

**SIMULASI PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP
RUGI-RUGI JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER AKIBAT BEBAN
PERUMAHAN YANG TIDAK LINIER**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh:

RIO FERNANDO ARMEN

1710017111001



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2021**

LEMBARAN PENGESAHAN
SIMULASI PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP
RUGI-RUGI JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER AKIBAT BEBAN
PERUMAHAN YANG TIDAK LINIER

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta

Oleh :

RIO FERNANDO ARMEN

1710017111001

Disetujui Oleh :

Pembimbing



Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc.

NIK : 201 810 683

Mengetahui :

Fakultas Teknologi Industri



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., MT.

NIK. 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



Ir. Arzul, M.T.

NIK. 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI
SIMULASI PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP
RUGI-RUGI JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER AKIBAT BEBAN
PERUMAHAN YANG TIDAK LINIER

SKRIPSI

RIO FERNANDO ARMEN


1710017111001

Dipertahankan di depan penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang
Hari: Jumat, Tanggal: 14 Agustus 2021

No Nama

Tanda Tangan

1. **Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc.**
(Ketua dan Penguji)



2. **Ir. Eddy Soesilo., M.Eng.**
(Penguji)



3. **Dr. Ir. Hidayat, M.T., IPM.**
(Penguji)



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul **“Simulasi Pengaruh Distorsi Harmonisa Terhadap Rugi-Rugi Daya Transformator Distribusi Akibat Beban Perumahan Yang Tidak Linier”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang 19 Agustus 2021



Rio Fernando Armen

NPM: 1710017111001

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbil'alam, atas berkat rahmat Allah yang maha kuasa yang telah memberikan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **Simulasi Pengaruh Distorsi Harmonisa Terhadap Rugi-Rugi Jaringan Distribusi Sekunder Akibat Beban Perumahan Yang Tidak Linier**.

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 yang dilakukan di Laboratorium Sistem Kendali Universitas Bung Hatta.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan arahan dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menuangkan ide dan pemikiran dalam penulisan skripsi ini.

Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc **(Pembimbing)**

Selain itu, dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, arahan, serta motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang Tua tercinta bapak Armen dan ibu Rina Seprinati yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayangnya hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan terhadap penulis dalam meraih setiap cita-cita dan harapan.
2. Ibu Prof. Dr. Eng Reni Desmiarti, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.

3. Bapak Ir. Arzul, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Mirza Zoni, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
5. Ibu Ir. Armita, M.T. selaku Penasehat Akademik.
6. Seluruh dosen dan pegawai Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, atas segala masukan, pengarahan dan pengajaran selama perkuliahan berlangsung.
7. Saudara tercinta juga anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan doa dan dukungan semangat kepada penulis.
8. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2017 beserta senior dan junior yang telah memberikan semangat serta motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Marissa Luthfiati yang telah membantu dan memberikan dukungan penuh saat membuat skripsi ini hingga selesai.

Semoga Allah SWT. memberikan balasan yang berlipat ganda kepada kita semua. Untuk perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk kita semua, terutama untuk penulis.

Padang, 14 Agustus 2021



Penulis

INTISARI

Dengan berkembangnya peralatan rumah tangga sesuai dengan semakin majunya teknologi, maka beban perumahan mempunyai potensi yang besar menyumbangkan harmonisa kepada sistem tenaga. Harmonisa merupakan permasalahan yang terdapat pada sistem tenaga listrik, khususnya dalam penelitian ini akan mengkaji harmonisa pada sistem distribusi listrik. Harmonisa yang melebihi ketentuan yang ditetapkan oleh IEEE-519 2014 akan menurunkan kualitas daya dan pelayanan pada sistem tenaga listrik, yang disebut distorsi harmonisa. Harmonisa dapat menyebabkan gelombang arus maupun tegangan menjadi tidak sinusoidal sempurna (cacat). Pada penelitian ini sumber harmonisa berasal dari beban-beban non-linier pada beban perumahan. Dengan terjadinya harmonisa maka akan dapat meningkatkan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi. Dengan melakukan simulasi dari transformator distribusi hingga ke beban-beban perumahan non-linier, maka dapat diketahui karakteristik THD (*Total Harmonic Distortion*) arus dan tegangan tiap beban berbeda. Selanjutnya akan dilakukan analisa untuk mengidentifikasi orde harmonisa paling besar, untuk mencegah distorsi harmonisa yang mengakibatkan nilai rugi-rugi jaringan distribusi bertambah. Berikut hasil dari perbandingan THDi (*Total Harmonic Distortion Current*) 20% dengan kenaikan rugi-rugi pada saluran transformator sebesar 0.945kW, 30% dengan kenaikan rugi-rugi pada saluran transformator sebesar 0.186kW, 40% dengan kenaikan rugi-rugi pada saluran transformator sebesar 0.068kW dan 60% (full load) dengan kenaikan rugi-rugi pada saluran transformator sebesar 0.033kW. Karena beban perumahan setiap harinya bervariasi sehingga THDi yang dihasilkan juga berbeda setiap harinya, kemudian akan disimulasikan dengan software ETAP POWER STATION 19.01.1

Kata Kunci: Harmonisa, Beban non-linier, beban perumahan, transformator distribusi, rugi-rugi daya pada jaringan distribusi.

