

**ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI
SISTEM KELISTRIKAN ARUS BOLAK-BALIK
DAN PURWARUPA ARUS SEARAH UNTUK
BEBAN RESIDENSIAL**

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S1



Disusun Oleh :

Prisma Sanjaya Putra Sudarmanto

13524071

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI SISTEM KELISTRIKAN ARUS BOLAK-BALIK DAN PURWARUPA ARUS SEARAH UNTUK BEBAN RESIDENSIAL

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

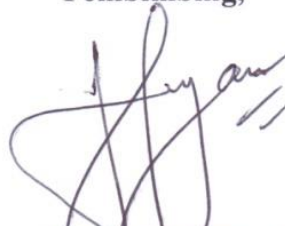
Disusun oleh:

Prisma Sanjaya Putra Sudarmanto
13524071

Yogyakarta, 5 Januari 2018

Menyetujui,

Pembimbing,



Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.
155241302

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 5 Januari 2018



Prisma Sanjaya Putra Sudarmanto

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI SISTEM KELISTRIKAN ARUS BOLAK-BALIK DAN PURWARUPA ARUS SEARAH UNTUK BEBAN RESIDENSIAL

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

Nama : Prisma Sanjaya Putra Sudarmanto

NIM : 13524071

Telah dipertahankan di depan Sidang Penguji sebagai Syarat Untuk
Memperoleh Gelara Sarjana Konsentrasi Ketenagaan Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 19 Januari 2018

Tim Penguji

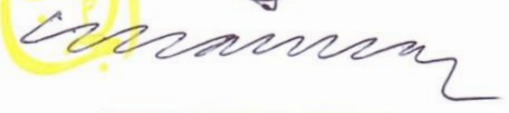
Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.

Ketua



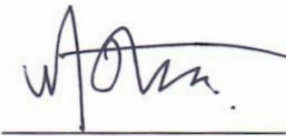
Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng.

Anggota I



Husein Mubarak, S.T., M. Eng.

Anggota II

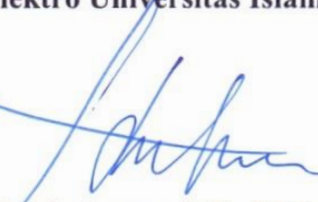


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

NIP. 025200526



KATA PENGANTAR



Assalammualaikum Warrahmatullahi Wabarrakatuh.

Syukur alhamdulillah rabbil'alamin hamba haturkan kepada-Mu Ya Allah Ya Rabb-ku karena hanya dengan limpahan rahmat, ridho dan karunia-Mu lah tugas akhir berjudul “Analisis Perbandingan Efisiensi Sistem Kelistrikan Arus Bolak-balik dan Purwarupa Arus Searah untuk Beban Residensial” ini dapat diselesaikan dengan baik. Tidak lupa sholawat dan salam selalu kita curahkan kepada suri tauladan terbaik kita, Rasulullah Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam bersama para sahabat beliau yang telah Allah muliakan. Semoga kita segenap umat Islam dapat istiqomah dalam ketaatan dan selalu bersemangat menuntut ilmu sehingga mampu mengembalikan kejayaan Islam di masa yang akan datang.

Tugas akhir ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada jurusan Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Penulis sangat menyadari bahwa tugas akhir ini tidak dapat diselesaikan tanpa adanya pertolongan, bimbingan dan dukungan dari semua pihak yang terlibat. Oleh karena itu penulis sampaikan terimakasih banyak kepada :

1. Ibuku Suwarni dan ayahku Adi Sudarmanto (Rahimahullah) orang tua yang sangat saya cintai serta kakakku Aldino Friga dan adikku Alsedo Putri tersayang yang selalu tulus memberikan do'annya, nasehatnya, motivasi semangat dan dukungan lainnya baik moril maupun materiil.
2. Bapak Setyawan Wahyu Pratomo S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan tenaganya untuk membimbing penulis.
3. Bapak Dr. Eng., Hendra Setiawan, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro sekaligus dosen pembimbing akademik penulis.
4. Bapak Wahyudi Budi Pramono S.T., M. Eng. Dan Ibu Ir. Budi Astuti M. Eng. Serta seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Elektro UII yang telah mengajar dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
5. Ridho, Rizal, Sigit, Akbar, Deny, Raka, Rahman, Wahrudin, Rahmat, Damara dan semua saudara seperjuangan teknik elektro 2013 yang telah memberi dukungan dan membantu pengerjaan skripsi ini. Semoga segera menyusul!
6. Sahabat-sahabat dari Alumni SMANSA Samarinda Amedea Cathriona, Irvan, Agil, Ferdy, Chandra dan masih banyak lagi lainnya yang mendukung pengerjaan skripsi ini.

7. Keluarga OSIS SMANSA Samarinda yang selalu solid untuk membantu dan mendo'akan kebaikan-kebaikan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman kelas skripsi pak Wawan yang berjuang bersama penulis. Semoga kalian cepat lulus juga. Semangat ya, selesaikan apa yang sudah kalian mulai!
9. Teman-teman *UNISI Power Research Group* dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu selama masa kuliah.

Semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala membalas seluruh kebaikan kalian dan senantiasa meridhoi kita dalam setiap langkah penuh berkah menuju cita-cita. Amin Allahuma Amin. Adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini adalah karena segala keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan penulis demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 5 Januari 2018

Penulis,



Prisma Sanjaya Putra Sudarmanto

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

AC	= <i>Alternating Current</i>
DC	= <i>Direct Current</i>
W	= Satuan daya (watt)
V	= Satuan tegangan (volt)
Ω	= Satuan resistansi (ohm)
kWh	= Satuan energi listrik (kilo watt <i>hour</i>)
P_{dc}	= Daya di sistem DC (watt)
V_{dc}	= Tegangan DC (volt)
I_{dc}	= Arus DC (ampere)
P_{ac}	= Daya di sistem AC (watt)
V_{ac}	= Tegangan AC (volt)
I_{ac}	= Arus AC (ampere)
$\cos \phi$	= Faktor daya sistem AC
$W_{listrik}$	= Energi listrik (kWh)
η	= Efisiensi sistem (%)
P_{in}	= Daya yang masuk sistem (watt)
P_{out}	= Daya yang keluar sistem (watt)
$P_{loss\ feeder}$	= Rugi-rugi daya di saluran (watt)
$P_{loss\ rectifier}$	= Rugi-rugi daya di penyearah (watt)
R	= Resistansi saluran (ohm)
V_f	= Tegangan bias maju dioda (volt)
I_{rms}	= Arus beban (ampere)
ΔV	= Tegangan jatuh (%)
V1	= Tegangan di titik sumber (volt)
V2	= Tegangan di titik beban (volt)
$W_{listrik\ total}$	= Jumlah total konsumsi energi listrik di sistem (kWh)
$W_{operasi}$	= Konsumsi energi listrik selama beban beroperasi (kWh)
$W_{standby}$	= Konsumsi energi listrik selama beban <i>standby</i> (kWh)
W_{losses}	= Konsumsi energi listrik akibat rugi-rugi di sistem (kWh)
<i>Input</i>	= Masukan
<i>Output</i>	= Keluaran

ABSTRAK

Tugas akhir ini membahas perbandingan efisiensi di sisi beban antara sistem kelistrikan AC 220 volt dan purwarupa sistem kelistrikan DC 220 volt untuk beban listrik jenis residensial. Parameter pembandingan utamanya adalah daya, rugi-rugi dan konsumsi energi listrik pada masing-masing sistem. Perancangan kedua sistem dilakukan dengan cara membuat instalasi listrik untuk beban-beban residensial menggunakan kabel jenis NYM 2x1,5 mm yang memiliki panjang saluran 20 meter dan 50 meter. Catu daya beban residensial untuk sistem AC diperoleh langsung dari tegangan AC 220 volt pada jala-jala PLN. Sementara dalam perancangan purwarupa sistem DC, tegangan DC 220 volt diperoleh dari keluaran *power supply* jenis TH220X03N-220AC sebagai pengganti pembangkit listrik DC untuk mencatu daya beban residensial. Pengujian sistem dilakukan dengan mengukur tegangan, arus dan daya saat beban terhubung secara paralel dengan variasi daya beban dari 0 sampai 600 watt. Berdasarkan hasil pengujian sistem dan perhitungan, purwarupa sistem DC 220 volt dalam kondisi ideal selama satu tahun membutuhkan daya 2.419,37 watt dengan konsumsi energi listrik total mencapai 3.988,87 kWh pertahun dan mengalami rugi-rugi sebesar 276,404 kWh pertahun. Sementara sistem AC 220 volt memerlukan daya 2.450,8 watt pertahun dengan konsumsi energi listrik total selama satu tahun adalah 4.929,992 kWh dan rugi-rugi sebesar 296,855 kWh. Efisiensi konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal adalah 93,07 % sedangkan tingkat efisiensi pada sistem AC 220 volt lebih tinggi 0,9 % dari purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal, yaitu 93,97 %.

