

Studi Karakteristik Kelistrikan Rumah Tangga Daya 450 VA – 2200 VA melalui Simulasi MATLAB Simulink

Moh. Nurul Arifi¹, Dian Efytra Yuliana², Bagus Mitra Sujatmiko³

Teknik Elektro, Universitas Islam Kediri, Kediri, Indonesia

¹arifinurul230@gmail.com, ²dianefytra@uniska-kediri.ac.id, ³bagusmitrasujatmiko@gmail.com

Abstrak— Kebutuhan energi listrik rumah tangga terus meningkat seiring bertambahnya penggunaan peralatan elektronik, yang menuntut sistem kelistrikan dengan kualitas daya yang baik. Variasi kapasitas daya rumah tangga, mulai dari 450 VA hingga 2200 VA, memiliki karakteristik beban yang berbeda sehingga memengaruhi faktor daya dan tingkat distorsi harmonisa. Analisis kualitas daya pada masing-masing kapasitas diperlukan untuk mengetahui performa sistem kelistrikan rumah tangga secara lebih akurat. Penelitian ini memodelkan sistem kelistrikan rumah tangga menggunakan MATLAB Simulink berdasarkan data beban harian 24 jam dari rumah tangga berkapasitas 450 VA, 900 VA, 1300 VA, dan 2200 VA. Setiap peralatan dimodelkan menggunakan blok Parallel RLC Load yang disesuaikan dengan daya aktif, faktor daya, dan karakteristik THDi dari referensi empiris. Pola penggunaan beban harian dimasukkan melalui Signal Builder untuk merepresentasikan variasi konsumsi energi secara realistis, sedangkan parameter kualitas daya seperti tegangan, arus, daya, faktor daya, dan harmonisa dianalisis menggunakan blok pengukuran dan FFT Analysis. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setiap kapasitas daya memiliki karakteristik kualitas daya yang berbeda sesuai pola pembebanannya. Rumah tangga dengan kapasitas 450 VA memiliki nilai faktor daya yang cenderung lebih optimal, sedangkan rumah tangga dengan kapasitas 2200 VA menunjukkan nilai THDi yang relatif lebih rendah dan lebih mendekati standar IEEE 519-2014. Hal ini mengindikasikan bahwa performa kualitas daya dipengaruhi oleh komposisi beban dan variasi pemakaiannya pada masing-masing kategori daya.

Kata kunci: sistem kelistrikan rumah tangga, MATLAB Simulink, daya listrik, faktor daya, harmonisa.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di era modern saat ini, energi listrik memegang peran vital dalam kehidupan manusia dan hampir tidak terpisahkan dari aktivitas sehari-hari. Energi listrik menjadi faktor penting dalam pembangunan serta pertumbuhan ekonomi, sehingga keberadaannya sangat menentukan kelancaran berbagai kegiatan. Permintaan akan energi listrik terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk. Namun, kenaikan permintaan ini tidak selalu diimbangi dengan penambahan kapasitas sumber energi maupun

pembangunan pembangkit listrik yang memadai [1]. Tenaga listrik merupakan kebutuhan pokok dalam kehidupan masyarakat modern, seiring dengan meningkatnya tuntutan aktivitas manusia dan pesatnya perkembangan teknologi saat ini [2].

Berdasarkan Statistik Ketenagalistrikan tahun 2023 [3], Permintaan energi listrik tertinggi berasal dari sektor rumah tangga, di mana berbagai peralatan listrik digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Beberapa peralatan yang umum digunakan antara lain lampu hemat energi (LHE), lampu LED, AC, kulkas, televisi, komputer/laptop, *rice cooker*, kipas angin, pompa air, dan sebagainya. Sebagian dari peralatan ini memanfaatkan komponen semikonduktor dalam operasinya [4].

Penggunaan peralatan listrik di rumah tangga dapat menurunkan kualitas daya listrik. Efisiensi daya listrik dipengaruhi oleh karakteristik beban yang digunakan, terutama beban induktif yang cenderung menurunkan faktor daya. Peralatan rumah tangga seperti pemanas, lemari pendingin, dan pompa air biasanya bersifat induktif. Akibat penggunaan beban induktif, daya total meningkat sehingga konsumsi energi listrik yang dibayarkan setiap bulan menjadi lebih tinggi [5]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis simulasi untuk mengetahui kualitas daya listrik rumah tangga secara lebih komprehensif dan efisien menggunakan MATLAB Simulink.

Penggunaan Simulink untuk memodelkan suatu rancangan sistem merupakan salah satu kegunaan MATLAB [6]. Dalam penelitian terdahulu, diketahui konsep sistem monitoring pada perangkat lunak MATLAB memungkinkan pengguna untuk menghubungkan, mengotrol, mengolah dan memantau sistem secara langsung melalui pemodelan sistem. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan nilai beban yang ada. Beban yang digunakan merupakan beban resistif, induktif, dan kapasitif. Dengan menggunakan MATLAB dapat dilakukan analisa dan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan [7].

Penelitian ini mengembangkan sistem simulasi berbasis MATLAB untuk menganalisis karakteristik kelistrikan pada rumah tangga. Pemodelan dan simulasi aliran daya dilakukan menggunakan MATLAB Simulink,

Magnetika

dengan pendekatan berbasis data empiris mengenai jenis beban, jumlah beban, serta waktu pemakaian masing-masing beban. Data yang dikumpulkan kemudian digunakan untuk membangun model simulasi, sehingga memungkinkan analisis perilaku listrik berdasarkan variasi jenis beban, jumlah, dan durasi penggunaannya. Penelitian ini fokus pada skenario penggunaan listrik rumah tangga dengan kapasitas daya 450 VA hingga 2200 VA, yang merupakan rentang daya yang paling umum digunakan di Indonesia.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kelistrikan rumah tangga dimodelkan menggunakan MATLAB Simulink?
2. Bagaimana model Simulink kelistrikan rumah tangga diuji?
3. Bagaimana karakteristik pembebanan pada kelistrikan rumah tangga dapat diketahui?

C. Tujuan

1. Melakukan pemodelan kelistrikan rumah tangga menggunakan MATLAB Simulink.
2. Melakukan pengujian keakuratan dan keandalan model simulasi dalam merepresentasikan kondisi kelistrikan rumah tangga.
3. Menganalisis karakteristik beban dan kualitas daya listrik berdasarkan hasil simulasi.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Arus AC (Alternating Current)

Arus bolak-balik (AC) adalah jenis arus listrik yang disuplai dari jaringan distribusi PLN. Bentuk gelombangnya berupa sinusoidal murni dengan frekuensi 50 Hz dan tegangan nominal 220 Volt. Pada umumnya, nilai tegangan yang ditampilkan oleh alat ukur adalah nilai RMS (*Root Mean Square*), bukan tegangan puncak [8].

Besaran tegangan listrik dinyatakan dalam 3 macam jenis:

1. Tegangan Puncak (V_p)

Tegangan puncak atau *peak voltage*, sering juga disebut sebagai tegangan maksimum (V_{max}), merupakan nilai tegangan tertinggi yang dicapai gelombang listrik dan diukur dari titik acuan nol atau ground.

2. Tegangan Rata-rata (V_{av})

Tegangan rata-rata pada arus bolak-balik (AC) merupakan nilai tengah dari komponen tegangan positif dan negatif yang memiliki besar sama namun berlawanan polaritas. Apabila kedua komponen tersebut dijumlahkan dan dihitung rata-ratanya, hasilnya bernilai nol. Dengan

demikian, tegangan rata-rata dari suatu gelombang AC ideal adalah nol.

3. Tegangan RMS (*Root Mean Square*)

Tegangan RMS atau dikenal juga sebagai tegangan efektif (V_{ef}) merupakan nilai tegangan yang umumnya digunakan dalam penyebutan besaran listrik, kecuali jika dinyatakan dengan satuan lain. Nilai RMS diperoleh dari rata-rata kuadrat gelombang sinus sehingga seluruh sinyal bernilai positif, kemudian hasilnya diakarkan [8]. Tegangan RMS dihitung menggunakan persamaan (1) atau menggunakan persamaan (2).

