 83,18544006 | 89,04411316 | 97,6799927 |
| 2011 | 80,26548004 | 86,27692413 | 95,5183868 |
| 2012 | 76,97203064 | 83,07408905 | 92,7915039 |
| 2013 | 73,36581421 | 79,50132751 | 89,5731583 |
| 2014 | | 78,05913544 | 87,6925354 |
| 2015 | | 74,34387207 | 84,1999435 |
| 2016 | | 70,37565613 | 80,355072 |
| 2017 | | 66,20950317 | 76,2210922 |
| 2018 | | 61,89697647 | 71,857666 |
| 2019 | | 57,48601532 | 67,3208008 |
| 2020 | | 53,02098083 | 70,130188 |
| 2021 | | 48,54256058 | 66,3455429 |
| 2022 | | 44,08781052 | 62,3783264 |
| 2023 | | 39,69020081 | 58,2770653 |
| 2024 | | 35,37964249 | 54,0869102 |
| 2025 | | 31,182621 | 49,8495483 |

Tabel C. 2 Skenario Kondisi Meter

| Time (Year) | average meter condition | | |
|------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 |
| 1991 | 100 | 0 | 0 |
| 1992 | 100 | 0 | 0 |
| 1993 | 98,80000305 | 0 | 0 |
| 1994 | 96,52000427 | 0 | 0 |
| 1995 | 93,28240967 | 0 | 0 |
| 1996 | 89,21033478 | 0 | 0 |
| 1997 | 84,4260788 | 0 | 0 |
| 1998 | 93,71492767 | 100 | 0 |
| 1999 | 91,9593811 | 100 | 0 |
| 2000 | 89,25481415 | 98,80000305 | 0 |
| 2001 | 85,7171936 | 96,52000427 | 0 |
| 2002 | 81,46228027 | 93,28240967 | 0 |
| 2003 | 97,66042328 | 99,22135925 | 100 |
| 2004 | 97,12545013 | 98,87610626 | 100 |
| 2005 | 95,4720459 | 97,37472534 | 98,8000031 |
| 2006 | 92,81847382 | 94,83695984 | 96,5200043 |
| 2007 | 92,61008453 | 94,11476135 | 95,5216141 |
| 2008 | 89,64849091 | 91,21482086 | 92,8068924 |
| 2009 | 85,87174225 | 87,47550964 | 89,2173996 |
| 2010 | 81,3968811 | 83,01554108 | 84,8731613 |
| 2011 | 76,33905792 | 77,95186615 | 79,892746 |
| 2012 | 70,8102417 | 72,39837646 | 74,3918915 |
| 2013 | 64,91825104 | 66,46481323 | 68,4824066 |
| 2014 | | 61,07811356 | 63,0913696 |

| | | | |
|------|--|------------------|------------|
| 2015 | | 54,82456589 | 56,8188553 |
| 2016 | | 48,46343613 | 50,4165077 |
| 2017 | | 42,08051682 | 43,9725571 |
| 2018 | | 35,75434113 | 37,5680122 |
| 2019 | | 29,55580902 | 31,2762451 |
| 2020 | | 23,54808426 | 28,7756748 |
| 2021 | | 17,78646088 | 23,1820335 |
| 2022 | | 12,31842041 | 17,8024464 |
| 2023 | | 7,183747768 | 12,6826353 |
| 2024 | | 2,414721489 | 7,86117601 |
| 2025 | | - 1,963608027 | 3,36966968 |