Kata Kunci : Sistem DC 220 volt, efisiensi, beban residensial, daya listrik, rugi-rugi daya, konsumsi energi listrik.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Daya	5
2.2.2 Energi Listrik	5
2.2.3 Efisiensi.....	6
2.2.4 Beban Listrik.....	6
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	8
3.1 Diagram Alir Penelitian	8
3.2 Perancangan Sistem Kelistrikan AC dan DC	8
3.3 <i>Power supply</i>	10
3.4 Pengujian Sistem.....	11
3.4.1 Rugi-rugi Daya di Saluran	11
3.4.2 Rugi-rugi Daya di Penyearah	12
3.4.3 Konsumsi Energi Listrik	13
3.4.4 Tegangan Jatuh	14

3.4.5 Daya <i>Input</i> Sistem	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Analisis Daya, Rugi-rugi dan Energi Listrik	15
4.1.1 Sistem AC 220 volt	15
4.1.2 Purwarupa Sistem DC 220 volt	17
4.1.2.1 Kondisi <i>Power Supply</i> Ideal	22
4.1.2.2 Kondisi <i>Power Supply</i> Tidak Ideal	23
4.2 Analisis Perbandingan Sistem AC dan Purwarupa Sistem DC	24
4.2.1 Efisiensi Daya	24
4.2.2 Efisiensi Konsumsi Energi Listrik	25
BAB 5 PENUTUP	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	30
Lampiran 1	30
Lampiran 2	31
Lampiran 3	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	8
Gambar 3.2 Diagram blok perancangan sistem AC 220 volt.....	9
Gambar 3.3 Diagram blok perancangan purwarupa sistem DC 220 volt.....	9
Gambar 3.4 <i>Power supply</i> TH220X03N-220AC	10
Gambar 3.5 Rangkaian listrik sederhana dengan sumber AC.....	11
Gambar 3.6 Rangkaian listrik sederhana dengan sumber DC.....	12
Gambar 4.1 Persentase konsumsi energi listrik di sistem AC 220 volt	17
Gambar 4.2 Persentase energi pada purwarupa sistem DC kondisi ideal	22
Gambar 4.3 Persentase energi pada purwarupa sistem DC kondisi tidak ideal	23
Gambar 4.4 Perbandingan konsumsi energi listrik setiap sistem.....	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Profil beban residensial	7
Tabel 3.1 Nilai resistansi dan induktansi kawat konduktor NYM	10
Tabel 4.1 Efisiensi, daya dan tegangan jatuh pada sistem AC 220 volt	15
Tabel 4.2 Konsumsi energi listrik pada sistem AC 220 volt.....	16
Tabel 4.3 Daya pada purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal	18
Tabel 4.4 Daya pada purwarupa sistem DC 220 volt kondisi tidak ideal	18
Tabel 4.5 Konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi <i>power supply</i> ideal	20
Tabel 4.6 Konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi <i>power supply</i> tidak ideal	21
Tabel 4.7 Efisiensi daya setiap sistem.....	24
Tabel 4.8 Efisiensi konsumsi energi listrik setiap sistem.....	26

LAMPIRAN

Spesifikasi <i>power supply</i> TH220X03N-220AC.....	29
Hasil pengukuran pada sistem AC 220 volt.....	30
Hasil pengukuran pada purwarupa sistem DC 220 volt.....	31

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem tenaga listrikan seperti pembangkit listrik, saluran transmisi dan distribusi dapat terdiri dari arus bolak-balik atau *alternating current* (AC) yang biasa disebut sebagai sistem AC, arus searah atau *direct current* (DC) yang biasa disebut dengan sistem DC ataupun gabungan antara keduanya yaitu sistem AC dan DC. Umumnya, seluruh sistem tenaga listrik yang ada di Indonesia menggunakan sistem AC. Padahal, mayoritas pelanggan merupakan beban jenis residensial yang memerlukan catu daya listrik DC untuk peralatan listrik di rumah-rumah seperti laptop, *printer*, lampu penerangan dengan teknologi *LED*, *TV LED* dan *smartphone* [1].

Pesatnya perkembangan teknologi mengakibatkan permintaan konsumsi energi listrik di sisi beban semakin meningkat. Sehingga diperlukan penyesuaian teknologi sistem tenaga listrik untuk mengantisipasinya. Sementara sistem AC saat ini memiliki beberapa kelemahan, yaitu :

1. Pada saluran transmisi, sistem AC membutuhkan tiga buah kawat konduktor untuk menyalurkan daya listrik tiga fasa. Dimana jika semakin panjang saluran tersebut maka rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi semakin besar [2].
2. Terdapat perbandingan antara daya aktif dengan daya semu yang disebut faktor daya. Faktor daya bisa bernilai lebih kecil atau sama dengan satu. Faktor daya yang rendah akan mengakibatkan naiknya arus beban dan suhu tinggi dalam sistem [3]. Nilai faktor daya tersebut dipengaruhi oleh beban induktif dan beban kapasitif yang terhubung sistem.
3. Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang kompensator berupa *capasitor bank* dan induktor, namun hal ini tentu membutuhkan biaya pengeluaran lagi.

Sementara sistem AC jika dibandingkan dengan sistem DC dalam hal penyaluran daya dan penggunaan listriknya di sisi beban, sistem DC memiliki beberapa keunggulan berikut [4]:

1. Pada saluran transmisi, sistem DC hanya membutuhkan satu buah kawat konduktor untuk menyalurkan daya listrik yang sama seperti sistem AC dari pembangkit hingga ke beban.
2. Perkembangan ilmu dan teknologi di bidang elektronika daya yang semakin maju membuat konversi daya listrik DC bisa dilakukan dengan memanfaatkan bahan-bahan semikonduktor sehingga mengalami rugi-rugi yang lebih rendah.
3. Listrik DC bisa disimpan dalam baterai sebagai cadangan sumber energi.
4. Listrik DC mampu terintegrasi lebih baik dalam sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi baru terbarukan sebagai sumber energinya. Dimana sumber energi baru terbarukan diminati secara global karena minim polusi dan tersedia di alam gratis.

Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian analisis perbandingan efisiensi sistem kelistrikan arus bolak-balik dan purwarupa sistem kelistrikan arus searah untuk beban residensial. Dengan membuat instalasi rumah tangga sistem AC 220 volt dan purwarupa sistem DC 220 volt maka dapat dilakukan pengujian untuk menganalisis perbandingan efisiensi kedua sistem dalam hal daya, rugi-rugi dan konsumsi energi listrik.

Diharapkan penelitian ini mampu memberikan kontribusi agar pemakaian energi listrik lebih efektif dan efisien serta sebagai titik awal dalam pengembangan sistem DC untuk beban residensial di masa yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara membuat purwarupa sistem DC yang mampu memberi catu daya tegangan listrik DC 220 volt secara stabil ke beban-beban residensial?
2. Bagaimana cara menganalisis besarnya jatuh tegangan, daya listrik, efisiensi sistem, rugi-rugi dan konsumsi energi listrik pada sistem AC dan purwarupa sistem DC?
3. Bagaimana cara membandingkan tingkat efisiensi sistem AC dan purwarupa sistem DC?

1.3 Batasan Masalah

1. Beban-beban residensial beroperasi dengan catu daya tegangan sama besar, yaitu tegangan AC 220 volt untuk sistem AC dan tegangan DC 220 volt untuk purwarupa sistem DC.
2. Tegangan DC 220 volt pada purwarupa sistem DC diperoleh dari keluaran *power supply* untuk mencatu daya beban. Sumber catu daya untuk *power supply* diperoleh dari tegangan AC 220 volt pada jala-jala PLN.
3. Parameter utama pengujian yang diamati adalah efisiensi sistem, rugi-rugi dan konsumsi energi listrik pada sistem AC dan purwarupa sistem DC.
4. Beban residensial untuk pengujian sistem merupakan peralatan yang umum digunakan di rumah-rumah dan divariasikan dari 0 sampai 600 watt. Contohnya *smartphone*, setrika, *LCD Monitor*, laptop, penanak nasi, *water dispenser*, *blender*, lampu Pijar dan *CFL* serta kompor listrik. Beban dihubungkan secara paralel ke sumber catu daya pada kedua sistem.
5. Rugi-rugi akibat pensaklaran pada seluruh rangkaian penyearah di asumsikan 0.
6. Tidak membahas proteksi sistem untuk aspek keamanan dan keselamatan pada sistem AC dan purwarupa sistem DC yang akan dibuat.
7. Tidak membahas *power supply* sebagai konverter listrik dan pengaruh penggunaan *power supply* terhadap sistem dari sisi beban hingga ke pembangkit listrik.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Membuat purwarupa sistem kelistrikan DC dengan tegangan keluaran DC 220 volt untuk catu daya beban residensial menggunakan *power supply*.