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2}{n}} \quad (1)$$

Yang nilainya sama dengan:

$$V_{RMS} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

B. Beban Listrik

Beban listrik adalah keseluruhan energi listrik yang digunakan oleh konsumen. Dalam kajian sistem tenaga, beban ini dapat dikategorikan menjadi beban seimbang dan beban tidak seimbang, serta secara umum dikelompokkan ke dalam tiga tipe utama, yaitu resistif, induktif, dan kapasitif. Beban resistif berasal dari rangkaian dengan komponen resistor murni. Jenis beban ini hanya menggunakan daya aktif tanpa memerlukan daya reaktif. Beban induktif merupakan beban yang menyerap baik daya aktif maupun daya reaktif, dengan karakteristik tegangan mendahului arus sebesar sudut ϕ , sehingga dikenal dengan faktor daya *lagging*. Contoh beban induktif adalah peralatan listrik yang memiliki kumparan kawat pada inti besi, atau rangkaian dengan komponen pasif berupa induktor. Beban kapasitif adalah beban dengan komponen pasif berupa kapasitor, yang juga mengonsumsi daya aktif dan daya reaktif, namun dengan sifat arus mendahului tegangan sebesar sudut ϕ , yang dikenal sebagai faktor daya *leading* [9].

Dalam sistem tenaga listrik, beban umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu beban linier dan beban nonlinier. Penyaluran energi listrik dilakukan dengan frekuensi tunggal dan konstan sebesar 50 Hz serta tegangan standar 220 volt. Beban linier adalah beban yang menghasilkan arus sebanding dengan tegangan yang diberikan, sehingga respon arus mengikuti hukum linier terhadap impedansinya. Sebaliknya, beban nonlinier memiliki impedansi yang berubah-ubah pada setiap periode gelombang tegangan masuk, sehingga arus yang terbentuk tidak berbanding lurus dengan tegangan yang diterapkan [4].

Magnetika

C. Daya Listrik

Daya listrik merupakan total energi yang dihasilkan atau diserap dalam sebuah rangkaian listrik. Daya listrik dapat dihasilkan oleh sumber energi listrik seperti tegangan listrik dan daya listrik yang dihasilkan akan diserap oleh beban yang terhubung dengan sumber energi listrik [10].

Dalam sistem tenaga listrik, daya listrik merepresentasikan besarnya energi listrik yang digunakan oleh suatu beban. Secara umum, daya listrik terbagi menjadi tiga jenis, yaitu daya aktif (P), daya semu (S), dan daya reaktif (Q).

1. Daya aktif (P)

Daya aktif adalah daya nyata yang benar-benar digunakan oleh beban dan dinyatakan dalam satuan Watt (W). Beban resistif murni merupakan jenis beban yang sepenuhnya memerlukan daya aktif. Energi listrik dapat diubah menjadi bentuk energi lain, seperti panas, cahaya, atau gerak, melalui pemanfaatan daya aktif ini [11]. Daya aktif dihitung menggunakan persamaan (3)

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (3)$$

Dimana P = Daya aktif (Watt)
V = Tegangan (Volt)
I = Arus (Ampere)
 $\cos \phi$ = Faktor daya [12]

2. Daya reaktif (Q)

Daya reaktif pada dasarnya cukup sulit untuk didefinisikan, namun secara sederhana dapat dipahami sebagai daya imajiner (khayal) yang muncul akibat adanya pergeseran fase antara arus dan tegangan akibat penggunaan beban reaktif. Besaran ini dinyatakan dalam satuan Volt Ampere Reactive (VAR) [11]. Daya reaktif dihitung menggunakan persamaan (4).

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (4)$$

Dimana Q = Daya Reaktif (VAR)
V = Tegangan (Volt)
I = Arus (Ampere)
 $\sin \phi$ = Faktor kerja [13]

3. Daya semu (S)

Daya semu atau sering disebut juga daya total (*apparent power*) adalah besaran daya dalam sistem arus bolak-balik (AC) yang sebagian dapat diserap kembali maupun terbuang pada rangkaian. Besarnya daya semu dinyatakan dalam satuan Volt Ampere (VA), yang diperoleh dari hasil perkalian antara tegangan dan arus [11].

D. Kurva Beban

Kurva beban adalah grafik yang menggambarkan besarnya pemakaian daya listrik terhadap waktu tertentu. Berdasarkan rentang waktunya, kurva beban dapat diklasifikasikan menjadi harian, bulanan, dan tahunan. Dalam analisis kurva beban dikenal istilah beban dasar, beban menengah, dan beban puncak. Beban puncak merupakan nilai beban tertinggi yang terjadi selama periode pengamatan pada kurva beban, dan menjadi parameter penting dalam menentukan kapasitas daya listrik yang harus dipasang [13].

Kurva beban tahunan merupakan grafik yang menggambarkan pola pemakaian daya listrik selama periode satu tahun, dengan cuplikan data biasanya ditampilkan dalam skala bulanan. Melalui kurva ini dapat diamati variasi kebutuhan beban pada musim yang berbeda. Sementara itu, kurva beban bulanan menampilkan fluktuasi beban listrik dalam jangka waktu satu bulan, biasanya ditunjukkan per minggu. Adapun kurva beban harian menunjukkan perubahan beban dari jam ke jam dalam satu hari, sehingga dapat diketahui kapan beban puncak terjadi [14].

E. Faktor Daya ($\cos \phi$)

Faktor daya, yang sering dinyatakan sebagai $\cos \phi$, didefinisikan sebagai perbandingan antara daya aktif dengan daya semu, atau dapat pula dipahami sebagai rasio arus kerja pada suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk ke rangkaian listrik tersebut. Ketika komponen daya reaktif meningkat, sudut ϕ juga bertambah, sehingga faktor daya menurun. Nilai faktor daya sendiri selalu berada pada rentang lebih kecil atau sama dengan satu. Faktor daya dihitung menggunakan persamaan (5) atau persamaan (6).

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} = \frac{\text{Watt}}{\text{Volt Ampere}} \quad (5)$$

$$\frac{V \cdot I \cdot \cos \phi}{V \cdot I} = \cos \phi \quad (6)$$

Dalam sistem tenaga listrik, faktor daya dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu faktor daya *unity*, faktor daya terbelakang (*lagging*), dan faktor daya mendahului (*leading*), yang masing-masing dipengaruhi oleh karakteristik jenis bebannya [9].

Faktor daya *unity* (bernilai satu) terjadi ketika nilai $\cos \phi$ sama dengan 1, yaitu kondisi di mana tegangan sumber berada sefasa dengan arus yang mengalir ke beban. Kondisi ini umumnya ditimbulkan oleh beban resistif murni. Sementara itu, faktor daya terbelakang (*lagging*) muncul akibat penggunaan beban dengan karakteristik induktif, sedangkan faktor daya mendahului (*leading*) terjadi apabila beban yang digunakan bersifat kapasitif [15].

Magnetika

F. Standar Faktor Daya

Berdasarkan SPLN 70-1:1985 faktor daya minimum ditetapkan sebesar 85% atau 0,85 [16]. Dalam Lampiran Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2011 [17], Pelanggan dengan daya besar, seperti golongan R-3/TR (≥ 6600 VA), diwajibkan mempertahankan nilai faktor daya tersebut. Apabila rata-rata faktor daya bulanan tercatat di bawah 0,85, maka pelanggan dikenakan biaya tambahan akibat pemakaian daya reaktif (kVARh). Regulasi ini bertujuan untuk menjaga efisiensi penyaluran energi listrik, mengurangi beban reaktif yang tidak diperlukan, serta meminimalkan kerugian teknis pada jaringan distribusi PLN.

G. Harmonisa

Harmonisa merupakan fenomena yang muncul akibat adanya distorsi periodik pada bentuk gelombang sinusoidal, yang umumnya ditimbulkan oleh pengoperasian beban listrik nonlinier. Gelombang yang terdistorsi tersebut dapat direpresentasikan sebagai penjumlahan beberapa gelombang sinusoidal dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Dengan kata lain, frekuensi harmonisa adalah hasil kali bilangan bulat dengan frekuensi dasar. Urutan harmonisa sendiri menunjukkan bilangan bulat pengali dari frekuensi fundamental. Sebagai contoh, pada sistem dengan frekuensi dasar 50 Hz, harmonisa orde kedua muncul pada frekuensi 100 Hz (2×50 Hz), harmonisa orde ketiga pada 150 Hz (3×50 Hz), dan seterusnya. Harmonisa dihitung menggunakan persamaan (7).

$$f_h = n \times f_1 \quad (7)$$

Dimana f_h = frekuensi harmonisa
 f_1 = frekuensi fundamental
 n = angka urutan harmonisa

Penggunaan beban nonlinier berbasis perangkat elektronika merupakan salah satu penyebab utama timbulnya harmonisa. Jenis beban ini umumnya menggunakan penyearah dan komponen semikonduktor, yang dalam pengoperasiannya menghasilkan bentuk arus dan tegangan tidak sinusoidal demi mencapai efisiensi serta penghematan energi listrik. Pada interval tertentu, arus hanya mengalir melalui komponen semikonduktor tersebut. Namun, kondisi ini juga menimbulkan distorsi pada gelombang arus dan tegangan yang dapat memengaruhi performa peralatan listrik lainnya [4].