Tabel C. 3 Skenario Kondisi Tiang

| Time (Year) | average pole condition | | |
|------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 |
| 1991 | 100 | 0 | 0 |
| 1992 | 100 | 0 | 0 |
| 1993 | 99,51998901 | 0 | 0 |
| 1994 | 98,60799408 | 0 | 0 |
| 1995 | 97,30949402 | 0 | 0 |
| 1996 | 95,66752625 | 0 | 0 |
| 1997 | 93,72266388 | 0 | 0 |
| 1998 | 91,51307678 | 0 | 0 |
| 1999 | 89,07457733 | 0 | 0 |
| 2000 | 86,44065857 | 0 | 0 |
| 2001 | 94,5475235 | 100 | 0 |
| 2002 | 93,5697937 | 100 | 0 |
| 2003 | 92,23600769 | 99,51998901 | 0 |
| 2004 | 90,58647156 | 98,60799408 | 0 |
| 2005 | 88,65914154 | 97,30949402 | 0 |
| 2006 | 86,48973846 | 95,66752625 | 0 |
| 2007 | 84,11169434 | 93,72266388 | 0 |
| 2008 | 81,55631256 | 91,51307678 | 0 |
| 2009 | 78,8527298 | 89,07457733 | 0 |
| 2010 | 76,0280304 | 86,44065857 | 0 |
| 2011 | 91,93219757 | 96,36501312 | 99,9999924 |
| 2012 | 91,03412628 | 95,7131958 | 99,9999924 |

| | | | |
|------|-------------|-------------|------------|
| 2013 | 89,78458405 | 94,66401672 | 99,5199966 |
| 2014 | | 93,9342804 | 98,7819901 |
| 2015 | | 92,38833618 | 97,645813 |
| 2016 | | 90,54610443 | 96,149086 |
| 2017 | | 88,44462585 | 94,3333359 |
| 2018 | | 86,11865997 | 92,2376251 |
| 2019 | | 83,60076141 | 89,8986893 |
| 2020 | | 80,92128754 | 89,880722 |
| 2021 | | 78,1084671 | 87,7011108 |
| 2022 | | 75,18851471 | 85,3080292 |
| 2023 | | 72,18562317 | 82,7332764 |
| 2024 | | 69,12213135 | 80,0065384 |
| 2025 | | 66,01847839 | 77,1553421 |

Tabel C. 4 Skenario Kondisi Kabel

| Time (Year) | average cable condition | | |
|------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 |
| 1991 | 100 | 0 | 0 |
| 1992 | 100 | 0 | 0 |
| 1993 | 99 | 0 | 0 |
| 1994 | 97,1 | 0 | 0 |
| 1995 | 94,4 | 0 | 0 |
| 1996 | 96,9997 | 100 | 0 |
| 1997 | 95,6647 | 100 | 0 |
| 1998 | 93,4932 | 99 | 0 |
| 1999 | 90,5823 | 97,09999847 | 0 |

| | | | |
|------|---------|-------------|-------------|
| 2000 | 87,0275 | 94,3999939 | 0 |
| 2001 | 82,9223 | 90,99899292 | 0 |
| 2002 | 78,3574 | 86,99408722 | 0 |
| 2003 | 73,4198 | 82,47968292 | 0 |
| 2004 | 68,1923 | 77,54677582 | 0 |
| 2005 | 62,7534 | 72,28237915 | 0 |
| 2006 | 87,1535 | 92,61564636 | 100 |
| 2007 | 85,4595 | 91,3523941 | 100 |
| 2008 | 83,0634 | 89,28929901 | 99 |
| 2009 | 80,0523 | 86,51900482 | 97,09999847 |
| 2010 | 76,5117 | 83,13283539 | 94,3999939 |
| 2011 | 72,5246 | 79,22009277 | 90,99899292 |
| 2012 | 68,1711 | 74,86729431 | 86,99408722 |
| 2013 | 63,5278 | 70,15757751 | 82,47968292 |
| 2014 | | 68,65300751 | 80,35329437 |
| 2015 | | 63,98176193 | 75,74690247 |
| 2016 | | 59,09111404 | 70,79763794 |
| 2017 | | 54,04971695 | 65,58581543 |
| 2018 | | 48,92154694 | 60,18719864 |
| 2019 | | 43,76569748 | 54,67258835 |
| 2020 | | 38,63621521 | 59,28564453 |
| 2021 | | 33,58202362 | 54,84140778 |
| 2022 | | 28,64689064 | 50,24873352 |
| 2023 | | 23,86945152 | 45,5669136 |
| 2024 | | 19,28329086 | 40,85079193 |
| 2025 | | 14,91705132 | 36,15061569 |