2. Menganalisis perubahan parameter-parameter di sistem AC dan purwarupa sistem DC seperti tegangan, arus, daya, rugi-rugi dan konsumsi energi listrik.
3. Membandingkan tingkat efisiensi sistem AC dan purwarupa sistem DC dalam hal penggunaan energi listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dilaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui unjuk kerja sistem AC dan purwarupa sistem DC dalam mencatu daya beban-beban listrik residensial.
2. Mengetahui keunggulan maupun kelemahan sistem AC dan purwarupa sistem DC dalam hal konsumsi energi listrik dan tingkat efisiensi di beban.
3. Penghematan konsumsi energi listrik agar penyaluran dan pemakaian daya listrik lebih efektif, efisien dan praktis.
4. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya konsep sistem DC untuk jenis beban residensial.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penulis [5] membandingkan efisiensi sistem AC 230 volt dan sistem DC 230 volt pada jaringan distribusi untuk beban residensial. Pada pengujian dengan efisiensi konverter di distribusi 95 % dan efisiensi konverter 95 % di beban diperoleh hasil efisiensi sistem AC 93,42 %. Ini lebih baik jika dibandingkan efisiensi sistem DC yang hanya 91,33 %. Sementara setelah ditambah beban DC, dengan menggunakan *variable speed drive* (VSD) maka diperoleh efisiensi sistem DC 90,92 % sedikit lebih tinggi dibanding sistem AC dengan 90,53 %.

Pada [6] efisiensi jaringan distribusi pada sistem AC, sistem DC dan gabungan antara sistem AC dan DC di analisis. Hasilnya gabungan antara sistem AC dan DC memiliki rugi-rugi daya lebih tinggi 1 % dibandingkan sistem AC. Efisiensi sistem DC juga lebih rendah dibandingkan sistem AC sehingga dalam hal efisiensi, sistem distribusi AC lebih baik. Namun, pada sistem DC kondisi pembebanan peralatan transformator jauh lebih rendah jika dibandingkan sistem AC. Sehingga apabila terjadi kenaikan beban, sistem tersebut dengan mudah mampu menyesuaikan tanpa membuat transformator mengalami gangguan.

Berdasarkan [7] menjelaskan beberapa beban residensial yang digunakan pada sebuah rumah dengan catu daya listrik AC. Peralatan tersebut di desain ulang agar lebih efisien dan mampu diberikan catu daya listrik DC untuk kebutuhan rumah-rumah di masa yang akan datang. Besarnya konsumsi energi listrik oleh beban residensial turut dibandingkan jika diberikan catu daya listrik AC dan DC. Hasilnya konsumsi energi di rumah yang menggunakan sistem DC lebih rendah 140 kWh/bulan daripada rumah dengan sistem AC.

Dari [8] dibahas topologi sistem distribusi DC, penyulang *bus* DC, penghubungan jaringan distribusi dari generator, analisis efisiensi dan proteksi sistem serta keselamatan instalasi pentanahan. Beban residensial dengan beberapa topologi distribusi DC diberi catu daya tegangan sebesar 325 V, 230 V dan 20 V. Hasilnya rugi-rugi daya pada saluran di sistem AC sebesar 70 Wh perhari sementara sistem DC sebesar 33 Wh perhari. Pada proses konversi daya, efisiensi transformator pada sistem AC mencapai 97 % sementara efisiensi konverter DC-DC pada sistem DC hanya mencapai 50 % saat beban 10 % atau sebagian dan menjadi 95 % saat mencapai beban penuh. Disamping itu, sistem proteksi pada jaringan distribusi DC dan pentanahan untuk sistem DC jauh berbeda dengan sistem AC. Sehingga instalasinya akan lebih sulit jika dibandingkan dengan sistem AC yang sudah umum digunakan.

Penulis [9] membandingkan efisiensi sistem dan banyaknya tahap konversi daya listrik pada jaringan distribusi dengan sistem DC dan sistem AC dalam mencatu beberapa beban listrik jenis residensial. Hasilnya sistem AC lebih unggul dengan tingkat efisiensi mencapai 97 % dan tahap konversi daya listrik yang dibutuhkan lebih sedikit jika dibandingkan dengan sistem DC yang memiliki efisiensi 95 % dengan tahap konversi daya listrik lebih banyak untuk mencatu daya peralatan-peralatan listrik. Namun meskipun sistem AC lebih unggul, sistem DC dengan sel bahan bakar masih lebih baik daripada keduanya dengan tingkat efisiensi yang mencapai 97,3 % dan tahap konversi daya listrik yang terjadi lebih sedikit apabila dibandingkan dengan sistem AC yang memiliki efisiensi 94,5 % dan tahap konversi daya listrik terjadi jauh lebih banyak.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Daya

Jumlah usaha yang dilakukan sumber tegangan pada suatu rangkaian listrik dalam waktu satu detik disebut sebagai daya listrik. Alat untuk mengukur daya adalah *wattmeter*. Terdapat dua jenis daya, yaitu daya listrik DC dan daya listrik AC. Persamaan 2.1 digunakan untuk menghitung daya listrik DC pada saluran satu fasa [10].

$$P_{dc} = V_{dc} * I_{dc} \quad (2.1)$$

Dimana :

P_{dc} = Daya listrik DC (watt)

V_{dc} = Tegangan DC (volt)

I_{dc} = Arus DC yang mengalir ke beban (ampere)

Sementara, untuk menghitung besarnya daya listrik AC pada saluran satu fasa digunakan persamaan 2.2.

$$P_{ac} = V * I * \cos \phi \quad (2.2)$$

Dimana :

P_{ac} = Daya listrik AC (watt)

V_{ac} = Tegangan AC (volt)

I_{ac} = Arus DC yang mengalir ke beban (ampere)

$\cos \phi$ = faktor daya

2.2.2 Energi Listrik

Energi listrik adalah daya listrik terpakai yang dibutuhkan oleh peralatan listrik untuk bekerja dalam satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kilo watt *hour* (kWh). Besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh suatu peralatan listrik dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$W = \frac{(V * I * t)}{1000} \quad (2.3)$$

Dimana :

W = Energi listrik (kWh/tahun)

V = Tegangan kerja (volt)

I = Arus yang mengalir ke beban (ampere)

t = Waktu operasi beban perjam (*hour*)

Energi listrik diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari untuk menyalakan lampu penerangan, merubah suhu ruangan dan menggerakkan peralatan mekanik. Penggunaan listrik yang tidak efisien menyebabkan pemborosan energi, kenaikan biaya pemakaian listrik dan dampak negatif lainnya yang berpotensi merugikan pihak penyedia maupun pengguna listrik.

2.2.3 Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan antara daya yang keluar dengan daya yang masuk. Efisiensi disimbolkan dengan “ η ” merupakan faktor penting yang menentukan kinerja, konsumsi energi dan rugi-rugi yang terjadi pada suatu peralatan listrik ataupun sebuah sistem tenaga listrik. Efisiensi bisa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 [6].

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana :

η = Efisiensi sistem (%)

P_{out} = Daya keluaran (watt)

P_{in} = Daya masukan (watt)

2.2.4 Beban Listrik

Peralatan yang membutuhkan catu daya listrik agar bisa beroperasi disebut beban listrik. Beban listrik residensial yang digunakan untuk pengujian sistem adalah peralatan listrik yang pada umumnya digunakan di rumah-rumah. Lama waktu kerja beban terdiri dari waktu operasi dan waktu *standby* dengan durasi berbeda-beda sesuai yang biasa terjadi di rumah-rumah. Beban-beban residensial yang digunakan dalam pengujian sistem ini bisa dikategorikan menjadi 3 jenis menurut sumber catu daya listriknya [5], yaitu :

1. Beban dengan kategori “A” merupakan beban listrik yang secara fundamental membutuhkan catu daya gelombang listrik AC. Contoh : *Blender*, mesin cuci dan kipas angin.
2. Beban dengan kategori “D” adalah beban yang memerlukan catu daya dari listrik DC agar mampu beroperasi. Contoh : *Laptop*, *smartphone* dan *LCD Monitor*.
3. Beban dengan kategori “I” yaitu beban yang mampu beroperasi dengan catu daya listrik AC maupun listrik DC. Contoh : *Setrika*, *penanak nasi*, *lampu pijar* dan *lampu CFL*.

Profil peralatan-peralatan listrik yang digunakan sebagai beban residensial untuk pengujian sistem ditampilkan pada Tabel 2.1.