Total Harmonic Distortion (THD) merupakan parameter untuk menyatakan efek dari harmonisa pada berbagai peralatan. THD tegangan dihitung menggunakan persamaan (8).

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad (8)$$

THD = total harmonic distortion (%)
 V_h = nilai tegangan harmonik ke-h (V)
 V_1 = nilai tegangan frekuensi dasar (V)

THD arus dihitung menggunakan persamaan (9).

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad (9)$$

dimana:

THD = total harmonic distortion (%)
 I_h = nilai arus harmonik ke-h (A)
 I_1 = nilai arus frekuensi dasar (A) [18]

H. Standar Harmonisa

Berdasarkan IEEE Std 519-2014,[19] harmonisa arus dibatasi untuk menjaga kualitas daya listrik pada titik sambung pelanggan (PCC). Distorsi harmonisa arus, atau *Total Demand Distortion* (TDD), ditentukan berdasarkan rasio antara arus hubung singkat (I_{sc}) dan arus beban maksimum (I_L). Misalnya, untuk sistem 120 V–69 kV, jika rasio $I_{sc}/I_L < 20$, TDD maksimal 5%; rasio 20–50, TDD hingga 8%; 50–100, TDD 12%; 100–1000, TDD 15%; dan >1000 , TDD maksimum 20%. Harmonisa arus orde genap dibatasi 25% dari harmonisa ganjil, dan distorsi yang menimbulkan offset DC tidak diperbolehkan.

Selain itu, untuk parameter harmonisa tegangan, standar menetapkan bahwa nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) harus disesuaikan dengan level tegangan sistem. Pada sistem dengan tegangan ≤ 1 kV, THD diizinkan maksimal sebesar 8%. Untuk rentang tegangan 1–69 kV, nilai THD dibatasi hingga 5%. Sementara itu, pada sistem dengan tegangan 69–161 kV, batas maksimum THD adalah 2,5%. Adapun untuk sistem dengan tegangan lebih dari 161 kV, THD tidak boleh melampaui 1,5%, namun diberikan toleransi hingga 2% apabila penyimpangan berasal dari terminal HVDC [19].

I. MATLAB Simulink

MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah perangkat lunak komputasi numerik dan pemrograman matematis berbasis matriks yang dikembangkan oleh MathWorks, dengan fungsi-fungsi dasarnya ditulis menggunakan bahasa C++ dan assembler. MATLAB mendukung pemrograman lanjutan dengan fungsi bawaan untuk pengolahan sinyal, aljabar linier, dan perhitungan matematis, serta menyediakan *toolbox* khusus untuk aplikasi tertentu. Sifat *extensible* pada MATLAB memungkinkan pengguna menambahkan fungsi baru ke dalam pustaka yang tersedia [20]. MATLAB memiliki paket tambahan Simulink yang mendukung pemodelan grafis dan simulasi sistem dinamik berbasis model [21]. Simulink adalah fitur MATLAB yang menyediakan lingkungan pemodelan berbasis diagram blok [22]. Simulink adalah paket aplikasi dalam MATLAB

Magnetika

yang menyediakan lingkungan berbasis diagram blok untuk pemodelan, simulasi, dan analisis sistem dinamik. Dengan pendekatan visual, Simulink memungkinkan pengguna merancang model secara interaktif dan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik sistem yang disimulasikan [23].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif melalui pemodelan sistem kelistrikan rumah tangga menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink. Tahapan penelitian terdiri dari observasi awal, perancangan model, simulasi, pengumpulan data, serta analisis hasil.

1. Observasi Awal

Tahap ini meliputi pengumpulan data terkait karakteristik beban listrik pada rumah tangga yang menjadi objek penelitian. Data pemakaian beban harian rumah tangga diperoleh melalui observasi langsung pada empat sampel rumah dengan kapasitas daya 450 VA, 900 VA, 1300 VA, dan 2200 VA. Observasi dilakukan dengan cara:

- Mengidentifikasi seluruh peralatan listrik pada masing-masing rumah.
- Mencatat nominal daya dari nameplate dan pengukuran.
- Mencatat waktu pemakaian setiap peralatan dari jam 00.00–24.00 melalui survei aktivitas harian penghuni
- Mengambil data faktor daya dan THDi dari referensi empiris penelitian sebelumnya.
- Data 24 jam yang telah dikumpulkan kemudian dimasukkan ke Simulink melalui blok Signal Builder sebagai acuan untuk mensimulasikan pola konsumsi beban rumah tangga.

Dengan demikian, data ON/OFF beban diperoleh dari observasi langsung, nilai $\cos \phi$, THDi diasumsikan dari referensi empiris dan literatur.

2. Perancangan Model

Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan perancangan model simulasi menggunakan MATLAB Simulink. Tahap ini meliputi penyusunan blok-blok simulink yang sesuai untuk merepresentasikan sistem kelistrikan rumah tangga. Pada penelitian ini, pemodelan sistem kelistrikan rumah tangga dilakukan menggunakan MATLAB Simulink berbasis blok fisis (physical modeling). Pemodelan dimulai dengan penggunaan blok AC Voltage Source 220 V – 50 Hz sebagai representasi suplai listrik dari PLN. Setiap peralatan rumah tangga dimodelkan menggunakan blok Parallel RLC Load, di mana parameter resistansi (R), induktansi (L), dan kapasitansi (C) dihitung berdasarkan daya aktif (P), faktor daya ($\cos \phi$), serta nilai THDi yang diperoleh dari referensi empiris.

Variasi pemakaian beban dalam kurun waktu 24 jam dimodelkan menggunakan Signal Builder yang mengatur kondisi ON/OFF setiap beban sesuai hasil observasi lapangan. Proses pengukuran parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, serta harmonisa dilakukan melalui blok Voltage Measurement, Current Measurement, RMS Measurement, Power Measurement, dan FFT Analysis. Simulasi kemudian dijalankan untuk durasi 24 jam waktu model yang telah dipetakan ke kondisi nyata melalui mekanisme time mapping pada Signal Builder, sehingga profil pembebanan harian rumah tangga dapat direpresentasikan secara akurat.

3. Pengujian Model

Model yang telah dibangun kemudian diuji untuk memastikan tidak terdapat kesalahan dalam perancangan dan untuk mengevaluasi kinerja simulasi dalam merepresentasikan sistem kelistrikan.

4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, hasil simulasi dicatat dan dikumpulkan untuk dianalisis, termasuk parameter daya, tegangan, arus, dan harmonisa.

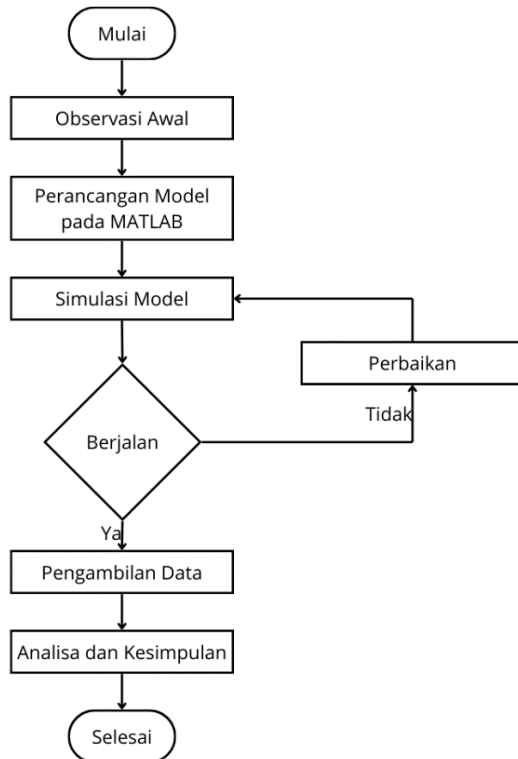
5. Analisis dan Kesimpulan

Hasil simulasi dianalisis dengan memperhatikan grafik kurva beban, tegangan kerja, faktor daya, serta total harmonisa arus dan tegangan, untuk menarik kesimpulan terkait karakteristik kelistrikan rumah tangga.

