

**EVALUASI RUGI-RUGI ELEKTRIS AKIBAT HARMONISA PADA
SISTEM 20 kV PT. PLN (PERSERO) RAYON BINTUHAN CABANG
BENGKULU DENGAN MENGGUNAKAN ETAP**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

SEPTIANI DEWI
1210017111021



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2016**

LEMBARAN PENGESAHAN

**EVALUASI RUGI-RUGI ELEKTRIS AKIBAT HARMONISA
PADA SISTEM 20 kV PT. PLN(PERSERO) RAYON
BINTUHAN CABANG BENGKULU DENGAN MENGGUNAKAN ETAP**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Program Strata Satu (S-1)
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh

Septiani Dewi

1210017111021

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. NH Kresna, M.T
NIK : 910 200 236

Mirzazoni, S.T, M.T
NIP : 19740220 200501 1001

Disahkan Oleh :

Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro

Dekan,

Ketua,

Ir. Drs. Mulyanef, M.Sc
NIP :195902081987011001

Ir. Arnita, M.T
NIP : 19621124 199203 2002

KATA PENGANTAR



Atas berkat rahmat Allah yang maha kuasa yang telah memberikan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis memperoleh kemudahan untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “ **EVALUASI RUGI-RUGI ELEKTRIS AKIBAT HARMONISA PADA SISTEM 20 kV PT. PLN (PERSERO) RAYON BINTUHAN CABANG BENGKULU DENGAN MENGGUNAKAN ETAP** ”.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang, yang disusun berdasarkan penelitian pada Evaluasi Rugi-rugi Elektris Akibat Harmonisa Pada Sistem 20 kV PT.PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu dengan Menggunakan ETAP.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

❖ **Ir. NH Kresna, M.T** **(Pembimbing I)**

❖ **Mirzazoni, S.T, M.T** **(Pembimbing II)**

Yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dan terima kasih juga kepada :

1. Bapak Ir. Drs. Mulyanef, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
2. Ibuk Ir. Arnita, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan sekaligus Penasehat Akademik, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.

3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, atas segala masukan, pengarahan dan pengajaran selama perkuliahan berlangsung.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan Skripsi ini namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam penelitian ini. Oleh karena itu gagasan, kritikan, saran dan masukan yang membangun akan penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat memberikan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, Mei 2016

Penulis

INTISARI

Dalam sistem tenaga listrik, terdapat dua jenis beban yaitu beban linear dan beban non-linear. Pada beban linear arus sebanding dengan tegangan dalam phase yang sama, sedangkan beban non-linear merupakan gelombang arus yang tidak sama dengan gelombang tegangan, dimana arus dan tegangan berbeda phase. Harmonisa biasanya disebabkan oleh beban non-linear. Harmonisa merupakan suatu komponen sinusoidal dari suatu periode gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan asli dari gelombang fundamental. Akibat dari harmonisa ini terjadi pada jaringan yang menimbulkan rugi-rugi listrik akibat harmonisa. Hal ini terjadi adanya disertai gelombang pada arus dan tegangan. Penelitian ini membahas tentang rugi-rugi listrik akibat harmonisa, Individual Harmonic Distortion (IHD) dan Total Harmonic Distortion (THD). Pada bulan Desember tahun 2015 di PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu terdapat total rugi-rugi listrik akibat harmonisa sebesar 76,4329 kW. Dengan rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada feeder Kota sebesar 7,35464 kW, dan rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada feeder Kedurang sebesar 15,722 kW, sedangkan rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada feeder Tanjung Beringin sebesar 28,3703 kW, dan pada feeder Tanjung Kemuning rugi-rugi listrik akibat harmonisa sebesar 24,986 kW. Sedangkan jika pada IHD pada feeder Kota sebesar 680,5 %, pada feeder Kedurang IHD sebesar 405,3 %, sedangkan pada feeder Tanjung Beringin IHD sebesar 630,4 %, dan pada feeder Tanjung Kemuning sebesar 526,7 %. Dan untuk THD pada feeder Kota sebesar 0,303 %, sedangkan pada feeder Kedurang THD sebesar 0,304 %, pada feeder Tanjung Beringin THD sebesar 0,391 %, dan pada feeder Tanjung Kemuning THD sebesar 0,402 %.

Kata kunci ; Rugi-rugi Listrik ; Harmonisa ; Beban non-linear.