Tabel C. 5 Skenario Rata-Rata Kondisi Asset

| Time (Year) | Average asset Condition | | |
|------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 |
| 1991 | 100 | 0 | 0 |
| 1992 | 100 | 0 | 0 |
| 1993 | 99,13000488 | 0 | 0 |
| 1994 | 97,47699738 | 0 | 0 |
| 1995 | 95,12756348 | 0 | 0 |
| 1996 | 93,66725159 | 25 | 0 |
| 1997 | 92,58444977 | 50 | 0 |
| 1998 | 93,50816345 | 74,75 | 0 |
| 1999 | 91,26593781 | 74,0749969 | 0 |
| 2000 | 88,43261719 | 72,7200012 | 0 |
| 2001 | 87,81276703 | 95,7593384 | 0 |
| 2002 | 84,51905823 | 93,2669983 | 0 |
| 2003 | 86,06474304 | 92,6985474 | 25 |
| 2004 | 83,19996643 | 90,2413025 | 25 |
| 2005 | 79,87256622 | 87,2273483 | 24,7000008 |
| 2006 | 83,64779663 | 90,1957626 | 49,1300011 |
| 2007 | 87,80933338 | 93,3060989 | 73,8804016 |
| 2008 | 85,47904968 | 91,2530594 | 72,9517212 |
| 2009 | 82,61128235 | 88,5940628 | 71,3793488 |
| 2010 | 79,28050995 | 85,408287 | 69,2382889 |
| 2011 | 80,26533508 | 84,953476 | 91,6025238 |
| 2012 | 76,74688721 | 81,513237 | 88,5443726 |
| 2013 | 72,89910126 | 77,6969299 | 85,0138092 |
| 2014 | | 75,4311371 | 82,4797974 |

| | | | |
|------|--|------------|------------|
| 2015 | | 71,3846359 | 78,6028824 |
| 2016 | | 67,1190796 | 74,4295731 |
| 2017 | | 62,6960907 | 70,0281982 |
| 2018 | | 58,1728821 | 65,4626236 |
| 2019 | | 53,6020737 | 60,7920837 |
| 2020 | | 49,0316429 | 62,0180588 |
| 2021 | | 44,504879 | 58,0175247 |
| 2022 | | 40,0604095 | 53,9343834 |
| 2023 | | 35,732254 | 49,8149719 |
| 2024 | | 31,5499458 | 45,701355 |
| 2025 | | 27,5386353 | 41,6312943 |

Tabel C. 6 Skenario Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

| Time (Year) | network reliability | | |
|------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1990 | 34,95016861 | 36,95016861 | 36,95016861 |
| 1991 | 84,82086182 | 36,82086182 | 36,82086182 |
| 1992 | 84,69172668 | 36,69172287 | 36,69172287 |
| 1993 | 84,12776947 | 36,56276703 | 36,56276703 |
| 1994 | 83,17247772 | 36,43398285 | 36,43398285 |
| 1995 | 81,86915588 | 36,30537796 | 36,30537796 |
| 1996 | 81,01057434 | 48,67694855 | 36,17694855 |
| 1997 | 80,34091187 | 61,04868698 | 36,04868698 |
| 1998 | 80,67469025 | 73,29560852 | 35,92060471 |
| 1999 | 79,42566681 | 72,8302002 | 35,79269791 |
| 2000 | 77,88127136 | 72,02496338 | 35,66496658 |
| 2001 | 77,44379425 | 83,41707611 | 35,53740311 |