ABSTRACT

With the development of household appliances in accordance with increasingly advanced technology, the housing load has a great potential to contribute harmonics to the power system. Harmonics is a problem that exists in the electric power system, especially in this study will examine harmonics in the electrical distribution system. Harmonics that exceed the provisions stipulated by IEEE-519 2014 will reduce the quality of power and service in the electric power system, which is called harmonic distortion. Harmonics can cause current and voltage waves to be not perfectly sinusoidal (defective). In this study the source of harmonics comes from non-linear loads on housing loads. With the occurrence of harmonics, it will be able to increase power losses in the distribution network. By simulating the distribution transformer to non-linear housing loads, it can be seen that the current and voltage characteristics of the THD (Total Harmonic Distortion) are different for each load. Furthermore, an analysis will be carried out to identify the largest harmonic order, to prevent harmonic distortion which causes the distribution network losses to increase. Following are the results of the comparison of THDi (Total Harmonic Distortion Current) 20% with an increase in losses in the transformer line of 0.945kW, 30% with an increase in losses in the transformer line of 0.186kW, 40% with an increase in losses in the transformer line of 0.068kW and 60% (full load) with an increase in transformer line losses of 0.033kW. Because the housing load varies every day so the THDi generated is also different every day, then it will be simulated with the ETAP POWER STATION 19.01.1 software

Keywords: Harmonics, Non-linear loads, housing loads, distribution transformers, power losses in distribution networks.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Batasan Masalah	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-5
2.1 Tinjauan Penelitian	II-5
2.2 Landasan Teori	II-8
2.3 Hipotesis	II-35
BAB III METODE PENELITIAN	III-36
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	III-36
3.2 Alur Penelitian	III-40
3.3 Deskripsi Sistem dan Analisis	III-43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	IV-45
4.1 Deskripsi Penelitian	IV-45
4.2 Pengumpulan Data	IV-45

4.3 Hasil Simulasi dan Analisis	IV-48
4.4 Pembahasan	IV-79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-95
5.1 Kesimpulan	V-95
5.2 Saran	V-96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Urutan Fasa Harmonisa	II-32
Tabel 2.2 Akibat Dari Polaritas Komponen Harmonisa	II-33
Tabel 2.3 Limit Distorsi Arus Harmonisa Untuk sistem Distribusi < 69 kV. II-35	II-35
Tabel 2.4 Limit Distorsi Tegangan Harmonisa	II-35
Tabel 4.1 Jumlah rumah dalam suatu perumahan.....	IV-47
Tabel 4.2 Tabel Nilai Arus RMS Orde Harmonisa Saluran Sekunder THDi 61.5% dan Irms 204.6A.....	IV-52
Tabel 4.3 Losses Saluran Sekunder Arus RMS Untuk Full Load dan THDi 61.5%.....	IV-54
Tabel 4.4 Losses Saluran Sekunder Tanpa Harmonisa.....	IV-54
Tabel 4.5 Tabel Nilai Arus RMS Orde Harmonisa Saluran Sekunder THDi 40.3% dan Irms 118.8A.....	IV-59
Tabel 4.6 Losses Saluran Sekunder Arus RMS dan THDi 40.3%.....	IV-60
Tabel 4.7 Losses Saluran Sekunder Tanpa Harmonisa.....	IV-61
Tabel 4.8 Tabel Nilai Arus RMS Orde Harmonisa Saluran Sekunder THDi 30.15% dan Irms 95.2A.....	IV-66
Tabel 4.9 Losses Saluran Sekunder Arus RMS dan THDi 30.15%.....	IV-67
Tabel 4.10 Losses Saluran Sekunder Tanpa Harmonisa.....	IV-68
Tabel 4.11 Tabel Nilai Arus RMS Orde Harmonisa Saluran Sekunder THDi 20.03% dan Irms 85A	IV-73
Tabel 4.12 Losses Saluran Sekunder Arus Fundamental dan THDi 20.03%.....	IV-74
Tabel 4.13 Losses Saluran Sekunder Tanpa Harmonisa.....	IV-75
Tabel 4.14 Losses Saluran Arus RMS dan Fundamental Keadaan Full Load dan THDi 61.5%	IV-79
Tabel 4.15 Losses Saluran Arus RMS dan Fundamental dengan THDi 40.3%	IV-79
Tabel 4.16 Losses Saluran Arus RMS dan Fundamental dengan THDi 30.15%	IV-80
Tabel 4.17 Losses Saluran Arus RMS dan Fundamental dengan THDi	