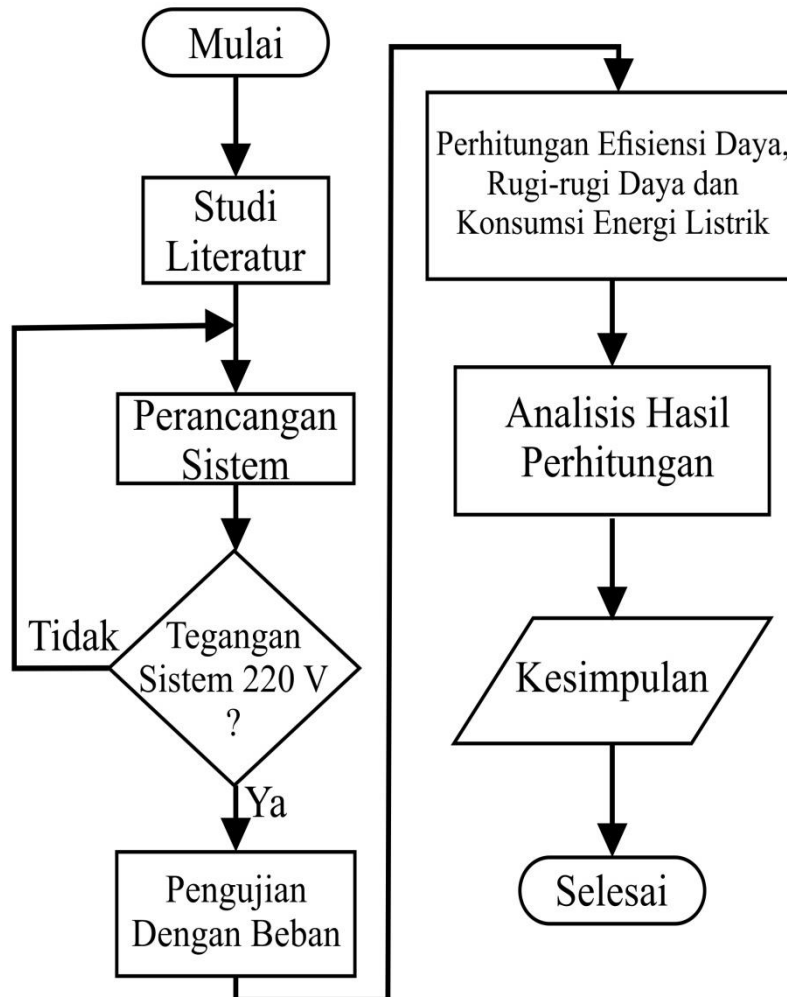
Tabel 2.1 Profil beban residensial

Nama Beban	Daya Beban (W)	Durasi Operasi Perhari (hour)	Durasi <i>Standby</i> Perhari (hour)	Daya <i>Standby</i> (W)	Arus di 220 volt AC (A)	Panjang Saluran (m)
<i>Smartphone</i>	10	4	2	1,1	0,05	50
Lampu Pijar	25	12	0	0	0,115	50
Lampu Pijar	40	12	0	0	0,17	50
Lampu CFL	25	12	0	0	0,185	50
Laptop	65	6	4	4,3	1,6	50
Setrika	330	2	0	0	1,34	20
<i>Dispenser</i>	420	6	12	4,8	1,592	20
Penanak Nasi	350	2	14	46,1	1,578	20
Kompur Listrik	300	2	0	0	1,271	20
Kompur Listrik	600	2	0	0	2,533	20
<i>Blender</i>	200	1	0	0	0,555	20
<i>LCD Monitor</i>	23	8	4	2,2	0,14	50

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

3.1 Diagram Alir Penelitian

Alur kegiatan dalam penelitian ini ditampilkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.

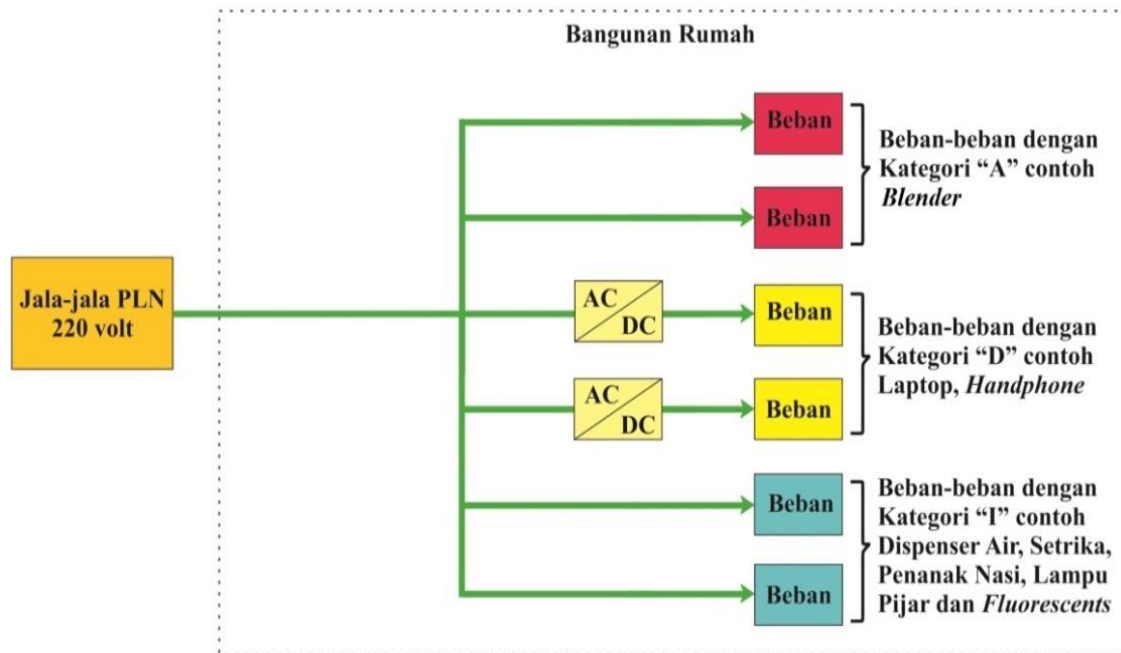


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Perancangan Sistem Kelistrikan AC dan DC

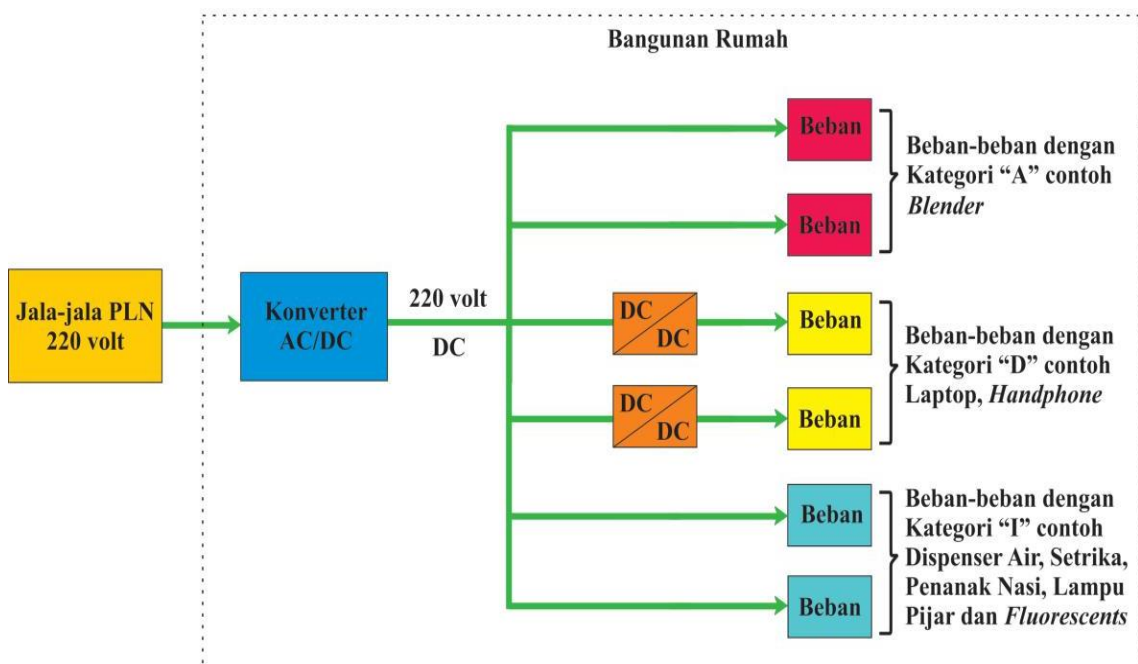
Dalam tugas akhir ini akan dibandingkan tingkat efisiensi antara sistem kelistrikan AC 220 volt dengan purwarupa sistem kelistrikan DC 220 volt untuk mencatu daya beban residensial. Parameter pembanding utamanya adalah efisiensi daya, rugi-rugi dan besarnya konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh setiap sistem dalam memenuhi kebutuhan energi di suatu rumah.

Pada sistem AC, catu daya untuk beban residensial diperoleh langsung dari tegangan AC 220 volt pada jala-jala PLN. Diagram blok perancangan sistem AC 220 volt ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram blok perancangan sistem AC 220 volt

Sementara pada purwarupa sistem DC, tegangan DC 220 volt diperoleh dari keluaran *power supply* yang menggunakan jala-jala PLN sebagai sumber catu dayanya. Diagram blok untuk perancangan purwarupa sistem DC 220 volt bisa di lihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Diagram blok perancangan purwarupa sistem DC 220 volt

Kawat konduktor jenis NYM 2x1,5 mm akan digunakan dalam pembuatan instalasi saluran dengan panjang 20 meter untuk beban residensial yang membutuhkan daya kurang dari 200 W, sementara saluran sepanjang 50 meter akan digunakan untuk beban yang membutuhkan daya lebih dari 200 W [11]. Spesifikasi kawat konduktor jenis NYM ditampilkan pada Tabel 3.1 [12].