ABSTRACT

The system electric power, there are two types of the burden of the burden linear and load non-linear. In burden linear current comparable to voltage in phase same, while burden non-linear was the current not the same as waves voltage, where the stream and different voltage phase. Harmonic usually caused by burden non-linear. Harmonic is a sinusoidal components of a period of a wave that its frequency is a multiple numbers native of fundamental waves. Result of Harmonic it occurs in tissue which have inflicted losses due to Harmonic electrical discharge. This is the accompanied a wave on the stream and voltage. Research discussed about the deficit electrical discharge due to Harmonic, individual harmonic distortion (IHD) and total harmonic distortion (THD). In december 2015 in PT.PLN (Persero) Rayon Bintuhan the branch Bengkulu there are total loss electrical discharge due to Harmonic of 76,4329 kw. With a loss of electrical discharge due to Harmonic in feeder the city for 7,35464 kw, and losses due to Harmonic in electrical discharge feeder Harmonic of 15,722 kw, while loss electrical discharge due to Harmonic in feeder Tanjung Beringin of 28,3703 kw, and in feeder Tanjung Kemuning due to losses electrical discharge Harmonic of 24,986 kw. Meanwhile, in ihd in feeder the city for 680,5%, in feeder Kedurang IHD of 405,3%, while in feeder Tanjung Beringin IHD of 630,4%, and in feeder Tanjung Kemuning of 526,7%. And to thd in feeder the city for 0,303%, while in feeder Kedurang THD of 0,304%, in feeder Tanjung Beringin THD of 0,391%, and in feeder Tanjung Kemuning THD of 0,402%

Keywords; loss electrical; harmonisa; a load non-linear.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR i

INTISARI ii

ABSTRACT iii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Manfaat Penelitian 2

1.6 Sistematika Penulisan 3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian 5

2.2 Landasan Teori 6

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik 6

2.2.2	Transformator	8
2.2.3	Sistem Jaringan Distribusi	9
2.2.4	Tipe Jaringan Distribusi	9
2.2.5	Rugi-rugi listrik atau <i>losses</i>	14
2.2.6	Harmonisa	14
2.2.7	Distorsi Harmonisa	17
2.2.8	Tabel standard IEEE 519-1992	19
2.3	Hipotesis	19
BAB III. METODE PENELITIAN		
3.1	Alat dan Bahan Penelitian	20
3.1.1	Prosedur Menggunakan ETAP 12.6.0	23
3.1.2	Data Load Flow	26
3.1.3	Rumus rugi-rugi listrik atau <i>losses</i>	31
3.1.2	Rumus IHD (Individual Harmonic Distortion) dan THD (Total Harmonic Distortion)	31
3.2	Alur Penelitian	33
3.3	Deskripsi sistem dan analisis	33
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Deskripsi Penelitian	34
4.2	Pengumpulan Data	34
4.2.1	Data Saluran	34
4.2.2	Data Beban	35
4.3	Perhitungan dan Analisis	39

4.3.1 Perhitungan pada ETAP	39
4.3.2 Perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada Feeder Kota	42
4.3.3 Perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion) pada Feeder Kota	43
4.3.4 Perhitungan THD (Total Harmonic Distortion) pada Feeder Kota	45
4.3.5 Perhitungan Total rugi-rugi listrik akibat harmonisa dan IHD serta THD	46
4.3.6 Perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada Feeder Kedurang	46
4.3.7 Perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion) pada Feeder Kedurang	48
4.3.8 Perhitungan THD (Total Harmonic Distortion) pada Feeder Kedurang	49
4.3.9 Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan	51
4.3.10 Perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada Feeder Tanjung Beringin	51
4.3.11 Perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion) pada Feeder Tanjung Beringin	53
4.3.12 Perhitungan THD (Total Harmonic Distortion) pada Feeder Tanjung Beringin	54

4.3.13	Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan	55
4.3.14	Perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada Feeder Tanjung Kemuning	56
4.3.15	Perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion) pada penyulang Tanjung Beringin	58
4.3.16	Perhitungan THD (Total Harmonic Distortion) pada Feeder Tanjung Kemuning	59
4.3.17	Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan	60
4.3.18	Hasil perhitungan rugi-rugi listrik pada ETAP 12.6.0	61
4.3.19	Hasil perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion) pada ETAP	61
4.3.20	Hasil perhitungan THD (Total Harmonic Distortion) pada ETAP	62
4.3.21	Bentuk gelombang harmonisa pada bus 20 kV	63
4.4	Pembahasan	65
BAB 5. PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standard IEEE 519-1992	19
Tabel 4.1 Data saluran transmisi sistem 20 kV PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu	35
Tabel 4.2 Data <i>feeder</i> penyulang Kota	35
Tabel 4.3 Data pembebanan <i>feeder</i> Kedurang	36
Tabel 4.4 Data pembebanan <i>feeder</i> tanjung kemuning	37
Tabel 4.5 Data pembebanan <i>feeder</i> tanjung beringin	38
Tabel 4.6 Data <i>feeder</i> Kota dan Orde Harmonisa	42
Tabel 4.7 Hasil perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa	43
Tabel 4.8 Hasil perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion)	44
Tabel 4.9 Hasil perhitungan THD (Total Harmonic Distortion)	45
Tabel 4.10 Hasil perhitungan total IHD (Individual Harmonic Distortion) dan THD (Total Harmonic Distortion) dan Rugi-rugi listrik	46
Tabel 4.11 Data <i>feeder</i> Kedurang dan Orde Harmonisa	47
Tabel 4.12 Hasil perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa	48
Tabel 4.13 Hasil perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion)	49
Tabel 4.14 Hasil perhitungan THD (Total Harmonic Distortion)	50
Tabel 4.15 Hasil perhitungan total IHD (Individual Harmonic Distortion) dan THD (Total Harmonic Distortion) dan Rugi-rugi listrik	51
Tabel 4.16 Data <i>feeder</i> Tanjung Beringin dan Orde Harmonisa	51