20.03%.....	IV-80
Tabel 4.18 Tabel Nilai dari % Spektrum Harmonisa Pada Saluran Primer dan Sekunder Transformator	IV-81
Tabel 4.19 Tabel Nilai dari % Spektrum Harmonisa Pada Saluran Primer dan Sekunder Transformator	IV-85
Tabel 4.20 Tabel Nilai dari % Spektrum Harmonisa Pada Saluran Primer dan Sekunder Transformator	IV-88
Tabel 4.21 Tabel Nilai dari % Spektrum Harmonisa Pada Saluran Primer dan Sekunder Transformator	IV-92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik	II-10
Gambar 2.2 Single Line Diagram Sistem Distribusi Listrik	II-10
Gambar 2.3 Sistem Kelistrikan Jaringan Distribusi Menuju ke beban	II-12
Gambar 2.4 Komponen-komponen utama yang terdapat pada transformator.....	II-14
Gambar 2.5 Hubungan Delta Bintang pada Trafo Distribusi beban non linier	II-17
Gambar 2.6 Gelombang frekuensi dasar, gelombang frekuensi harmonisa ke 3,5, 7 dan hasil distorsi harmonisa	II-18
Gambar 2.7 Representasi Deret Fourier dari Gelombang yang Terdistorsi	II-20
Gambar 2.8 Bentuk Gelombang Keluran Linier	II-21
Gambar 2.9 Bentuk Gelombang Keluran Non-Linier	II-21
Gambar 2.10 Spektrum Berdasarkan Ordenya pada Harmonisa	II-23
Gambar 2.11 Arus netral pada sistem <i>Wye-Grounded</i> akibat Triplen Harmo- nisa.....	II-31
Gambar 3.1 Single Line Diagram Perumahan Sistem Distribusi	III-38
Gambar 3.2 Single Line Diagram Masing- masing Beban Perumahan non linier	III-39
Gambar 3.3 Single Line Diagram Beban Perumahan non linier Fasa R.....	III-39
Gambar 3.4 Single Line Diagram Beban Perumahan non linier Fasa S	III-40
Gambar 3.5 Single Line Diagram Beban Perumahan non linier Fasa T	III-40
Gambar 4.1 Single Line Diagram Beban Perumahan dimulai Dari Trafo Distribusi Hingga Beban Tidak Linier.....	IV-46
Gambar 4.2 Single Line Diagram Simulasi Harmonisa Beban Perumahan (<i>Full Load</i>) dan THDi 61.5%.	IV-51
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Losses Saluran Arus RMS dengan Fundamental Saat Full Load dan THDi 61.5%.....	IV-55
Gambar 4.4 Spektrum Harmonisa Sisi Primer Transformator THDi 70.82% Beban Perumahan (Full Load).....	IV-56
Gambar 4.5 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Primer Transformator Beban Perumahan (Full Load) dan THDi 61.5%	IV-56
Gambar 4.6 Spektrum Harmonisa Sisi Sekunder Transformator	

Beban Perumahan (Full Load) dan THD 61.5%.....	IV-57
Gambar 4.7 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Sekunder Transformator Beban Perumahan (Full Load) dan THDi 61.5%	IV-57
Gambar 4.8 Single Line Diagram Simulasi Harmonisa Beban Perumahan Dalam Keadaan THDi 40.3%	IV-58
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Losses Saluran Arus RMS dengan Fundamental Saat THDi 40.3% Pada Transformator	IV-62
Gambar 4.10 Spektrum Harmonisa Sisi Primer Transformator THDi 66.28%	IV-62
Gambar 4.11 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Primer Transformator THDi 66.28%.....	IV-63
Gambar 4.12 Spektrum Harmonisa Sisi Sekunder Transformator THDi 40.3%	IV-63
Gambar 4.13 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Sekunder Transformator THDi 40.3%.....	IV-64
Gambar 4.14 Single Line Diagram Simulasi Harmonisa Beban Perumahan Dalam Keadaan THDi 30.15%	IV-65
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Losses Saluran Arus RMS dengan Fundamental Saat THD Sebesar 30% Pada Transformator.....	IV-69
Gambar 4.16 Spektrum Harmonisa Sisi Primer Transformator THDi 67.15%	IV-69
Gambar 4.17 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Primer Transformator THDi 67.15%.....	IV-70
Gambar 4.18 Spektrum Harmonisa Sisi Sekunder Transformator THDi 30.15%	IV-70
Gambar 4.19 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Sekunder Transformator THDi 30.15%.....	IV-71
Gambar 4.20 Single Line Diagram Simulasi Harmonisa Beban Perumahan Dalam Keadaan THDi 20.03%	IV-72
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Losses Saluran Arus RMS dengan Fundamental Saat THDi 20.03% Pada Transformator	IV-76
Gambar 4.22 Spektrum Harmonisa Sisi Primer Transformator THDi	