Magnetika

A. Alur Penelitian

Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, penelitian diawali dengan observasi awal pada empat sampel rumah tangga dengan kapasitas daya 450 VA, 900 VA, 1300 VA, dan 2200 VA. Data yang dikumpulkan meliputi jenis dan jumlah perangkat elektronik, daya aktif (P), daya semu (S), daya reaktif (Q), tegangan (V), arus (I), faktor daya ($\cos \phi$), serta *total harmonic distortion* (THD) arus yang dihasilkan. Tahap berikutnya adalah perancangan model menggunakan MATLAB Simulink dengan blok sumber tegangan, blok beban, dan blok pengukuran. Model diuji melalui simulasi 24 jam dengan skenario variasi penggunaan beban berdasarkan pola pemakaian beban rumah tangga. Pemakaian beban 24 jam disimulasikan menggunakan blok Signal Builder, di mana setiap beban dimasukkan pola ON/OFF berdasarkan hasil observasi lapangan. Setiap interval 30 menit sampai 1 jam direpresentasikan sebagai perubahan level sinyal yang mengendalikan *breaker* atau *ideal switch*. Dengan demikian, Simulink menjalankan simulasi kontinu menggunakan parameter beban yang berubah sesuai timeline 24 jam. Simulasi 24 jam tidak menggunakan waktu aktual 24 jam, tetapi dipetakan ke waktu simulasi. Misalnya: 1 detik waktu simulasi = 1 jam waktu nyata,

sehingga simulasi berjalan selama 24 detik. Mapping ini memudahkan perubahan beban tanpa membutuhkan runtime panjang.

B. Beban Yang Digunakan

Beban-beban yang digunakan pada penelitian ini merupakan beban-beban yang umum digunakan dalam kegiatan rumah tangga sehari-hari. Beban-beban ini didapatkan dari hasil observasi langsung pada masing-masing sampel rumah tangga. Data beban rumah tangga yang akan digunakan dalam simulasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Beban

No.	Beban	Kondisi	Daya (Watt)
1.	Rice Cooker	1	350
2.	Rice Cooker	2	38
3.	Pompa Air A	1	290
4.	Pompa Air B	1	550
5.	Pompa Kolam	1	60
6.	Kulkas	1	85
7.	Lampu LED A	1	15,92
8.	Lampu LED B	1	5
9.	Kipas Angin	1	55
10.	Air Conditioner (AC)	1	360
11.	Mesin Cuci	1	310
12.	Setrika	1	350
13.	TV LED	1	74

Beban-beban yang tertera pada Tabel 1 selanjutnya dimodelkan menggunakan MATLAB Simulink. Pemodelan dilakukan menurut pada beban yang ada pada masing-masing sampel rumah tangga. Setiap beban menunjukkan beberapa kondisi operasi saat menggunakan energi listrik. Sebagai contoh, *rice cooker* memiliki dua kondisi, yaitu kondisi 1 saat memasak nasi dan kondisi 2 saat menghangatkan nasi.

Magnetika

C. Faktor Daya dan THDi Beban Rumah Tangga

Di bawah ini merupakan data $\cos \phi$ dan *Total Harmonic Distortion* pada arus (THDi) beban-beban listrik rumah tangga seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data $\cos \phi$ dan THDi Beban

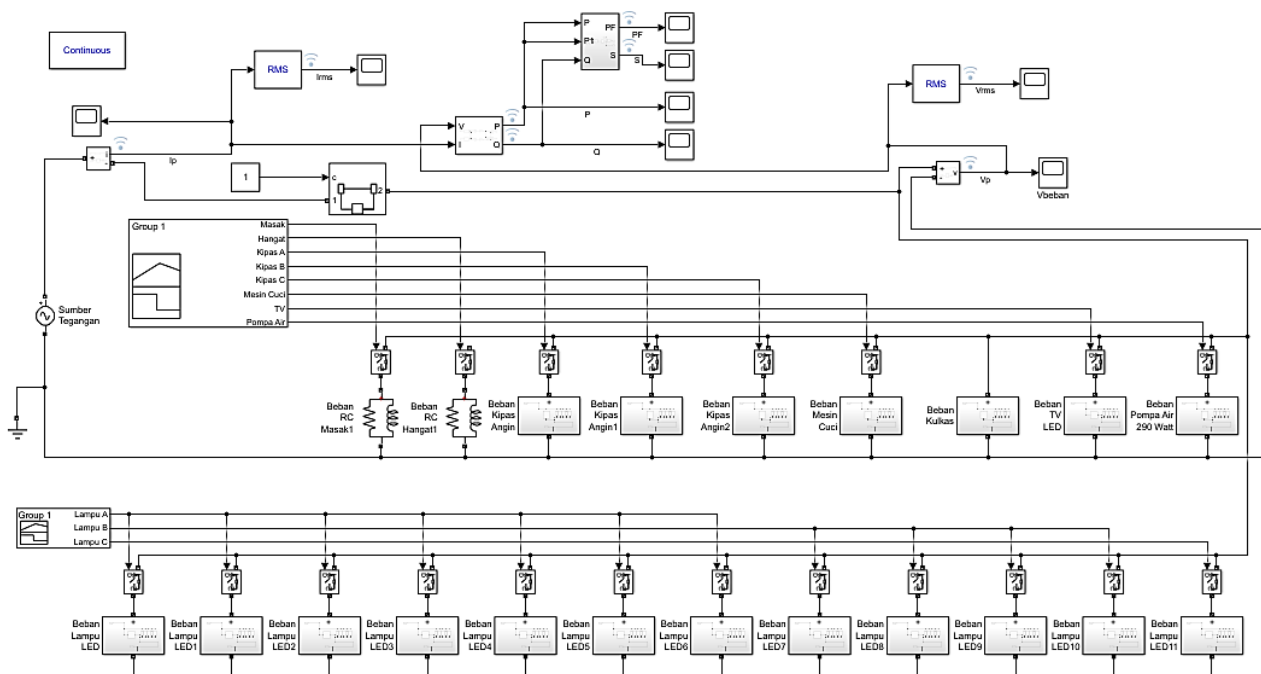
No.	Beban	$\cos \phi$	THDi
1.	Rice Cooker	0,98	1,63
2.	Pompa Air	0,98	10,03
3.	Pompa Kolam	0,98	10,63
4.	Kulkas	0,56	7,60
5.	Lampu LED A	0,6	125,53
6.	Kipas Angin	0,54	11,20
7.	Air Conditioner (AC)	0,46	22,73
8.	Mesin Cuci	0,89	7,85
9.	Setrika	1	2,04
10.	TV LED	0,6	125,53

Data pada Tabel 2 merupakan referensi dari penelitian sebelumnya yang membahas faktor daya dan harmonisa Gambar 2.

beban-beban listrik rumah tangga[24]. Data ini yang selanjutnya dijadikan acuan dalam pemodelan beban listrik rumah tangga.

D. Model Simulink Kelistrikan Rumah Tangga

Berikut ini adalah model Simulink kelistrikan rumah tangga yang ditunjukkan pada



Gambar 2. Model Simulink Kelistrikan Rumah Tangga

Model simulasi pada

Gambar 2 terdiri dari beberapa jenis blok, yaitu blok sumber tegangan, blok pengukuran, dan blok beban. Blok-blok yang digunakan mencakup AC Voltage Source, Ground, Parallel RLC Load, AC Current Source, Powergui, Signal Builder, Breaker, Ideal

Gambar 2 untuk merepresentasikan sistem kelistrikan rumah tangga. Pemodelan kelistrikan masing-masing sampel rumah hampir sama, perbedaannya terletak pada beban yang digunakan.

IV. HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini dipaparkan hasil dan analisis simulasi sistem kelistrikan rumah tangga menggunakan MATLAB Simulink. Simulasi dilakukan dengan merepresentasikan beban listrik harian rumah tangga berkapasitas daya 450 VA, 900 VA, 1300 VA, dan 2200 VA. Data hasil simulasi kemudian dianalisis untuk menilai variasi konsumsi daya, perubahan faktor daya, serta pengaruh distorsi harmonisa terhadap kualitas daya listrik dalam periode 24 jam.

A. Rumah Daya 450 VA

Pada rumah dengan daya 450 VA diperoleh hasil seperti yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi Kelistrikan Rumah Tangga Daya 450 VA

Jam	Daya (Watt)	Cos ϕ	THDi (%)
3.00 - 3.30	147,74	0,69	69,26
3.30 - 4.00	382,54	0,95	42,86
4.00 - 5.00	93,33	0,79	121,75
5.00 - 5.30	47,08	0,99	32,02
5.30 - 6.00	396,16	0,99	3,92
6.00 - 6.30	47,10	0,99	32,03
6.30 - 7.00	358,84	0,98	4,24
7.00 - 10.30	47,08	0,99	32,04
10.30 - 15.00	210,48	0,62	10,01
15.00 - 17.00	47,09	0,99	32,03
17.00 - 20.00	233,03	0,66	148,37
20.00 - 21.00	288,22	0,64	116,15
21.00 - 3.00	116,95	0,71	39

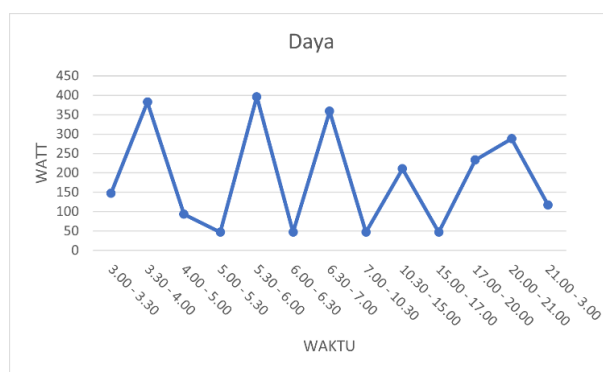
Berdasarkan Tabel 3, konsumsi daya rumah tangga 450 VA bervariasi sepanjang hari sesuai dengan pola penggunaan beban. Pada jam 3.30–4.00 beban meningkat hingga 382,54 W dengan faktor daya 0,9467 dan THDi relatif rendah (42,86%). Sebaliknya, pada jam 17.00–20.00, daya mencapai 233,02 W dengan faktor daya rendah (0,6642) dan THDi sangat tinggi (148,37%), menunjukkan dominasi beban nonlinier pada periode tersebut.