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 2002 | 75,66955566 | 82,0435257 | 35,41002274 |
| 2003 | 76,31517792 | 81,63208008 | 47,7828064 |
| 2004 | 74,75574493 | 80,27641296 | 47,65576172 |
| 2005 | 72,96517944 | 78,64257813 | 47,37889481 |
| 2006 | 74,72611237 | 80,00009918 | 59,46721649 |
| 2007 | 76,68300629 | 81,43138885 | 71,71854401 |
| 2008 | 75,39416504 | 80,28116608 | 71,13050079 |
| 2009 | 73,83673859 | 78,828125 | 70,22077179 |
| 2010 | 72,04798889 | 77,11187744 | 69,02687073 |
| 2011 | 72,41718292 | 76,76125336 | 80,08577728 |
| 2012 | 70,53491211 | 74,91809082 | 78,43365479 |
| 2013 | 68,48813629 | 72,88704681 | 76,54548645 |
| 2014 | | 71,63143158 | 75,15576172 |
| 2015 | | 69,48562622 | 73,09474182 |
| 2016 | | 67,23046112 | 70,88570404 |
| 2017 | | 64,89673615 | 68,56278992 |
| 2018 | | 62,51306534 | 66,1579361 |
| 2019 | | 60,10576248 | 63,7007637 |
| 2020 | | 57,69881058 | 64,1920166 |
| 2021 | | 55,3138504 | 62,07016754 |
| 2022 | | 52,97019577 | 59,9071846 |
| 2023 | | 50,68486023 | 57,72621918 |
| 2024 | | 48,4726181 | 55,54832458 |
| 2025 | | 46,346035 | 53,3923645 |

Tabel C. 7 Skenario SAIDI

| Time (Year) | System Average Interruption Duration Index | | |
|------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1990 | 243,1443024 | 218,1443024 | 218,1443024 |
| 1991 | 242,8906555 | 216,167038 | 216,167038 |
| 1992 | 242,5867004 | 214,2126465 | 214,2126465 |
| 1993 | 242,2831573 | 212,2808075 | 212,2808075 |
| 1994 | 241,9802399 | 210,3712158 | 210,3712158 |
| 1995 | 242,3880463 | 208,7870636 | 208,7870636 |
| 1996 | 242,0859528 | 206,9187012 | 206,9187012 |
| 1997 | 241,7846832 | 205,0717621 | 204,453476 |
| 1998 | 241,4840698 | 203,2459564 | 201,4247131 |
| 1999 | 241,18367 | 201,4410248 | 197,8672638 |
| 2000 | 240,8842163 | 199,6566772 | 194,3869324 |
| 2001 | 240,5858765 | 197,8926697 | 190,996994 |
| 2002 | 240,2881165 | 196,1486969 | 187,1582184 |
| 2003 | 239,9916687 | 194,4245758 | 183,4469147 |
| 2004 | 239,6952057 | 192,1333618 | 179,8179626 |
| 2005 | 239,3999481 | 189,8718567 | 176,30867 |
| 2006 | 239,1060333 | 187,6464233 | 172,9264069 |
| 2007 | 239,5653534 | 185,157135 | 169,7671509 |
| 2008 | 240,011322 | 182,1611786 | 166,6010895 |
| 2009 | 240,4674225 | 179,233139 | 163,5317535 |
| 2010 | 240,9360657 | 176,384903 | 160,5678406 |
| 2011 | 241,4196777 | 173,6261902 | 157,7160339 |
| 2012 | 241,9012756 | 170,4522705 | 154,9212189 |
| 2013 | 242,3993225 | 167,3954163 | 152,2375031 |

| | | | |
|------|--|-------------|-------------|
| 2014 | | 164,4610901 | 149,6680603 |
| 2015 | | 161,6257782 | 147,1811676 |
| 2016 | | 158,9122467 | 144,8061371 |
| 2017 | | 156,3220978 | 142,5432892 |
| 2018 | | 153,8556976 | 140,3919067 |
| 2019 | | 151,5121155 | 138,3503571 |
| 2020 | | 149,2895355 | 136,4162598 |
| 2021 | | 147,0771027 | 134,5866547 |
| 2022 | | 144,9689484 | 132,8580322 |
| 2023 | | 142,963562 | 131,2265015 |
| 2024 | | 141,0587769 | 129,6878662 |
| 2025 | | 139,2518311 | 128,2376404 |