Tabel 4.17 Hasil perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa	52
Tabel 4.18 Hasil perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion)	54
Tabel 4.19 Hasil perhitungan THD (Total Harmonic Distortion)	55
Tabel 4.20 Hasil perhitungan total IHD (Individual Harmonic Distortion) dan THD (Total Harmonic Distortion) dan Rugi-rugi listrik	56
Tabel 4.21 Data <i>feeder</i> Tanjung Kemuning dan Orde Harmonisa	56
Tabel 4.22 Hasil perhitungan rugi-rugi listrik akibat harmonisa	57
Tabel 4.23 Hasil perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion)	58
Tabel 4.24 Hasil perhitungan THD (Total Harmonic Distortion)	60
Tabel 4.25 Hasil perhitungan total IHD (Individual Harmonic Distortion) dan THD (Total Harmonic Distortion) dan Rugi-rugi listrik	61
Tabel 4.26 Hasil perhitungan rugi-rugi listrik pada ETAP	61
Tabel 4.27 Hasil perhitungan IHD (Individual Harmonic Distortion) pada ETAP	62
Tabel 4.28 Hasil perhitungan THD (Total Harmonic Distortion) pada ETAP	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Single Line Diagram</i> Sistem Tenaga Listrik	8
Gambar 2.2 Tiga komponen utama dalam Penyaluran Tenaga Listrik	9
Gambar 2.3 Sistem Jaringan Radial	10
Gambar 2.4 Sistem Jaringan <i>Tie Line</i>	11
Gambar 2.5 Sistem Jaringan Loop	11
Gambar 2.6 Sistem Jaringan Spindel	12
Gambar 2.7 Sistem Jaringan Mesh	13
Gambar 2.8 Sistem Jaringan Kluster	13
Gambar 2.9 gelombang fundamental dan harmonisa	15
Gambar 2.10 Bentuk gelombang arus dan tegangan dengan beban linear	16
Gambar 2.11 jenis beban non linear	17
Gambar 3.1 Tampilan ETAP 12.6.0	22
Gambar 3.2 Tampilan Pertama ETAP 12.6.0	23
Gambar 3.3 Tampilan <i>create new project file</i> ETAP 12.6.0	24
Gambar 3.4 Tampilan <i>user information</i> ETAP 12.6.0	25
Gambar 3.5 Tampilan utama program ETAP 12.6.0	25
Gambar 3.6 <i>Single line diagram</i> dalam ETAP 12.6.0	26
Gambar 3.7 Tampilan data transformator pada ETAP 12.6.0	27
Gambar 3.8 Tampilan data transmisi pada ETAP 12.6.0	28
Gambar 3.9 Tampilan data bus pada program ETAP 12.6.0	29

Gambar 3.10 Tampilan data <i>lumped load</i> pada program ETAP 12.6.0	30
Gambar 3.11 Langkah Penelitian	33
Gambar 4.1 singel line PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu	41
Gambar 4.2 <i>Spectrum harmonic</i>	64
Gambar 4.3 <i>waveform Harmonic</i>	64
Gambar 4.4 Hasil rugi-rugi listrik akibat harmonisa	65
Gambar 4.5 Hasil THD	66
Gambar 4.6 Hasil IHD	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Surat izin melakukan penelitian atau tugas akhir	73
Lampiran B : Data pembebanan pada PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu	74
Lampiran C : Hasil software ETAP 12.6.0 untuk rugi-rugi listrik	81
Lampiran D : Hasil software ETAP 12.6.0 untuk IHD	138
Lampiran E : Hasil software ETAP 12.6.0 untuk THD	149
Lampiran F : Single line pada PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu	150
Lampiran G : Single line pada PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu jika pada ETAP 12.6.0	155