Faktor daya rata-rata rumah tangga 450 VA berkisar antara 0,62–0,99. Nilai faktor daya tertinggi terjadi pada jam 5.30–6.00 dengan 0,9998, sementara yang terendah pada jam 10.30–15.00 dengan 0,6222. Hal ini mengindikasikan adanya periode tertentu di mana konsumsi daya cenderung tidak efisien akibat penggunaan peralatan dengan komponen induktif tinggi.

Switch, Current Measurement, Voltage Measurement, Power, RMS, Scope, Math Function, Add, Sqrt, dan Divide. Blok-blok tersebut disusun membentuk rangkaian seperti yang ditunjukkan pada

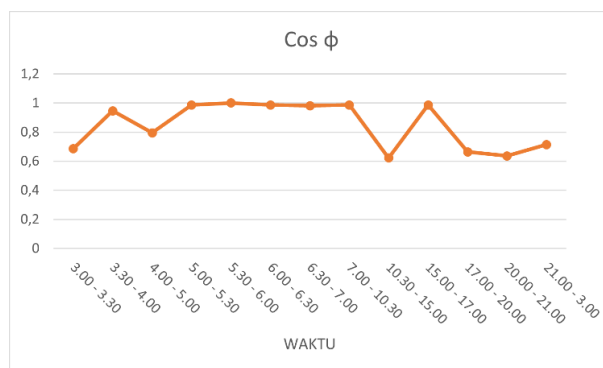
Distorsi harmonisa arus (THDi) sangat bervariasi dan mencapai nilai tertinggi 148,37% pada jam beban puncak sore hari. Nilai ini jauh melebihi standar IEEE 519-2014 yang membatasi THDi antara 5–20%, menandakan bahwa rumah tangga dengan kapasitas 450 VA sangat rentan terhadap masalah kualitas daya akibat penggunaan beban nonlinier.

Dari data pada Tabel 3, kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan tren perubahan daya, faktor daya, dan THDi rumah daya 450 VA selama periode simulasi. Grafik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 3 yang merupakan grafik daya, Gambar 4 yang merupakan grafik faktor daya, dan Gambar 5 yang merupakan grafik THD arus.



Gambar 3. Grafik Daya Rumah 450 VA

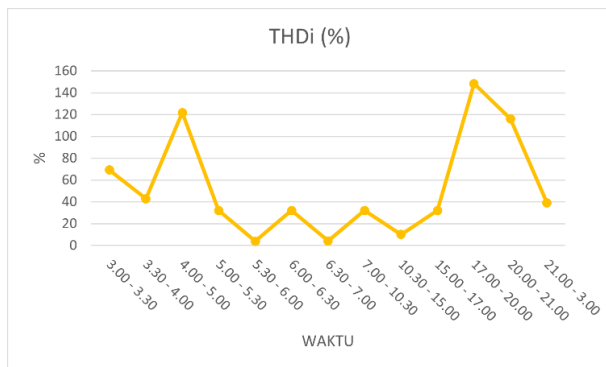
Berdasarkan Gambar 3, grafik konsumsi daya rumah 450 VA menunjukkan dua periode penting, yaitu puncak pada 03.30–04.00 sebesar 382,54 W dan pada 17.00–20.00 sebesar 233,03 W, sedangkan beban terendah tercatat pada 04.00–05.00 sebesar 93,33 W. Hal ini mencerminkan pola aktivitas pagi dan sore yang meningkatkan kebutuhan energi listrik.



Gambar 4. Grafik Faktor Daya Rumah 450 VA

Berdasarkan Gambar 4, faktor daya rumah 450 VA berfluktuasi antara 0,62–0,99. Nilai tertinggi dicapai pada 05.30–06.00 dengan $\cos \phi$ 0,9998, sedangkan nilai terendah terjadi pada 10.30–15.00 sebesar 0,6222. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun sistem dapat beroperasi

mendekati efisien, pada periode siang faktor daya menurun karena beban induktif lebih dominan.



Gambar 5. Grafik THD Arus Rumah Daya 450 VA

Berdasarkan Gambar 5, distorsi harmonisa arus (THDi) rumah 450 VA bervariasi signifikan, dengan nilai terendah 3,92% pada 05.30–06.00 dan nilai tertinggi 148,37% pada 17.00–20.00. Lonjakan ini menandakan beban nonlinier memberikan dampak besar pada kualitas daya terutama pada sore hari.

B. Rumah Daya 900 VA

Pada rumah dengan daya 900 VA diperoleh hasil seperti yang tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Kelistrikan Rumah Tangga Daya 900 VA

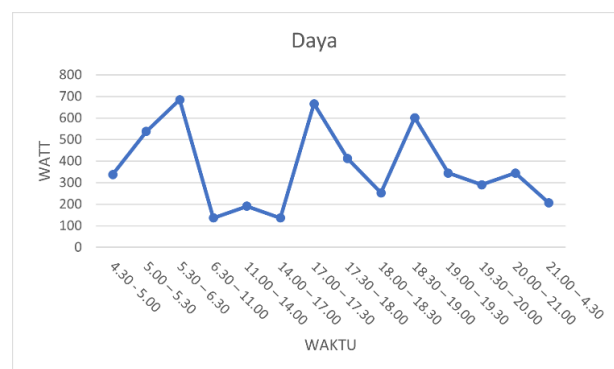
Jam	Daya (Watt)	Cos ϕ	THDi (%)
4.15 - 4.30	230,50	0,58	62,11
4.30 - 5.30	176,20	0,59	81,15
5.30 - 6.00	448,10	0,91	5,63
6.00 - 7.00	99,01	0,60	16,64
7.00 - 7.30	388,17	0,90	13,33
7.30 - 8.00	99,02	0,60	16,64
8.00 - 9.30	407,88	0,81	10,52
9.30 - 13.00	99,07	0,60	16,64
13.00 - 15.00	153,53	0,57	12,66
15.00 - 15.30	99,05	0,560	16,64
15.30 - 16.00	387,99	0,90	13,33
16.00 - 17.00	223,06	0,58	45,05
17.00 - 17.30	407,85	0,58	98,17
17.30 - 18.00	393,25	0,58	80,77
18.00 - 21.30	447,41	0,57	71,15
21.30 - 4.15	168,78	0,58	26,03

Berdasarkan Tabel 4, konsumsi daya rumah tangga 900 VA menunjukkan variasi yang cukup signifikan sepanjang hari. Pada jam 5.30–6.00, beban meningkat hingga 448,10 W dengan faktor daya 0,9101 dan THDi sangat rendah (5,63%), menandakan operasi sistem yang efisien dengan kualitas arus yang cukup baik. Sebaliknya, pada jam 17.00–17.30, beban mencapai 407,85 W dengan faktor daya rendah (0,5844) dan THDi sangat tinggi (98,17%), mengindikasikan dominasi beban nonlinier pada periode sore hari.

Faktor daya rata-rata rumah tangga 900 VA berkisar antara 0,57–0,91. Nilai tertinggi tercatat pada jam 5.30–6.00 dengan 0,9101, sedangkan nilai terendah terjadi pada jam 18.00–21.30 dengan hanya 0,5706. Variasi ini menunjukkan bahwa meskipun rumah dengan kapasitas lebih besar memiliki peralatan yang lebih banyak, tetap terdapat periode dengan efisiensi rendah akibat penggunaan peralatan induktif dan nonlinier secara bersamaan.

