

**EVALUASI *EXPECTED ENERGY NOT SUPPLIED (EENS)*
TERHADAP KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV
KOTA PADANG**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu(S1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

OLEH:

SYARIF HIDAYATULLAH
NPM : 1010017111032



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2015**

LEMBARAN PENGESAHAN

**EVALUASI *EXPECTED ENERGY NOT SUPPLIED (EENS)*
TERHADAP KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV
KOTA PADANG**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1)
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

SYARIF HIDAYATULLAH
NPM : 1010017111032

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Cahayahati, MT

Ir. Ija Darmana, MT

Diketahui Oleh:

Fakultas Teknologi Industri
Dekan

Jurusan Teknik Elektro
Ketua

Drs. Mulyanef, M.Sc
NIP: 19590208 198701 1001

Ir. Hj. Arnita, MT
NIP: 19622411 199203 2002

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Allah memberikan hikmah dan ilmu yang berguna
Kepada siapa saja yang dikehendaki-Nya
Barang siapa yang mendapat hikmah-Nya
Sesungguhnya ia telah dianugerahi karunia yang banyak
Dan tidak ada yang dapat mengambil pelajaran
Kecuali orang-orang yang berakal*

(QS : Al baqarah : 269)

*Tak terhitung lembaran-lembaran rupiah
Tak terhitung tetesan air mata
Tak terbilang untaian-untaian do'a
Dengan penuh liku dan rintangan
Satu cita telah tercapai, sepenggal asa kuraih
Namun ...perjalanan masih teramat panjang*

*Inilah awal sebagian perjalanan hidupku,
Yang kuraih dengan beriring do'a
Do'a yang kupersembahkan dengan sepenuh hati*

Ya Allah S.W.T..... Alhamdulillah....

*Aku bersujud dan bersyukur padamu ,,dengan segenap kerendahan hati
Kupersembahkan karya ini , untuk orang yang sangat kusayangi....*

Teruntuk Keluargaku Tercinta

Untuk kedua orang tuaku yang teramat kusayangi, yang tak pernah putus-putusnya mendoakan anakmu ini. Jasa-jasa Amak dan Apak tidak akan pernah dapat dibalas dengan apapun juga. Alep harap dengan selesainya sekolah Alep ini, dapat membantu Amak dan Apak dikemudian hari...

Untuk abang-abang ku (Sahirman, Agusman, Dasrizal) dan kakakku (Noviyanti) terima kasih atas bantuannya baik dari sisi materi maupun non materi. Buat Adekku (Ilham), semoga cepat wisudanya menyusul abangmu ini..

Teruntuk Belahan Hatiku

Untuk wanita yang teramat kusayangi (Arwis S.Pd) terimakasih ya yank, atas semua perhatian dan doanya yang tidak henti-hentinya. Maaf ya yank, Ayah baru bisa menyusul sekarang. Semoga dengan selesainya kuliah Ayah, ini sebagai langkah awal untuk sukses dikemudian hari. Amiin..

Teruntuk Teman Seperjuangan di Teknik Elektro

Untuk kawan-kawan dan mahasiswa teknik elektro yang sama-sama wisuda (Tomí, Rema , Dino , Erwin, Bg Dian, Bg Ridho, Bg Putra, Bg Cago, Bg Ian, Marti, Rifki, Yudhi, Emil, Ichsan, Yoga, Ridho) akhirnya kita bisa wisuda juga.. Semoga kita semua sukses di kemudian hari. Amiin...

Untuk kawan-kawan angkatan 2010 yang lagi proses pengerjaan skripsi (Anjang, Ryan, Damuk, Buya) jangan pernah patah semangat. Terukhus kepada teman 2010 yang masih menggalau (Nanda, Topik, Edo, Ezi) sampai kapan mau menggalau.. Cepatlah selesaikan kuliahnya, biar bisa wisuda juga nanti, Amiin...

Untuk junior 2011,2012 dan yang lainnya semoga kalian bisa menyusul wisuda kedepannya, Amiin...