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik berfungsi untuk mengirimkan daya listrik yang konstan dengan tegangan yang konstan serta berfrekuensi konstan. Akan tetapi untuk mengirimkan daya listrik yang konstan tidaklah mungkin, karena terdapat bermacam gangguan, salah satunya akibat harmonisa yang disebabkan oleh beban non-linear. Dimana harmonisa ini dapat mempengaruhi kualitas daya, sehingga dapat mengakibatkan rugi-rugi teknis dan rugi-rugi non teknis. Rugi-rugi teknis merupakan rugi-rugi yang terjadi karena adanya panas pada jaringan yang menimbulkan losses pada jaringan. Contoh dari rugi-rugi teknis seperti lost kontak pada sambungan, beban tidak seimbang pada saluran dan efek harmonisa. Sedangkan rugi-rugi non teknis (rugi-rugi elektris) merupakan rugi-rugi yang terjadi karena drop tegangan. Contoh dari rugi-rugi non teknis yaitu, pada pemakaian kWh meter dari travo ke konsumen, pencurian tenaga listrik, dan pengukuran di kWh meter tidak optimal akibat tegangan rendah.

Pada tahun 2014 di PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu terdapat rugi-rugi total sebesar 20,04% dimana rugi-rugi total ini terbagi menjadi dua yaitu, rugi-rugi teknis sebesar 15,36% dan rugi-rugi non teknis sebesar 4,69%. Sedangkan dalam bentuk energi terdapat rugi-rugi energi total sebesar 6,692,330 kWh. Yang mana rugi-rugi teknis sebesar 5,129,903 kWh dan pada rugi-rugi non teknis sebesar 1,562,427 kWh.

Rugi-rugi elektris disebabkan oleh beban non linear dan juga harmonisa pada tegangan listrik. Pada PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu terdapat tegangan 20 kV dengan dua feeder yaitu, feeder express dan feeder khusus. Dengan total daya yang terpasang sebesar 21.028,430 kVA.

Dengan besarnya rugi-rugi pada PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu. Maka penelitian ini mengkaji tentang *Evaluasi Rugi-rugi Elektris*

Akibat Harmonisa pada Sistem 20 kV PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu dengan Menggunakan ETAP.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada terdapat beberapa masalah yaitu :

1. Bagaimana menghitung rugi-rugi listrik akibat harmonisa pada sistem 20 kV PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu dengan menggunakan ETAP
2. Bagaimana menghitung Individual Harmonic Distortion (IHD) dan menghitung Total Harmonic Distortion (THD)

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk Menghitung dan Menganalisa Rugi-rugi Listrik Akibat Harmonisa pada Sistem 20 kV PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu dengan Menggunakan ETAP.

1.4 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan terfokus pada objek penelitian, ada beberapa batasan yang dilakukan, adalah:

1. Membahas rugi-rugi listrik pada sistem 20 kV PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu dengan menggunakan ETAP selama satu bulan pada bulan Desember tahun 2015.
2. Membahas tentang Individual Harmonic Distortion (IHD) dan menghitung Total Harmonic Distortion (THD) pada orde 5,7,11,13,17,19,23,25

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini mempunyai kegunaan dan manfaat bagi instansi perusahaan, akademis, peneliti lain, maupun bagi penulis sendiri ,

1. Bagi penulis
 - a. Menambah wawasan, pengetahuan, dan pengembangan ilmu penulis khususnya yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.
 - b. Menghasilkan teori-teori yang diperoleh dibangku kuliah dan praktik yang sesungguhnya terjadi.

2. Bagi akademis

Penelitian ini dapat menambah wawasan ilmu bagi dunia akademik mengenai Rugi-rugi Elektris Akibat Harmonisa pada Sistem 20 kV PT. PLN (PERSERO) Rayon Bintuhan Cabang Bengkulu dengan Menggunakan ETAP.

3. Bagi instansi perusahaan

Sebagai bahan masukan dalam perhitungan rugi-rugi elektris dan juga sebagai perhitungan harmonisa sehingga dapat membantu mempermudah untuk melakukan perhitungan.

4. Bagi peneliti selanjutnya

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan sumber informasi untuk melakukan penelitian lebih lanjut atau penelitian yang sama.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dengan sistematika bab per bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka yang terdiri dari tinjauan penelitian, bab ini juga berisi tentang teori-teori umum seperti sistem

tenaga listrik, transformator, sistem jaringan distribusi, tipe jaringan distribusi, rugi-rugi listrik, harmonisa, distorsi harmonisa, tabel Standard IEEE 519-1992, dan hipotesis

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang alat dan bahan penelitian yang terdiri dari input data ETAP 12.6.0, prosedur menggunakan ETAP 12.6.0 , data load flow, alur penelitian dan juga deskripsi sistem dan analisis.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang deskripsi penelitian, pengumpulan data yang terdiri dari data saluran, data beban, dan perhitungan dan analisis yang terdiri dari perhitungan pada ETAP, serta pembahasan.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari keseluruhan pembahasan pada bab-bab sebelumnya.