Tabel 3.1 Nilai resistansi dan induktansi kawat konduktor NYM

Luas Penampang Inti (mm ²)	Resistansi (ohm/meter)	Induktansi (μH/meter)	Kapasitas Arus Maks. (A)	Kapasitas Daya pada 240V (kW)
1,0	0,0170	0,6224	14	3,25
1,5	0,0113	0,5767	18	4,25
2,5	0,0068	0,5170	24	5,75
4,0	0,0043	0,4595	32	7,75
6,0	0,0028	0,4070	40	9,75
10	0,0017	0,3354	53	12,9

3.3 Power supply

Pada perancangan purwarupa sistem DC, digunakan *power supply* TH220X03N-220AC sebagai pengganti sistem pembangkit DC. Rangkaian penyearah gelombang penuh yang terdapat di dalam *power supply* ini akan merubah tegangan masukan gelombang *sinusoidal* listrik AC 220 volt dari jala-jala PLN sebagai sumber catu dayanya menjadi keluaran gelombang lurus tegangan listrik DC 220 volt. Spesifikasi *power supply* bisa di lihat pada lampiran 1. *Power supply* yang digunakan dalam pembuatan purwarupa sistem DC 220 volt ditampilkan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Power supply* TH220X03N-220AC

Pengoperasian *power supply* turut menambah konsumsi daya pada purwarupa sistem DC 220 volt. Daya operasi *power supply* tersebut diketahui berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan beban. Sehingga besarnya daya *power supply* saat beroperasi bisa di hitung menggunakan persamaan 3.1.

$$P_{power\ supply} = P_{input\ ac} - (P_{output\ dc} + P_{losses}) \quad (3.1)$$

Dimana :

$P_{power\ supply}$ = Daya *power supply* saat beroperasi (watt)

$P_{input\ ac}$ = Daya masukan sistem (watt)

$P_{output\ dc}$ = Daya keluaran sistem (watt)

$P_{total\ losses}$ = Jumlah rugi-rugi di saluran dan di penyearah (watt)

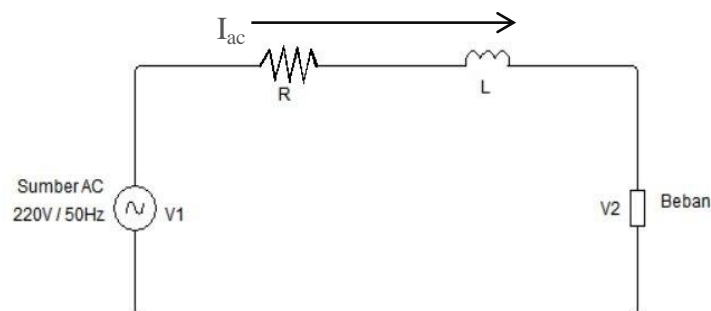
3.4 Pengujian Sistem

Pengujian kedua sistem dilakukan dengan mengukur tegangan, arus beban, daya dan $\cos \phi$ pada saat peralatan-peralatan listrik rumah tangga terhubung secara paralel. Daya yang diserap oleh beban pada sistem AC 220 volt di ukur menggunakan *wattmeter*. Sementara tegangan dan arus di ukur menggunakan *multimeter*. Untuk pengujian sistem pada purwarupa sistem DC 220 volt, pengukuran tegangan, arus, daya dan efisiensi dilakukan menggunakan alat ukur EPM5800-E. Hasil pengukuran akan digunakan untuk menghitung efisiensi setiap sistem.

Khusus untuk purwarupa sistem DC 220 volt, perhitungan efisiensi akan dibagi menjadi dua kondisi yaitu ideal dan tidak ideal. Kondisi ideal diasumsikan bahwa tidak ada rugi-rugi daya pada proses penyaluran daya dan konversi listrik AC 220 volt ke listrik DC oleh *power supply*. Sementara kondisi tidak ideal diasumsikan terdapat rugi-rugi pada rangkaian penyearah di *power supply* sehingga menyebabkan daya tambahan turut diserap sistem untuk mencatu daya beban residensial. Dalam menghitung efisiensi terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi tingkat efisiensi suatu sistem, yaitu sebagai berikut :

3.4.1 Rugi-rugi Daya di Saluran

Daya yang hilang dalam proses penyaluran daya listrik dari sumber hingga ke beban akibat tingginya hambatan pada kawat konduktor disebut rugi-rugi daya di saluran atau *feeder losses*. Besarnya rugi-rugi tersebut dipengaruhi oleh nilai resistansi kawat konduktor dan tingginya arus beban dalam sistem. Pada Gambar 3.5 ditampilkan adanya hambatan pada rangkaian listrik sederhana dengan sumber listrik AC 220 volt yang mencatu daya beban. Untuk menghitung rugi-rugi daya yang terjadi di saluran satu fasa pada sistem AC digunakan persamaan 3.2 [6].



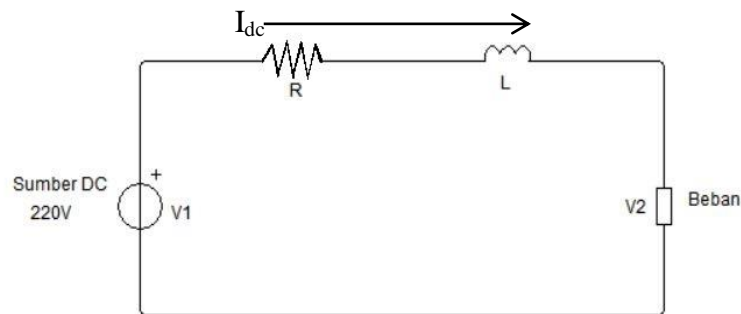
Gambar 3.5 Rangkaian listrik sederhana dengan sumber AC

$$P_{loss\ feeder} = 2 * I_{ac}^2 * r \quad (3.2)$$

Dimana :

- $P_{loss\ feeder}$ = Rugi-rugi daya (watt)
- I_{ac} = Arus beban sistem AC (ampere)
- R = Resistansi saluran (ohm)

Sementara pada Gambar 3.6 menampilkan hambatan yang terjadi pada rangkaian listrik sederhana dengan sumber DC 220 volt. Untuk menghitung besarnya rugi-rugi daya di sistem DC pada suatu saluran satu fasa bisa di hitung dengan persamaan 3.3.



Gambar 3.6 Rangkaian listrik sederhana dengan sumber DC

$$P_{loss\ feeder} = 2 * I_{dc}^2 * R \quad (3.3)$$

Dimana :

- $P_{loss\ feeder}$ = Rugi-rugi daya (watt)
- I_{dc} = Arus beban sistem DC (ampere)
- R = Resistansi saluran (ohm)

3.4.2 Rugi-rugi Daya di Penyearah

Dalam *power supply* dan beban residensial seperti *charger smartphone* dan *charger laptop* terdapat rangkaian penyearah yang menimbulkan rugi-rugi daya. Rugi-rugi tersebut dipengaruhi oleh resistansi dioda, arus beban dan tegangan bias dioda [11]. Tegangan bias maju (V_f) pada setiap jenis dioda berbeda-beda. Sebagai contoh, dioda jenis 1N4007 memiliki rentang nilai tegangan bias maju dari 0,8 volt sampai 1,1 volt [13].

Dalam menghitung rugi-rugi di rangkaian penyearah, proses pensaklaran diasumsikan tidak memiliki rugi-rugi (nol) dan nilai tegangan bias maju dioda untuk beban DC adalah 0,9 volt [11]. Sementara di dalam *power supply* diketahui terdapat rangkaian penyearah jembatan penuh dengan jenis dioda GBJ15005 yang memiliki nilai tegangan bias maju 1,05 volt [14]. Sehingga besarnya rugi-rugi pada rangkaian penyearah untuk beban DC dan *power supply* di hitung dengan menggunakan persamaan 3.4 [11].

$$P_{loss\ rectifier} = 2 \times V_f \times I_{rms} \quad (3.4)$$

Dimana :

- $P_{loss\ rectifier}$ = Rugi-rugi penyearah (watt)
- V_f = Tegangan bias maju dioda (volt)
- I_{rms} = Arus beban (ampere)

3.4.3 Konsumsi Energi Listrik

Besarnya konsumsi energi listrik pada suatu rumah selama satu tahun bisa diperoleh dengan menjumlahkan pemakaian energi listrik dari penggunaan seluruh peralatan dalam periode satu tahun. Konsumsi tersebut terdiri dari saat beban beroperasi dan dalam kondisi *standby* [11]. Konsumsi energi listrik total selama satu tahun dihitung menggunakan persamaan 3.5.

$$W_{\text{listrik total}} = W_{\text{operasi}} + W_{\text{standby}} + W_{\text{losses}} \quad (3.5)$$

Dimana :

$W_{\text{listrik total}}$ = Konsumsi energi listrik total (kWh/tahun)

W_{operasi} = Konsumsi energi listrik ketika beban beroperasi (kWh/tahun)

W_{standby} = Konsumsi energi listrik ketika beban *standby* (kWh/tahun)