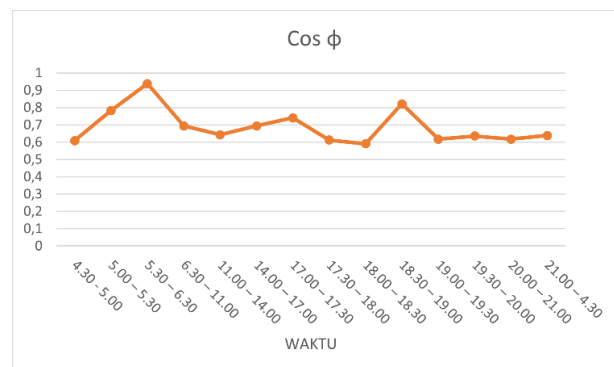
Distorsi harmonisa arus (THDi) sangat bervariasi, dengan nilai tertinggi mencapai 98,17% pada beban puncak sore hari. Angka ini masih jauh melebihi standar IEEE 519-2014 yang hanya memperbolehkan antara 5–20%, sehingga rumah tangga daya 900 VA juga rentan terhadap masalah kualitas arus.

Dari data pada Tabel 4, kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan tren perubahan daya, faktor daya, dan THDi rumah daya 900 VA selama periode simulasi. Grafik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 6 yang merupakan grafik daya, Gambar 7 yang merupakan grafik faktor daya, dan Gambar 8 yang merupakan grafik THD arus.



Gambar 6. Grafik Daya Rumah 900 VA

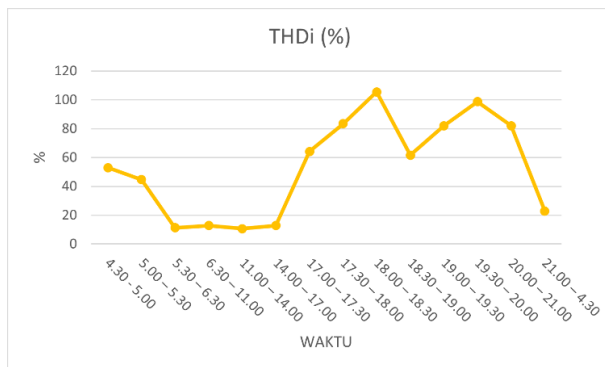
Berdasarkan Gambar 6, grafik konsumsi daya rumah 900 VA menunjukkan puncak konsumsi pada 05.30–06.00 sebesar 448,10 W, sedangkan beban minimum terjadi pada 06.00–07.00 dengan daya 99,01 W. Pola ini menggambarkan adanya lonjakan penggunaan listrik pada pagi hari dan konsumsi rendah menjelang siang.



Gambar 7. Grafik Faktor Daya Rumah 900 VA

Berdasarkan Gambar 7, faktor daya rumah 900 VA bervariasi antara 0,57–0,91. Nilai tertinggi tercatat pada 05.30–06.00 sebesar 0,9101, sedangkan nilai terendah

terjadi pada 18.00–21.30 dengan $\cos \phi$ sekitar 0,5706. Kondisi ini memperlihatkan efisiensi tertinggi pada pagi hari dan penurunan kualitas pada malam hari.



Gambar 8. Grafik THD Arus Rumah Daya 900 VA

Berdasarkan Gambar 8, distorsi harmonisa arus (THDi) rumah 900 VA berfluktuasi cukup besar, dengan nilai minimum 5,63% pada 05.30–06.00 dan maksimum 98,17% pada 17.00–17.30. Peningkatan harmonisa pada Gambar 7 sore hari jelas dipengaruhi oleh penggunaan peralatan nonlinier.

C. Rumah Daya 1300 VA

Pada rumah dengan daya 1300 VA diperoleh hasil seperti yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Simulasi Kelistrikan Rumah Tangga Daya 1300 VA

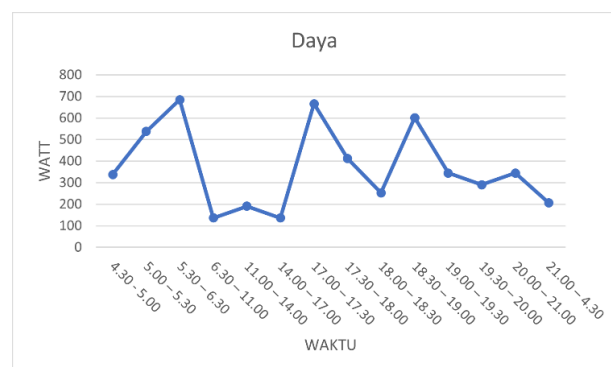
Jam	Daya (Watt)	Cos ϕ	THDi (%)
4.30 - 5.00	337,40	0,61	53,01
5.00 – 5.30	537,53	0,78	44,63
5.30 – 6.30	684,80	0,94	11,23
6.30 – 11.00	136,02	0,69	12,82
11.00 – 14.00	190,51	0,64	10,58
14.00 – 17.00	136,02	0,69	12,82
17.00 – 17.30	666,22	0,74	64,14
17.30 – 18.00	411,87	0,61	83,48
18.00 – 18.30	252,82	0,59	105,48
18.30 – 19.00	601,69	0,82	61,67
19.00 – 19.30	344,64	0,62	82,05
19.30 – 20.00	290,31	0,64	98,69
20.00 – 21.00	344,72	0,62	82,02
21.00 – 4.30	205,89	0,64	22,94

Berdasarkan Tabel 5, konsumsi daya rumah tangga 1300 VA menunjukkan pola fluktuatif sesuai dengan aktivitas pengguna. Pada jam 5.30–6.30, beban meningkat hingga 684,80 W dengan faktor daya tinggi (0,9383) dan THDi rendah (11,23%), menandakan kualitas arus yang baik pada periode tersebut. Sebaliknya, pada jam 18.00–18.30, daya tercatat sebesar 252,82 W dengan faktor daya rendah (0,5912) dan THDi sangat tinggi (105,48%), yang mengindikasikan dominasi beban nonlinier pada waktu penggunaan peralatan rumah tangga di sore hari.

Faktor daya rata-rata rumah tangga 1300 VA berada pada kisaran 0,59–0,94. Nilai tertinggi terjadi pada jam 5.30–6.30 dengan 0,9383, sedangkan yang terendah tercatat pada jam 18.00–18.30 dengan 0,5912. Variasi ini menunjukkan bahwa walaupun kapasitas daya lebih besar, masih terdapat periode dengan efisiensi rendah akibat kombinasi penggunaan peralatan induktif dan beban elektronik nonlinier.

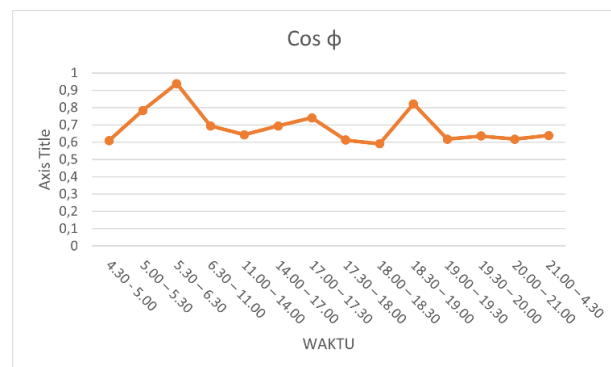
Distorsi harmonisa arus (THDi) bervariasi cukup besar, dengan nilai tertinggi mencapai 105,48% pada jam beban puncak sore hari. Nilai ini jauh melampaui batas standar IEEE 519-2014 (5–20%), menandakan bahwa rumah tangga 1300 VA masih rentan terhadap permasalahan kualitas arus akibat tingginya kandungan harmonisa.

Dari data pada Tabel 5, kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan tren perubahan daya, faktor daya, dan THDi rumah daya 1300 VA selama periode simulasi. Grafik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 9 yang merupakan grafik daya, Gambar 10 yang merupakan grafik faktor daya, dan Gambar 11 yang merupakan grafik THD arus.



Gambar 9. Grafik Daya Rumah 1300 VA

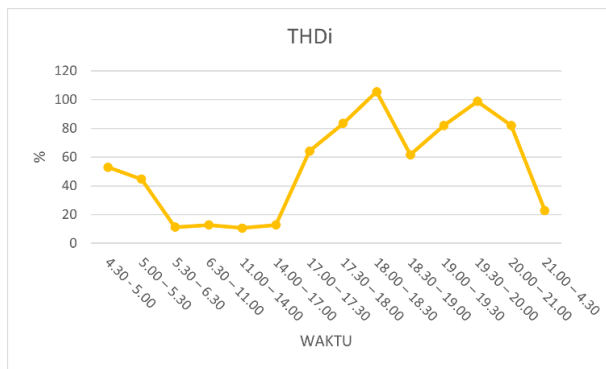
Berdasarkan Gambar 9, grafik konsumsi daya rumah 1300 VA menunjukkan puncak beban pada 05.30–06.30 sebesar 684,80 W, sementara beban terendah terjadi pada 06.30–11.00 dan 14.00–17.00 dengan daya hanya 136,02 W. Pola ini menegaskan adanya perbedaan signifikan antara jam aktivitas pagi dan siang.