62.82%	IV-76
Gambar 4.23 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Primer Transformator THDi 62.82%.....	IV-77
Gambar 4.24 Spektrum Harmonisa Sisi Sekunder Transformator THDi 20.03%	IV-77
Gambar 4.25 Bentuk Gelombang Harmonisa Sisi Sekunder Transformator THDi 20.03%.....	IV-78
Gambar 4.26 Perbandingan Total Losses Saluran Pada THDi	IV-80
Gambar 4.27 Spektrum Harmonisa Pada Saluran Primer dan Sekunder Transformator Full Load.....	IV-82
Gambar 4.28 Bentuk Gelombang Harmonisa Pada Saluran Primer dan Transformator Full Load.....	IV-82
Gambar 4.29 Spektrum Harmonisa Pada Saluran Primer Transformator Full Load.....	IV-83
Gambar 4.30 Bentuk Gelombang Harmonisa Pada Saluran Primer Transfor- mator Full Load	IV-83
Gambar 4.31 Spektrum Harmonisa Pada Saluran Sekunder Transformator Full Load.....	IV-84
Gambar 4.32 Spektrum Harmonisa Pada Saluran Sekunder Transformator Full Load.....	IV-84
Gambar 4.33 Spektrum Harmonisa Saluran Primer dan Sekunder Transformator Dengan THDi 40.3% Pada Saluran Sekunder	IV-85
Gambar 4.34 Bentuk Gelombang Harmonisa Saluran Primer dan Sekunder Transformator Dengan THDi 40.3% Pada Saluran Sekunder	IV-86
Gambar 4.35 Spektrum Harmonisa Saluran Primer Transformator Dengan THDi 40.3% Pada Saluran Sekunder.....	IV-86
Gambar 4.36 Bentuk Gelombang Harmonisa Saluran Primer Transformator Dengan THDi 40.3% Pada Saluran Sekunder	IV-87
Gambar 4.37 Spektrum Saluran Harmonisa Sekunder Transformator Dengan THDi 40.3% Pada Saluran Sekunder.....	IV-87
Gambar 4.38 Bentuk Gelombang Harmonisa Saluran Primer Transformator Dengan THDi 40.3% Pada Saluran Sekunder	IV-88

- Gambar 4.39 Spektrum Harmonisa Saluran Primer dan Sekunder Transformator Dengan THDi 30.15% Pada Saluran Sekunder IV-89
- Gambar 4.40 Bentuk Gelombang Harmonisa Saluran Primer dan Sekunder Transformator Dengan THDi 30.15% Pada Saluran Sekunder .. IV-89
- Gambar 4.41 Spektrum Harmonisa Saluran Primer Transformator Dengan THDi 30.15% Pada Saluran Sekunder..... IV-90
- Gambar 4.42 Spektrum Harmonisa Saluran Primer Transformator Dengan THDi 30.15% Pada Saluran Sekunder..... IV-90
- Gambar 4.43 Spektrum Harmonisa Saluran Sekunder Transformator Dengan THDi 30.15% Pada Saluran Sekunder..... IV-91
- Gambar 4.44 Spektrum Harmonisa Saluran Sekunder Transformator Dengan THDi 30.15% Pada Saluran Sekunder..... IV-91
- Gambar 4.45 Spektrum Harmonisa Saluran Primer dan Sekunder Transformator Dengan THDi 20.03% Pada Saluran Sekunder IV-92
- Gambar 4.46 Bentuk Gelombang Harmonisa Saluran Primer dan Sekunder Transformator Dengan THDi 20.03% Pada Saluran Sekunder .. IV-93
- Gambar 4.47 Spektrum Harmonisa Saluran Primer Transformator Dengan THDi 20.03% Pada Saluran Sekunder..... IV-93
- Gambar 4.48 Bentuk Gelombang Harmonisa Saluran Primer dan Sekunder Transformator Dengan THDi 20.03% Pada Saluran Sekunder .. IV-93
- Gambar 4.49 Spektrum Harmonisa Saluran Sekunder Transformator Dengan THDi 20.03% Pada Saluran Sekunder..... IV-94
- Gambar 4.50 Bentuk Gelombang Harmonisa Saluran Sekunder Transformator Dengan THDi 20.03% Pada Saluran Sekunder . IV-94