W_{losses} = Konsumsi energi listrik akibat seluruh rugi-rugi (kWh/tahun)

Untuk menghitung besarnya konsumsi energi listrik yang terjadi saat beban beroperasi selama satu tahun bisa dihitung menggunakan persamaan 3.6.

$$W_{\text{operasi}} = \frac{P_{\text{operasi}} \times \text{Jam aktif perhari} \times 365 \text{ hari}}{1000} \quad \text{kWh/tahun} \quad (3.6)$$

Dimana :

W_{operasi} = Konsumsi energi listrik ketika beban beroperasi (kWh/tahun)

P_{operasi} = Daya yang diserap beban saat beroperasi (watt)

Jam aktif perhari = Durasi beban digunakan (*hour*)

Sementara konsumsi energi listrik pada saat beban *standby* selama satu tahun di hitung menggunakan persamaan 3.7.

$$W_{\text{standby}} = \frac{P_{\text{standby}} \times \text{Jam aktif perhari} \times 365 \text{ hari}}{1000} \quad \text{kWh/tahun} \quad (3.7)$$

Dimana :

W_{standby} = Konsumsi energi listrik ketika beban *standby* (kWh/tahun)

P_{standby} = Daya yang diserap beban saat kondisi *standby* (watt)

Jam aktif perhari = Durasi beban digunakan (*hour*)

Konsumsi energi listrik juga terjadi disebabkan rugi-rugi selama proses penyaluran daya. Besarnya konsumsi selama satu tahun tersebut bisa di hitung menggunakan persamaan 3.8.

$$W_{\text{losses}} = \frac{(P_{\text{loss feeder}} + P_{\text{loss rectifier}}) \times \text{Jam aktif perhari} \times 365 \text{ hari}}{1000} \quad \text{kWh/tahun} \quad (3.8)$$

Dimana :

W_{losses} = Konsumsi energi listrik akibat rugi-rugi (kWh/tahun)

$P_{\text{loss feeder}}$ = Rugi-rugi daya di saluran (watt)

$P_{\text{loss rectifier}}$ = Rugi-rugi daya di rangkaian penyearah (watt)

Jam aktif perhari = Durasi beban digunakan (*hour*)

3.4.4 Tegangan Jatuh

Selisih antara tegangan pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerima disebut tegangan jatuh [7]. Tegangan jatuh dapat disebabkan oleh besarnya resistansi dan reaktansi saluran, arus beban serta perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan (untuk sistem AC). Tegangan jatuh pada sistem dapat di hitung menggunakan persamaan 3.9 [11].

$$\Delta V = \frac{V1 - V2}{V1} \times 100\% \quad (3.9)$$

Dimana :

ΔV = Tegangan jatuh (%)

$V1$ = Tegangan di titik sumber (volt)

$V2$ = Tegangan di titik beban (volt)

3.4.5 Daya *Input* Sistem

Daya *input* atau daya masukan adalah jumlah total daya yang masuk ke suatu sistem dari sumber tegangan untuk mencatu daya beban sebelum mengalami rugi-rugi. Daya masukan dapat di hitung menggunakan persamaan 4.0.

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss\ feeder} + P_{loss\ rectifier} \quad (4.0)$$

Dimana :

P_{in} = Daya masukan (watt)

P_{out} = Daya keluaran (watt)

$P_{loss\ feeder}$ = Rugi-rugi daya di saluran (watt)

$P_{loss\ rectifier}$ = Rugi-rugi daya di penyearah (watt)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Daya, Rugi-rugi dan Energi Listrik

4.1.1 Sistem AC 220 volt

Setelah melakukan pengujian pada sistem AC 220 volt maka diperoleh data-data seperti daya, tegangan, resistansi kawat konduktor, arus beban dan nilai $\cos \phi$. Hasil pengukuran saat pengujian sistem bisa di lihat pada lampiran 2.

Berdasarkan data-data pada hasil pengukuran tersebut maka daya masukan, daya keluaran, rugi-rugi di saluran, rugi-rugi di penyearah dan tegangan jatuh pada sistem AC 220 volt secara berurutan bisa di hitung dengan menggunakan persamaan (4.0), (2.2), (3.2), (3.4) dan (3.9). Seluruh hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Efisiensi, daya dan tegangan jatuh pada sistem AC 220 volt

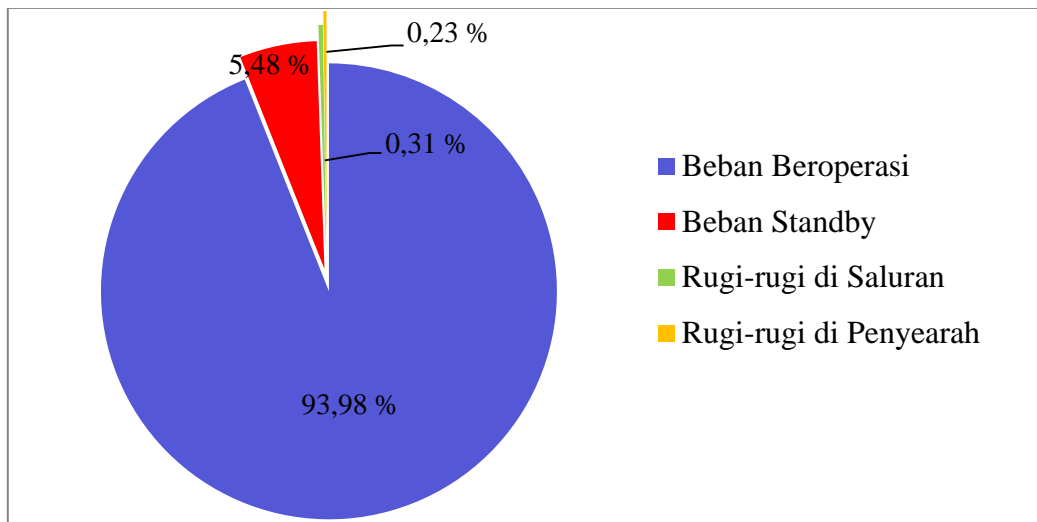
Nama Beban	ΔV (%)	η_{sistem} (%)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	P_{loss} <i>feeder</i> (W)	P_{loss} <i>rectifier</i> (W)	P_{standby} (W)
<i>Smartphone</i>	0,136	96,33	9,6	9,43	0,009	0,158	1,1
Lampu Pijar	0,181	99,43	52,9	52,83	0,066	0	0
Lampu Pijar	0,364	99,14	105,3	105,04	0,258	0	0
Lampu Pijar	0,456	98,14	123,8	123,41	0,392	0	0
Lampu CFL	0,181	98,4	45,6	44,96	0,1	0,536	0
Lampu CFL	0,272	98,3	91,4	89,93	0,401	1,073	0
Laptop	0,227	97,83	57,6	56,63	0,204	0,765	4,3
Setrika	0,824	99,43	298,6	297,77	0,83	0	0
<i>Dispenser</i>	0,409	99,34	350,9	349,75	1,148	0	4,8
<i>Rice Cooker</i>	0,364	99,37	347,4	346,27	1,128	0	46,1
Kompur Listrik	0,318	99,51	283,5	282,77	0,73	0	0
Kompur Listrik	0,594	99,36	561,1	558,18	2,918	0	0
<i>Blender</i>	0,227	98,88	107,3	107,19	0,105	0	0
<i>LCD Monitor</i>	0,136	97,45	15,8	15,58	0,015	0,209	2,2
Total			2.450,8	2.439,74	8,304	2,741	58,5

Dari data-data pada Tabel 4.1 maka besarnya konsumsi energi listrik selama satu tahun yang terjadi pada sistem AC 220 volt bisa di hitung menggunakan persamaan (3.5), (3.6), (3.7) dan (3.8). Hasil perhitungan tersebut bisa di lihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Konsumsi energi listrik pada sistem AC 220 volt

Nama Beban	Daya Beban (W)	Konsumsi Energi Listrik Pertahun (kWh/tahun)					Jumlah
		Operasi Beban	Beban <i>Standby</i>	Rugi-rugi di Saluran	Rugi-rugi di Penyearah	Rugi-rugi Total	
<i>Smartphone</i>	10	13,768	0,803	0,013	0,231	1,047	14,815
Lampu Pijar	50	231,395	0	0,289	0	0,289	231,684
Lampu Pijar	100	460,075	0	1,13	0	1,13	461,205
Lampu Pijar	130	540,536	0	1,717	0	1,717	542,253
Lampu CFL	50	196,925	0	0,438	2,348	2,786	199,711
Lampu CFL	100	393,893	0	1,756	4,7	6,456	400,349
Laptop	65	248,039	9,417	0,894	3,351	13,662	261,701
Setrika	330	217,372	0	0,606	0	0,606	217,978
<i>Dispenser</i>	420	765,952	21,024	2,514	0	23,538	789,49
<i>Rice Cooker</i>	350	252,777	235,571	0,823	0	236,394	489,171
Kompor Listrik	300	412,844	0	1,066	0	1,066	413,91
Kompor Listrik	600	814,943	0	4,26	0	4,26	819,203
<i>Blender</i>	200	39,124	0	0,038	0	0,038	39,162
<i>LCD Monitor</i>	23	45,494	3,212	0,044	0,61	3,866	49,36
Total		4.633,137	270,027	15,588	11,24	296,855	4.929,992