Tabel C. 8 Skenario Technical Losses Percentage

| Time (Year) | Technical Losses Percentage | | |
|------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Basemodel | Skenario 1 | Skenario 2 |
| 1990 | 5,04983187 | 4,04983187 | 3,049831867 |
| 1991 | 5,17913675 | 4,17913675 | 3,179136753 |
| 1992 | 5,30827665 | 4,30827665 | 3,308276653 |
| 1993 | 5,43723488 | 4,43723488 | 3,437234879 |
| 1994 | 5,56601906 | 4,56601906 | 3,566019058 |
| 1995 | 5,69462347 | 4,69462347 | 3,69462347 |
| 1996 | 5,82305336 | 4,82305336 | 3,82305336 |
| 1997 | 5,95131302 | 4,95131302 | 3,951313019 |
| 1998 | 6,07939386 | 5,07939386 | 4,079393864 |
| 1999 | 6,20730162 | 5,20730162 | 4,207301617 |
| 2000 | 6,33503437 | 5,33503437 | 4,33503437 |
| 2001 | 6,46259546 | 5,46259546 | 4,462595463 |

| | | | |
|------|------------|------------|-------------|
| 2002 | 6,58997679 | 5,58997679 | 4,589976788 |
| 2003 | 6,7171917 | 5,7171917 | 4,717191696 |
| 2004 | 6,84423733 | 5,84423733 | 4,844237328 |
| 2005 | 6,97110224 | 5,97110224 | 4,971102238 |
| 2006 | 7,0977869 | 6,0977869 | 5,097786903 |
| 2007 | 7,22165632 | 6,22165632 | 5,221656322 |
| 2008 | 7,3453598 | 6,3453598 | 5,345359802 |
| 2009 | 7,46890211 | 6,46890211 | 5,468902111 |
| 2010 | 7,59227276 | 6,59227276 | 5,592272758 |
| 2011 | 7,71548653 | 6,71548653 | 5,715486526 |
| 2012 | 7,83853531 | 6,83853531 | 5,838535309 |
| 2013 | 7,96141768 | 6,96141768 | 5,961417675 |
| 2014 | | 7,08413887 | 6,08413887 |
| 2015 | | 7,20669174 | 6,206691742 |
| 2016 | | 7,32907963 | 6,329079628 |
| 2017 | | 7,45130825 | 6,45130825 |
| 2018 | | 7,57337475 | 6,573374748 |
| 2019 | | 7,69527817 | 6,695278168 |
| 2020 | | 7,81701374 | 6,817013741 |
| 2021 | | 7,93859291 | 6,938592911 |
| 2022 | | 8,06000996 | 7,060009956 |
| 2023 | | 8,18126583 | 7,181265831 |
| 2024 | | 8,30235481 | 7,302354813 |
| 2025 | | 8,42328167 | 7,42328167 |

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN D

HASIL WAWANCARA

1. Kualitas jaringan distribusi tenaga listrik minimal dalam kondisi 80% baik
2. Asset utama jaringan distribusi tenaga listrik adalah JTM,JTR (Cable), Tiang TM, Tiang TR (Pole), Trafo (Tansformer), Meter 1 fasa, Meter 3 Fasa (Meter).
3. *Useable Lifetime Asset* 50% lebih rendah dibanding dengan *Design Lifetime Asset*. Karena banyak faktor eksternal yang mempengaruhi kondisi asset
4. Pertumbuhan Pelanggan meningkat 15% - 20% Per tahun.
5. Karena pelanggan semakin lama semakin meningkat maka tenaga listrik yang didistribusikan semakin banyak dan susut nya juga semakin meningkat