ABSTRAK

Sistem distribusi tenaga listrik tidak lepas dari adanya gangguan, baik gangguan dari dalam sistem maupun dari luar sistem. Gangguan yang terjadi akan menyebabkan adanya energi listrik yang tidak mengalir kepada konsumen. Penelitian ini ditujukan untuk menganalisa jumlah energi yang tidak tersalurkan terhadap konsumen selama gangguan tersebut. Penelitian berlangsung selama Januari sampai dengan Desember 2014. Penelitian ini menggunakan software ETAP (Electrical Transient and Analysis Program) dengan metode Single Contingency atau Kontingensi Tunggal. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa jumlah energi yang tidak tersalurkan selama adanya gangguan yaitu 518,054 MW/tahun. Sementara kerugian yang diterima oleh pihak PLN sebagai penyalur energi listrik yaitu Rp 628.917.556,- (enam ratus dua puluh delapan juta sembilan ratus tujuh belas ribu lima ratus lima puluh enam rupiah) selama periode Januari hingga Desember 2014.

ABSTRACT

Electrical power distribution system is not free from interference, both interference from within the system and outside the system. Intrusion attempts will cause the electrical energy does not flow to the customer. This study aimed to analyze the amount of energy that is not channeled to the consumer during the disorder. The research was conducted during January to December 2014. This study uses a single contingency method and software ETAP (Electrical Transient and Analysis Program) as a tool for calculation. From the research that has been conducted shows that the amount of energy that is not channeled during a disturbance that is 518.054 MW / year. While losses are accepted by the PLN as a supplier of electrical energy that is Rp 628.917.556, - (six hundred twenty eight million and nine hundred seventeen thousand and five hundred fifty six rupiah) during the period January to December 2014.

KATA PENGANTAR

Dengan kesempatan yang sangat berbahagia ini, penulis panjatkan puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT pemilik alam dan segala isinya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan petunjuk dan pertolongan-Nya. Tidak lupa pula shalawat dan beriring salam kepada tauladan seluruh umat manusia Rasulullah SAW yang telah membuka tabir gelap dunia dari zaman zahiliyah ke zaman sekarang ini,.

Penulisan skripsi ini disusun adalah dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana Strata-1 pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta. Adapun judul skripsi penulis adalah **“EVALUASI *EXPECTED ENERGY NOT SUPPLIED (EENS)* TERHADAP KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV KOTA PADANG”**.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat gagasan, saran, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Bapak Ir. Cahayahati, MT (pembimbing I)

Bapak Ir. Ija Darmana, MT (pembimbing II)

Selain itu penulis juga banyak mendapatkan bantuan, arahan maupun motivasi serta bantuan dari segi moril maupun materil. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Drs. Mulyanef, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
2. Ibu Ir. Hj. Arnita, MT selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Mirza Zoni, ST, MT selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Ir. N.H Kresna, MT, selaku pembimbing akademik jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

5. Seluruh dosen serta karyawan dilingkungan Teknik Elektro yang telah memberikan pengajaran, arahan, nasehat, mendidik sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang perkuliahan dan skripsi ini.
6. Kepada kedua orang tua saya yang terus selalu memberikan doa restu yang tidak pernah putus.
7. Kepada seluruh teman-teman, senior, junior jurusan Teknik Elektro atas dukungan, bantuan dan motivasinya hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan kebaikan yang tiada tara.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kejanggalan dan kekurangan, disebabkan kemampuan penulis masih terbatas, namun berkat kesungguhan dan dorongan serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat juga penulis selesaikan dengan baik.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan teknik Elektro di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Padang, November 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tinjauan Pustaka | 2 |
| 1.3. Definsi Masalah | 3 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5. Batasan Masalah | 4 |
| 1.6. Metodologi Penelitian | 4 |
| BAB 2 SISTEM DISTRIBUSI 20 kV | 6 |
| 2.1. Umum | 6 |
| 2.1.1. Keandalan Sistem Distribusi | 7 |
| 2.1.2. Klasifikasi Beban Listrik | 8 |
| 2.1.3. Standar Tegangan | 8 |
| 2.2. Klasifikasi Jaringan Distribusi | 11 |
| 2.2.1. Berdasarkan Ukuran Tegangan | 11 |
| 2.2.2. Berdasarkan Ukuran Arus | 11 |
| 2.2.3. Berdasarkan Sistem Penyaluran | 12 |
| 2.2.4. Berdasarkan Konstruksi Jaringan | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.3. Tipe Jaringan Distribusi | 14 |
| 2.3.1. Jaringan Radial | 14 |
| 2.3.2. Jaringan Hantaran Penghubung (Tie Line) | 15 |
| 2.3.3. Jaringan Lingkaran (Loop) | 15 |
| 2.3.4. Jaringan Spindel | 16 |
| 2.3.5. Jaringan Mesh | 17 |
| 2.3.6. Jaringan Gugus atau Kluster | 17 |
| 2.4. Komponen Jaringan Distribusi | 18 |
| 2.4.1. Gardu Induk | 18 |
| 2.4.2. Pemutus Tenaga (PMT) | 18 |
| 2.4.3. Transformator | 19 |
| 2.4.4. Busbar (Rel) | 20 |
| 2.4.5. Gardu Hubung | 21 |
| 2.4.6. Gardu Distribusi | 21 |
| 2.4.7. Tiang | 22 |
| 2.4.8. Isolator | 22 |
| 2.4.9. Penghantar | 23 |