Berdasarkan Tabel 4.2, dalam kondisi beban *standby* sistem AC 220 volt ternyata masih mengkonsumsi energi listrik 270,027 kWh pertahun. Konsumsi saat kondisi *standby* tersebut bisa digolongkan sebagai rugi-rugi karena beban residensial sedang tidak digunakan. Konsumsi lainnya adalah akibat rugi-rugi di saluran 15,588 kWh pertahun dan rugi-rugi di penyearah 11,24 kWh pertahun. Sehingga total konsumsi yang disebabkan rugi-rugi sebesar 296,855 kWh pertahun. Sementara konsumsi terjadi untuk beban beroperasi yang mencapai 4.633,137 kWh pertahun. Persentase konsumsi energi listrik sistem AC 220 volt ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Persentase konsumsi energi listrik di sistem AC 220 volt

Jumlah total konsumsi energi listrik selama satu tahun yang masuk ke sistem AC 220 volt mencapai 4.324,6925 kWh. Sementara jumlah total rugi-rugi adalah 314,693 kWh pertahun. Sehingga energi listrik yang keluar sampai ke beban hanya 4.009,9995 kWh pertahun. Efisiensi konsumsi energi listrik sistem dapat di hitung menggunakan persamaan (3.0) sebagai berikut :

$$\eta_{ac} = \left(\frac{4.633,137 \text{ kWh}}{4.929,999 \text{ kWh}} \right) \times 100\%$$

$$\eta_{ac} = 93,97 \%$$

4.1.2 Purwarupa Sistem DC 220 volt

Berdasarkan hasil pengukuran saat pengujian purwarupa sistem DC, besarnya daya masukan, daya keluaran dan daya *standby* telah diketahui pada lampiran 3. Sementara untuk memperoleh daya *power supply* ketika beroperasi secara terus-menerus mencatu daya beban-beban residensial yang terhubung maka digunakan persamaan (3.1). Untuk menghitung persentase tegangan jatuh sistem, daya *power supply* saat beroperasi, rugi-rugi daya di saluran dan rugi-rugi daya di rangkaian penyearah (untuk beban DC serta *power supply*) secara berurutan bisa digunakan menggunakan persamaan (3.9), (3.1), (3.2) dan (3.4). Seluruh hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel 4.3 untuk purwarupa sistem DC dengan kondisi ideal. Sementara untuk kondisi tidak ideal bisa di lihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Daya pada purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal

Nama Beban	P_{beban} (W)	ΔV (%)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	$P_{\text{loss feeder}}$ (W)	$P_{\text{loss rectifier}}$ (W)
<i>Smartphone</i>	10	0,363	7,84	7,536	0,002	0,302
Lampu Pijar	50	0,589	51,96	51,897	0,063	0
Lampu Pijar	100	0,091	104	103,746	0,254	0
Lampu Pijar	130	0,136	126,8	126,422	0,378	0
Lampu CFL	50	0,589	38,83	38,048	0,035	0,747
Lampu CFL	100	0,182	79,33	77,943	0,147	1,24
Laptop	65	0,409	30,31	29,674	0,021	0,615
Setrika	330	0,363	295,2	293,153	2,047	0
<i>Dispenser</i>	420	0,091	347,6	346,464	1,136	0
	<i>Standby</i> 4,67	0,091	4,67	4,6698	0,0002	0
<i>Rice Cooker</i>	350	0,227	344,4	343,286	1,114	0
	<i>Standby</i> 45,61	0,408	45,61	45,59	0,02	0
Kompor Listrik	300	0,091	277,5	276,777	0,723	0
Kompor Listrik	600	0,045	552,2	549,334	2,866	0
<i>Blender</i>	200	0,227	102,8	102,555	0,245	0
<i>LCD Monitor</i>	23	0,045	10,32	9,98	0,002	0,338
Total			2.419,37	2.407,07	9,0532	3,242

Tabel 4.4 Daya pada purwarupa sistem DC 220 volt kondisi tidak ideal

Nama Beban	P_{beban} (W)	ΔV (%)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	$P_{\text{loss feeder}}$ (W)	$P_{\text{loss rectifier}}$ (W)	$P_{\text{loss power supply}}$ (W)	$P_{\text{power supply}}$ (W)
<i>Smartphone</i>	10	0,046	19,04	8,436	0,002	0,302	0,353	10,3
Lampu Pijar	50	0,091	65,97	52,727	0,063	0	1,016	13,18
Lampu Pijar	100	0,137	121,8	105,105	0,254	0	1,760	16,441
Lampu Pijar	130	0,273	144,8	128,145	0,378	0	2,125	16,277
Lampu CFL	50	0,046	53,4	39,555	0,035	0,747	0,872	13,063
Lampu CFL	100	0,091	95,45	80,285	0,147	1,24	1,447	13,778
Laptop	65	0,046	42,93	30,987	0,021	0,615	0,718	11,307
Setrika	330	0,228	322,4	295,825	2,047	0	4,885	24,528
<i>Dispenser</i>	420	0,319	375,3	350,293	1,136	0	5,928	23,871
	<i>Standby</i> 11,61	0,046	11,61	4,6698	0,0002	0	0,229	6,94
<i>Rice Cooker</i>	350	0,273	372,2	347,046	1,114	0	5,872	24,04
	<i>Standby</i> 59,14	0,046	59,14	45,61	0,02	0	0,92	13,51
Kompor Listrik	300	0,228	302,1	279,159	0,723	0	4,586	22,218
Kompor Listrik	600	0,502	593,1	559,41	2,866	0	9,803	30,824
<i>Blender</i>	200	0,046	120,4	103,107	0,245	0	1,783	17,048
<i>LCD Monitor</i>	23	0,137	21,93	10,924	0,002	0,338	0,395	10,666
Total			2.721,57	2.441,2838	9,0532	3,242	42,692	267,991

Berdasarkan hasil pengujian purwarupa sistem DC 220 volt, hasil pengukuran daya pada beban DC seperti *smartphone*, laptop dan *LCD monitor* saat kondisi *standby* sangat kecil nilainya sehingga bisa diabaikan dalam perhitungan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh setiap sistem. Hal ini dipengaruhi oleh penurunan daya yang diserap oleh beban selama kondisi *standby* cukup signifikan sehingga rugi-rugi yang terjadi di rangkaian penyearah pada beban DC sangat kecil.

Konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC 220 volt baik pada kondisi *power supply* ideal dan tidak ideal di hitung menggunakan persamaan (3.5), (3.6), (3.7) dan (3.8). Dalam menghitung konsumsi energi pada *power supply*, besarnya rugi-rugi pada rangkaian penyearah di dalam *power supply* tidak dicantumkan. Karena konsumsi tersebut telah di hitung bersama dengan konsumsi *power supply* saat beroperasi.

Hasil perhitungan untuk purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi ideal ditampilkan pada Tabel 4.5, sementara hasil perhitungan untuk purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi tidak ideal ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi *power supply* ideal

Nama Beban	Daya Beban (W)	Konsumsi Energi Listrik Pertahun (kWh/tahun)					Jumlah
		Operasi Beban	Beban <i>Standby</i>	Rugi-rugi di Saluran	Rugi-rugi di Penyearah Beban DC	Rugi-rugi Total	
<i>Smartphone</i>	10	11,003	0	0,003	0,441	0,444	11,447
Lampu Pijar	50	227,309	0	0,276	0	0,276	227,585
Lampu Pijar	100	454,407	0	1,116	0	1,116	455,523
Lampu Pijar	130	553,728	0	1,656	0	1,656	555,384
Lampu CFL	50	166,65	0	0,153	3,272	3,425	170,075
Lampu CFL	100	341,39	0	0,644	5,431	6,075	347,465
Laptop	65	64,986	0	0,046	1,347	1,393	66,379
Setrika	330	214,002	0	1,494	0	1,494	215,496
<i>Dispenser</i>	420	758,756	20,455	2,488	0	22,943	781,699
<i>Rice Cooker</i>	350	250,599	233,067	0,813	0	233,88	484,479
Kompor Listrik	300	202,047	0	0,528	0	0,528	202,575
Kompor Listrik	600	401,014	0	2,092	0	2,092	403,106
<i>Blender</i>	200	37,433	0	0,089	0	0,089	37,522
<i>LCD Monitor</i>	23	29,142	0	0,006	0,987	0,993	30,135
Total		3.712,466	253,522	11,404	11,478	276,404	3.988,87