Gambar 10. Faktor Daya Rumah 1300 VA

Berdasarkan Gambar 10, faktor daya rumah 1300 VA tertinggi tercatat 0,9383 pada 05.30–06.30, sedangkan nilai terendah 0,5912 pada 18.00–18.30. Kondisi ini

memperlihatkan bahwa beban induktif sore hari sangat berpengaruh terhadap menurunnya efisiensi sistem.



Gambar 11. Grafik THD Arus Rumah 1300 VA

Berdasarkan Gambar 11, distorsi harmonisa arus (THDi) rumah 1300 VA cukup bervariasi, dengan nilai rendah 10,58% pada 11.00–14.00 dan nilai tertinggi 105,48% pada 18.00–18.30. Lonjakan harmonisa pada sore hari ini menandakan penggunaan beban nonlinier yang dominan.

D. Rumah Daya 2200 VA

Pada rumah dengan daya 2200 VA diperoleh hasil seperti yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Simulasi Kelistrikan Rumah Tangga Daya 2200 VA

Jam	Daya (Watt)	Cos ϕ	THDi (%)
4.30 – 5.00	1069,43	0,52	30,53
5.00 – 5.30	350,94	0,69	91,34
5.30 – 6.00	313,57	0,66	97,23
6.00 – 6.30	449,06	0,91	5,44
6.30 – 7.00	137,45	0,70	13,66
7.00 – 8.00	426,60	0,91	12,07
8.00 – 9.00	446,36	0,83	9,65
9.00 – 11.00	137,45	0,70	13,65
11.00 – 14.00	246,37	0,62	9,88
14.00 – 17.00	137,46	0,70	13,65
17.00 – 18.00	388,95	0,68	96,44
18.00 – 21.00	1102,60	0,52	33,08
21.00 – 4.30	959,92	0,51	17,54

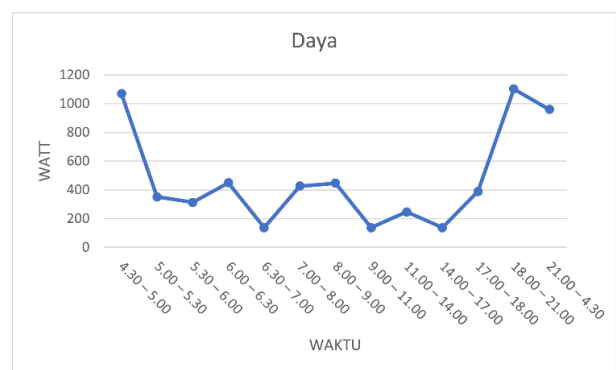
Berdasarkan Tabel 6, konsumsi daya rumah tangga 2200 VA memperlihatkan variasi yang signifikan sepanjang hari. Pada jam 6.00–6.30, daya tercatat sebesar 449,06 W dengan faktor daya tinggi (0,9104) dan THDi sangat rendah (5,44%), menunjukkan operasi sistem yang efisien dengan kualitas arus yang baik. Sebaliknya, pada jam 5.30–6.00, beban sebesar 313,57 W dicapai dengan faktor daya rendah (0,6597) dan THDi sangat tinggi (97,23%), yang menandakan adanya dominasi beban nonlinier pada periode tersebut.

Faktor daya rata-rata rumah tangga 2200 VA berkisar antara 0,51–0,91. Nilai tertinggi terjadi pada jam 6.00–6.30

dengan 0,9104, sedangkan yang terendah tercatat pada jam 21.00–4.30 dengan 0,5141. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kapasitas daya lebih besar, tetap terdapat periode dengan efisiensi rendah akibat penggunaan beban induktif dan elektronik secara bersamaan, terutama pada malam hari.

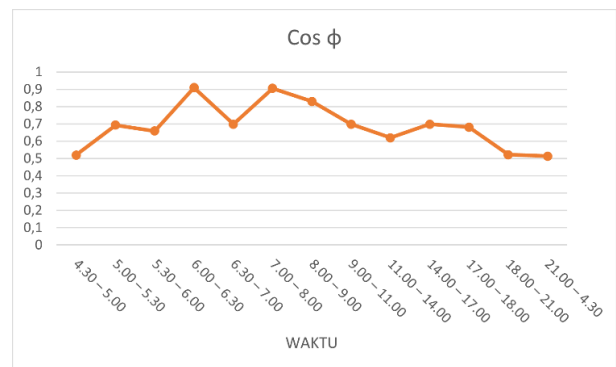
Distorsi harmonisa tegangan (THDv) relatif stabil di kisaran 0,40–0,42%, jauh di bawah ambang batas standar IEEE 519-2014 sebesar 8%, sehingga kualitas tegangan tetap baik. Namun, distorsi harmonisa arus (THDi) menunjukkan variasi yang cukup besar, dengan nilai tertinggi mencapai 97,23% pada periode pagi hari (jam 5.30–6.00). Nilai ini jauh melebihi batas standar IEEE 519-2014 (5–20%), sehingga rumah tangga 2200 VA juga menghadapi masalah kualitas arus yang serius akibat tingginya kandungan harmonisa.

Dari data pada Tabel 6, kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan tren perubahan daya, faktor daya, dan THDi rumah daya 2200 VA selama periode simulasi. Grafik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 12 yang merupakan grafik daya, Gambar 13 yang merupakan grafik faktor daya, dan Gambar 14 yang merupakan grafik THD arus.



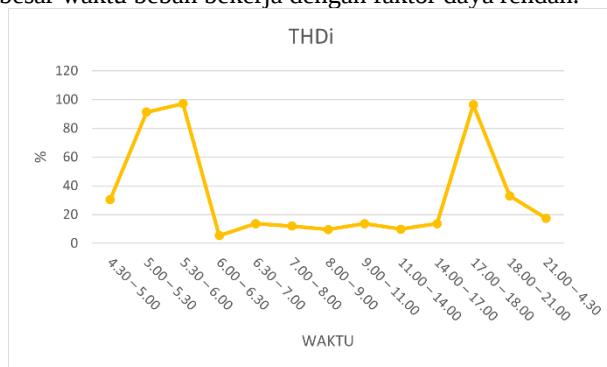
Gambar 12. Grafik Daya Rumah 2200 VA

Berdasarkan Gambar 12 grafik konsumsi daya rumah 2200 VA menunjukkan dua puncak utama, yaitu 04.30–05.00 dengan daya 1.069,43 W dan 18.00–21.00 dengan daya tertinggi 1.102,60 W. Beban terendah muncul pada 06.30–07.00 dan 14.00–17.00 dengan daya 137,45 W. Pola ini menandakan kebutuhan listrik tinggi terjadi pada dini hari dan malam.



Gambar 13. Grafik Faktor Daya Rumah 2200 VA

Berdasarkan Gambar 13 faktor daya rumah 2200 VA berfluktuasi antara 0,51–0,91. Nilai tertinggi dicapai pada 06.00–06.30 sebesar 0,9104, sedangkan nilai terendah 0,5141 tercatat pada 21.00–04.30. Hal ini menegaskan bahwa meskipun ada periode operasi efisien, sebagian besar waktu beban bekerja dengan faktor daya rendah.



Gambar 14. Grafik THD Arus Rumah 2200 VA

Berdasarkan Gambar 14 distorsi harmonisa arus (THDi) rumah 2200 VA menunjukkan nilai minimum 5,44% pada 06.00–06.30 dan nilai maksimum 97,23% pada 05.30–06.00. Selain itu, nilai tinggi lainnya muncul pada 05.00–05.30 sebesar 91,34% dan 17.00–18.00 sebesar 96,44%. Pola ini menunjukkan adanya lebih dari satu periode kritis dengan distorsi arus tinggi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pemodelan sistem kelistrikan rumah tangga dengan kapasitas daya 450 VA – 2200 VA berhasil dilakukan menggunakan MATLAB Simulink. Model dibangun dengan blok *Parallel RLC Load* untuk merepresentasikan karakteristik beban rumah tangga (resistif-induktif), ditambah blok pengukuran tegangan, arus, daya, serta menggunakan *FFT Analysis* untuk pengukuran harmonisa.
2. Pengujian model menunjukkan bahwa simulasi mampu merepresentasikan kondisi nyata rumah tangga berdasarkan data lapangan. Variasi konsumsi daya harian dan faktor daya terlihat sesuai dengan pola penggunaan peralatan rumah tangga.
3. Karakteristik pembebanan memperlihatkan bahwa faktor daya ($\cos \phi$) bervariasi antara 0,46–0,99, masih terdapat periode di bawah standar SPLN 70-1:1985 (0,85). Nilai THDv relatif stabil $< 0,6\%$, namun THDi berfluktuasi besar dan pada beberapa kondisi mencapai $> 100\%$, jauh melebihi standar IEEE 519-2014 (5–20%). Hal ini menunjukkan adanya dominasi beban nonlinier (lampu LED, AC, TV) yang menurunkan kualitas daya listrik.
4. Rumah tangga dengan daya lebih besar (1300 VA dan 2200 VA) cenderung memiliki beban yang lebih beragam, sehingga pola konsumsi daya lebih fluktuatif namun juga menunjukkan dua periode puncak utama: pagi dan sore hari.
5. Rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA menunjukkan nilai faktor daya yang lebih optimal,

sedangkan rumah tangga dengan daya 2200 VA menghasilkan nilai THDi yang lebih baik sesuai dengan standar kelistrikan yang berlaku.