BAB 3 ENERGI YANG TIDAK TERSALURKAN **24**

| | |
|---|----|
| 3.1. Gangguan Pada Sistem Distribusi | 24 |
| 3.2. Keandalan Sistem Distribusi | 26 |
| 3.3. Pemodelan Jaringan | 28 |
| 3.3.1. Sistem Seri | 29 |
| 3.3.2. Sistem Paralel | 30 |
| 3.3.3. Kombinasi Sistem Seri dan Paralel | 32 |
| 3.4. Indeks Utama Keandalan Sistem Distribusi | 34 |
| 3.4.1. Laju Kegagalan | 35 |
| 3.4.2. Rata-Rata Waktu Kegagalan | 35 |
| 3.4.3. Waktu Pemadaman Rata-Rata Tahunan | 35 |
| 3.5. Indeks Keandalan Pada Sisi Pelanggan | 36 |
| 3.5.1. SAIFI | 36 |
| 3.5.2. SAIDI | 37 |
| 3.5.3. ASAI | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5.4. ASUI | 37 |
| 3.6. Indeks Keandalan Pada Sisi Energi | 37 |
| 3.6.1. ENS | 37 |
| 3.6.2. AENS | 37 |
| 3.7. Energi Yang Tidak Tersalurkan | 38 |
| 3.8. ETAP dan Energi Yang Tidak Tersalurkan | 38 |
| 3.8.1. ETAP | 38 |
| 3.8.2. Langkah-langkah dalam Simulasi ETAP | 39 |
| 3.8.3. Data yang Dibutuhkan untuk Simulasi ENS pada ETAP | 41 |
| 3.9. Flowchart Menghitung Energi yang Tidak Tersalurkan | 45 |
| | |
| BAB 4 ANALISA <i>EXPECT ENEGY NOT SUPPLIED</i> (EENS) | |
| SISTEM DISTRIBUSI 20 kV KOTA PADANG | 47 |
| 4.1. Sistem Distribusi Kota Padang | 47 |
| 4.2. Data Gangguan Sistem | 49 |
| 4.2.1. Data Jumlah Gangguan | 49 |
| 4.2.2. Data Lama Gangguan | 52 |
| 4.3. Data Beban Kota Padang | 54 |
| 4.4. Perhitungan | 55 |
| 4.4.1. Laju Kegagalan () | 55 |
| 4.4.2. Rata-Rata Waktu Kegagalan (r) | 57 |
| 4.4.3. Waktu Rata-Rata Gangguan Tahunan (U) | 58 |
| 4.5. Energi yang Tidak Tersalurkan (ENS) | 60 |
| 4.5.1. Perhitungan Manual | 60 |
| 4.5.2. ENS Pada ETAP | 63 |
| 4.5.3. Analisa | 68 |
| | |
| BAB 5 KESIMPULAN | 70 |
| 5.1. Kesimpulan | 70 |
| 5.2. Saran | 71 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1: Proses Penyaluran Tenaga Listrik | 6 |
| Gambar 2.2: Konstruksi Jaringan Horizontal | 13 |
| Gambar 2.3: Konstruksi Jaringan Vertikal | 14 |
| Gambar 2.4: Sistem Jaringan Radial | 15 |
| Gambar 2.5: Sistem Jaringan Tie Line | 15 |
| Gambar 2.6: Sistem Jaringan Loop | 16 |
| Gambar 2.7: Sistem Jaringan Spindel | 16 |
| Gambar 2.8: Sistem Jaringan Mesh | 17 |
| Gambar 2.9: Sistem Jaringan Kluster | 17 |
| Gambar 2.10: Gardu Induk | 18 |
| Gambar 2.11: PMT | 18 |
| Gambar 2.12: Current Transformator | 19 |
| Gambar 2.13: Potensial Transformator | 20 |
| Gambar 2.14: Transformator Daya | 20 |
| Gambar 2.15: Busbar | 20 |
| Gambar 2.16: Gardu Hubung | 21 |
| Gambar 2.17: Gardu Distribusi | 22 |
| Gambar 2.18: Gardu Tiang Distribusi | 22 |
| Gambar 2.19: Isolator | 23 |
| Gambar 2.20: Kawat Jenis AAC | 23 |
| Gambar 3.1: Grafik Cost dengan Reliability | 28 |
| Gambar 3.2. Blok diagam sistem seri dua komponen | 29 |
| Gambar 3.3. Blok diagram seri dengan n komponen | 30 |
| Gambar 3.4. Blok diagram paralel dengan dua komponen | 31 |
| Gambar 3.5. Blok diagram sistem paralel dengan n komponen | 31 |
| Gambar 3.6. Blok diagram sistem seri-paralel | 33 |
| Gambar 3.7. Blok diagram sistem seri-paralel | 34 |
| Gambar 3.8: Tampilan Awal ETAP | 39 |
| Gambar 3.9: Tampilan New Project ETAP | 40 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.10: Tampilan User Information ETAP | 40 |
| Gambar 3.11: One Line Diagram ETAP | 41 |
| Gambar 3.12: Tampilan Data Generator ETAP | 42 |
| Gambar 3.13: Tampilan Data Trafo ETAP | 42 |
| Gambar 3.14: Tampilan Data Transmisi ETAP | 43 |
| Gambar 3.15: Tampilan Data Bus ETAP | 43 |
| Gambar 3.16: Tampilan Data Beban ETAP | 44 |
| Gambar 3.17: Flow Chart Reliability Menggunakan ETAP | 45 |
| Gambar 3.18: Hasil Simulasi Reliability Menggunakan ETAP | 46 |
| Gambar 4.1: Single Line Diagram Sistem Distribusi kota Padang | 48 |
| Gambar 4.2: Konfigurasi Sistem Distribusi Kota Padang | 49 |
| Gambar 4.3: Window untuk memasukkan nilai keandalan | 64 |
| Gambar 4.4: Hasil perhitungan ETAP untuk mencari nilai keandalan | 65 |
| Gambar 4.5: Hasil perhitungan ETAP untuk mencari nilai ENS | 65 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1: Standar Tegangan Nominal dan Tegangan Tinggi | 9 |
| Tabel 2.2: Standar Tegangan Transmisi dan Distribusi | 10 |
| Tabel 4.1: Pembagian Sumber dan Feeder Sistem Distribusi kota Padang | 47 |
| Tabel 4.2: Data Gangguan Sistem 20 kV kota Padang (Januari-Desember 2014) | 50 |
| Tabel 4.3: Data Lama Gangguan Pada Sistem 20 kV kota Padang (Januari-Desember 2014) | 52 |
| Tabel 4.4: Data Beban Sistem 20 kV kota Padang (Desember 2014) | 54 |
| Tabel 4.5: Data Hasil Laju Kegagalan Pada Sistem 20 kV kota Padang | 56 |
| Tabel 4.6: Data Hasil Rata-Rata Waktu Kegagalan Pada Sistem 20 kV kota Padang | 57 |
| Tabel 4.7: Data Waktu Pemadaman Rata-Rata Tahunan Sistem 20 kV kota Padang | 59 |
| Tabel 4.8: Data Beban Kota Padang | 60 |
| Tabel 4.8: Data Hasil Energi Tidak Tersalurkan Sistem 20 kV kota Padang | 62 |
| Tabel 4.9: Data Keandalan Peralatan Distribusi | 63 |
| Tabel 4.10: Perhitungan Manual dan ETAP | 66 |
| Tabel 4.11: Nilai SAIDI dan SAIFI untuk PLN | 68 |
| Tabel 4.12: Perbandingan nilai SAIDI dan SAIFI antara PLN dan ETAP | 69 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I : Single Line Kota Padang

Lampiran II : Data Feeder dan Beban Kota Padang periode Januari – Desember 2014

Lampiran III :Daftar Gangguan dan Lama Perbaikan Periode Januari – Desember 2014

Lampiran IV :Hasil Simulasi ETAP