B. Saran

1. Perbaikan faktor daya

Disarankan memasang kapasitor bank atau perangkat kompensator daya reaktif lainnya. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem serta mengurangi rugi-rugi daya yang tidak perlu.

2. Pengendalian harmonisa

Perlu dipertimbangkan pemasangan filter pasif guna mereduksi harmonisa arus yang ditimbulkan oleh beban nonlinier, terutama dari peralatan elektronik modern.

3. Validasi data empiris

Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, penggunaan *Power Quality Analyzer* (PQA) dapat menjadi pelengkap simulasi MATLAB sehingga data lapangan dapat divalidasi dan dibandingkan dengan hasil simulasi.

4. Pengembangan model

Model Simulink yang telah dibangun dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur kompensator faktor daya dan filter harmonisa, sehingga dapat meningkatkan kualitas daya listrik pada sistem kelistrikan rumah tangga.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marhatang, M. Y. Yunus, dan A. Pangkung, “Laporan Akhir Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi,” *Politek. Negeri Ujung Pandang*, 2018.
- [2] M. Dodo, Jufrizel, dan W. P. Hastuti, “Analisa Kelayakan Jaringan Instalasi Kelistrikan untuk Saluran Tegangan Rendah (STR) di Kecamatan Pujud Kabupaten Rokan Hilir,” *El Sains J. Elektro*, vol. 4, no. 1, hal. 57–62, 2022, doi: 10.30996/elsains.v4i1.6830.
- [3] Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, “Statistik Ketenagalistrikan 2023,” 2024.
- [4] Hadi Sugiarto, “Mereduksi Harmonisa Arus Dan Rugi Daya Akibat Beban Non Linier Dengan Memanage Penggunaan Beban Listrik Rumah Tangga,” *Elkha*, vol. 7 No 1, no. 1, hal. 35–7, 2015.
- [5] A. Fahriannur dan Y. Hananto, “Instalasi Sistem Penghematan Energi Listrik Mesin Pendingin di Agen Sosis Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember,” *Inov. J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 3, hal. 403–408, 2023, doi: 10.54082/ijpm.247.
- [6] Atina, “Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis,” *J. Penelit. Fis. dan Ter.*, vol. 1,

- no. 1, hal. 28, 2019, doi: 10.31851/jupiter.v1i1.3123.
- [7] R. Indrianto, “Desain Dan Simulasi Monitoring Daya Sistem Tiga Fasa Menggunakan Matlab Simulink,” *J. Penelit.*, vol. 4, no. 4, hal. 52–60, 2020, doi: 10.46491/jp.v4e4.476.52-60.
- [8] M. Luqman, E. Mandayatma, dan S. Nurcahyo, “Studi Komparasi Unjuk Kerja Inverter 12V-Dc Ke 220 V-Ac Yang Ada Di Pasaran,” *J. Eltek*, vol. 17, no. 1, hal. 95, 2019, doi: 10.33795/eltek.v17i1.135.
- [9] Lisiani, A. Razikin, dan Syaifurrahman, “Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi),” *J. Untan*, vol. 1, no. 3, hal. 1–9, 2020.
- [10] R. Dwi, P. Atmanegara, dan I. Winarno, “2021_Paper Analisa Dan Perbaikan Tegangan Jatuh Pada Sistem Distribusi Listrik KRI Teluk CelukanBawang 532 Menggunakan Kapasitor Bank DanPengaturan Tap Transformer,” vol. 8, no. 2, 2021.
- [11] G. Romadhona, R. Sapundani, B. Novalino, dan W. Prasitio, “Pengukuran dan Analisis Kualitas Daya Listrik di IGD dan IKBS Rumah Sakit Islam Purwokerto,” *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, hal. 20–25, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/cyclotron/article/view/16283/6070>
- [12] Galuh Setiya Maharani, “Skripsi Analisis Kualitas Daya Listrik Pada Industri Kayu Lapis,” hal. 1–87, 2021.
- [13] FANANDI NOOR ILM, “ANALISIS KEANDALAN OPERASI SISTEMPEMBANGKITAN SULAWESI BAGIAN SELATAN BERDASARKAN INDEKS PROBABILITAS KEHILANGAN BEBAN,” *skripsi*, 2022.
- [14] A. Setyawan, *Analisis Susut Energi pada Konduktor Jaringan Tegangan Menengah Berbasis Bentuk Kurva Beban Harian*. 2012. [Daring]. Tersedia pada: <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20308404-S42673 -Ari Setyawan.pdf>
- [15] W. N. Agustianingsih, F. Kurniawan, dan P. Setiawan, “Analisis Ketepatan Pengukur Daya dan Faktor Daya Listrik Berbasis Arduino Uno R3 328P,” *Avitec*, vol. 3, no. 1, hal. 15–27, 2020, doi: 10.28989/avitec.v3i1.794.
- [16] A. T. Ikhwan Yazid, Sapto Nisworo, “Audit Harmonisa Dan Faktor Daya Listrik Pada Konsumen Listrik Rumah Tinggal,” *Pros. Semin. Nas. Ris. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 5, hal. 1–5, 2021.
- [17] Peraturan Pemerintah RI No. 82, “Presiden Republik Indonesia Peraturan Presiden Republik Indonesia,” *Demogr. Res.*, 2011.
- [18] Frensius, E. M. Silalahi, dan R. Purba, “Analisa Deret Fourier Harmonisa Yang Dihasilkan Komputer Dan Laptop Menggunakan Simulasi Matlab/Simulink,” *Lektrokom J. Ilm. Progr. Stud. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, 2023.
- [19] IEEE, “IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992), IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems,” *IEEE Std 519-2014 (Revision IEEE Std 519-1992)*, vol. 2014, hal. 1–29, 2014, [Daring]. Tersedia pada: <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=6826457>
- [20] D. L. Kurniawan, I. Diah PK, dan B. Yan Dewantara, “Analisa Gangguan Belitan Stator Pada Motor Brushless DC Menggunakan Matlab Simulink,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, hal. 1, 2021, doi: 10.22373/crc.v5i1.7692.
- [21] Y. Shalahuddin dan M. Yahya, “Model Simulasi Praktikum Pengukuran Power Faktor Berbasis Matlab/Simulink,” *J. Sist. Telekomun. Elektron. Sist. Kontrol Power Sist. Komput.*, vol. Vol.1 No.2, no. 2, hal. 149–156, 2021.
- [22] F. Kurniawan, Y. Z. Maulana, dan R. F. Christianti, “Sistem Kendali Level Ketinggian Air Berbasis Fuzzy Control Menggunakan Simulink,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 1, hal. 17–30, 2022, doi: 10.31358/techné.v21i1.287.
- [23] J. Sufrianti dan A. Hamzah, “SIMULASI DAN DETEKSI GANGGUAN BELITAN STATOR MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN ARUS STARTING DENGAN MATLAB/SIMULINK,” vol. 4, hal. 1–11, 2017.

- [24] E. M. Silalahi, "Analisa Harmonisa dan Faktor Daya Peralatan Listrik Rumah Tangga Pada Sistem Tegangan Rendah 220 V," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 4, hal. 2545–2556, 2024, doi: 10.70609/gtech.v8i4.5352.

VII. BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Moh. Nurul Arifi lahir di Kediri pada tanggal 31 Agustus 2002. Penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMK Negeri 1 Kras pada tahun 2018 dengan jurusan Teknik Komputer dan Jaringan dan lulus pada tahun 2021. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 di Universitas Islam Kadiri - Kediri, dengan Program Studi Teknik Elektro dan memilih konsentrasi Sistem Tenaga. Selama kuliah penulis aktif mengikuti organisasi prodi dan fakultas. Penulis juga aktif ketika mengerjakan proyek tugas akhir mata kuliah baik kelompok maupun angkatan. Penulis terkadang bekerja serabutan untuk menambah keuangan ketika menjalankan studi Strata 1. Email penulis yaitu arifinurul230@gmail.com