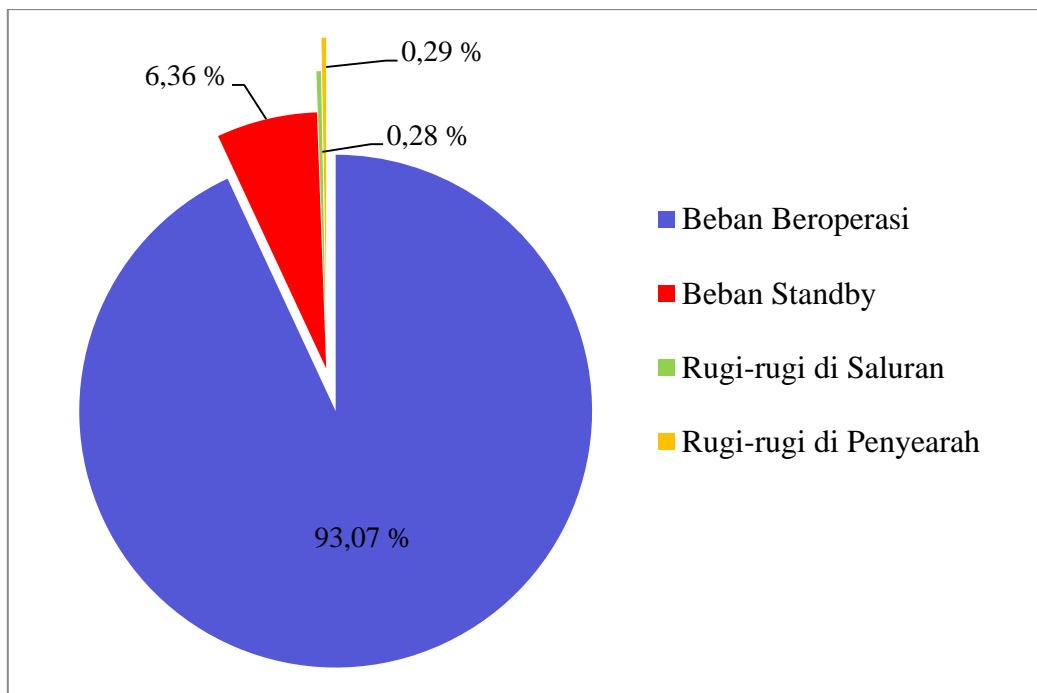
Tabel 4.6 Konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi *power supply* tidak ideal

Nama Beban	Daya Beban (W)	Konsumsi Energi Listrik Pertahun (kWh/tahun)						
		Operasi Beban	Beban <i>Standby</i>	Operasi <i>Power Supply</i>	Rugi-rugi di Saluran	Rugi-rugi di Penyearah Beban DC	Rugi-rugi Total	Jumlah
<i>Smartphone</i>	10	12,317	0	15,038	0,003	0,441	15,482	27,799
Lampu Pijar	50	230,944	0	57,728	0,276	0	58,004	288,948
Lampu Pijar	100	460,359	0	72,012	1,116	0	73,128	533,487
Lampu Pijar	130	561,275	0	71,293	1,656	0	72,949	634,224
Lampu CFL	50	173,251	0	57,216	0,153	3,272	60,641	233,892
Lampu CFL	100	351,648	0	60,348	0,644	5,431	66,423	418,071
Laptop	65	67,862	0	24,762	0,046	1,347	26,155	94,017
Setrika	330	215,915	0	17,905	1,494	0	19,399	235,314
<i>Dispenser</i>	420	767,142	50,852	52,278	2,488	0	105,618	872,76
<i>Rice Cooker</i>	350	253,344	302,205	17,549	0,813	0	320,567	573,911
Kompor Listrik	300	203,786	0	16,219	0,528	0	16,747	220,533
Kompor Listrik	600	408,369	0	22,502	2,092	0	24,594	432,963
<i>Blender</i>	200	37,634	0	6,223	0,089	0	6,312	43,946
<i>LCD Monitor</i>	23	31,898	0	31,145	0,006	0,987	32,138	64,036
Total		3.775,744	353,057	522,218	11,404	11,478	898,157	4.673,9

4.1.2.1 Kondisi *Power Supply* Ideal

Berdasarkan Tabel 4.5, purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi *power supply* ideal membutuhkan energi listrik untuk beban beroperasi yaitu 3.712,466 kWh pertahun dan juga terdapat konsumsi ketika beban *standby* sebesar 253,522 kWh pertahun.

Sementara konsumsi akibat rugi-rugi di saluran adalah 11,404 kWh pertahun dan konsumsi akibat rugi-rugi di rangkaian penyearah pada beban DC 11,478 kWh pertahun. Total rugi-rugi yang terjadi pada sistem adalah sebesar 276,404 kWh pertahun. Persentase konsumsi energi listrik sistem ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Persentase energi pada purwarupa sistem DC kondisi ideal

Karena *power supply* diasumsikan ideal maka energi listrik yang dibutuhkan untuk beroperasi dan rugi-rugi rangkaian penyearah di dalamnya tidak di hitung. Jumlah total konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi *power supply* ideal untuk mencatu daya beban residensial selama satu tahun adalah 3.988,87 kWh. Sementara energi listrik yang keluar hingga ke beban hanya mencapai 3.712,466 kWh pertahun.

Sehingga efisiensi sistem dapat dihitung menggunakan persamaan (3.0). Berikut ini adalah perhitungan efisiensi pada purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi *power supply* ideal :

$$\eta_{dc \text{ ideal}} = \left(\frac{3.712,466}{3.988,87} \right) \times 100\%$$

$$\eta_{dc \text{ ideal}} = 93,07 \%$$

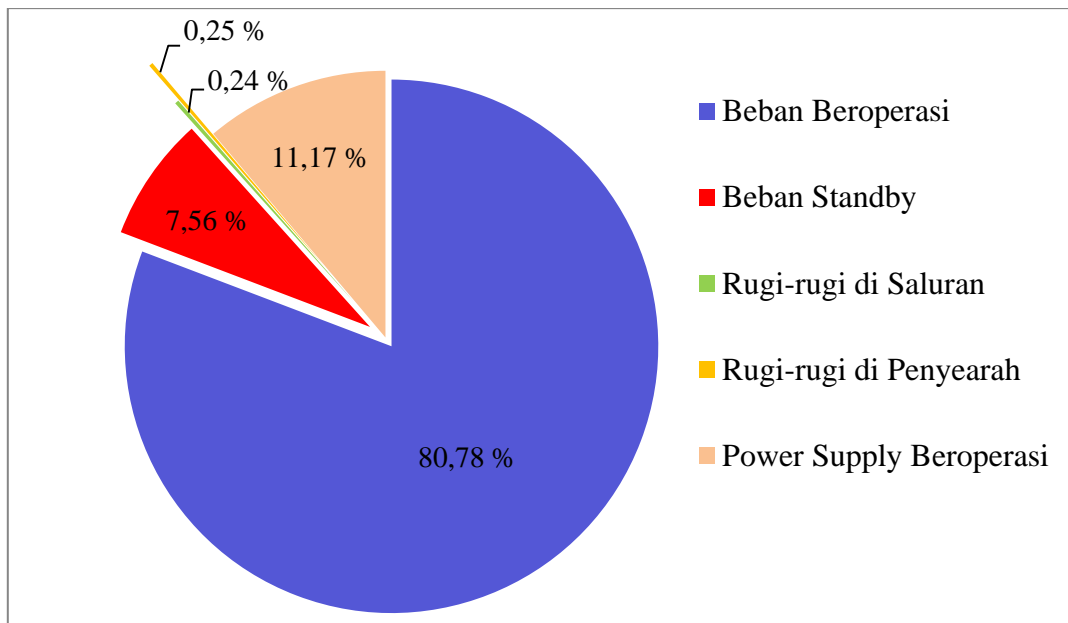
4.1.2.2 Kondisi *Power Supply* Tidak Ideal

Dari Tabel 4.6, jumlah total konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi *power supply* tidak ideal untuk mencatu daya beban residensial selama satu tahun mencapai 4.673,9 kWh dengan jumlah total rugi-rugi dalam pengujian sistem ini adalah 898,157 kWh. Energi listrik yang keluar hingga ke beban hanya mencapai 3.775,744 kWh pertahun. Sehingga efisiensi sistem ini bisa dihitung menggunakan persamaan (3.0). Berikut adalah perhitungan efisiensi purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi tidak ideal :

$$\eta_{dc \text{ tidak ideal}} = \left(\frac{3.775,744}{4.673,9} \right) \times 100\%$$

$$\eta_{dc \text{ tidak ideal}} = 80,07 \%$$

Pemakaian energi listrik dalam sistem ini terdiri dari konsumsi untuk beban beroperasi sebesar 3.775,744 kWh pertahun dan konsumsi ketika beban *standby* yaitu 353,057 kWh pertahun. Kemudian konsumsi juga terjadi akibat rugi-rugi di saluran 11,404 kWh pertahun dan rugi-rugi di rangkaian penyearah beban DC sejumlah 11,478 kWh pertahun. Konsumsi saat *power supply* beroperasi turut dihitung sebagai rugi-rugi yaitu sebesar 522,218 kWh pertahun. Persentase konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC 220 volt dengan kondisi *power supply* tidak ideal ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Persentase energi pada purwarupa sistem DC kondisi tidak ideal

4.2 Analisis Perbandingan Sistem AC dan Purwarupa Sistem DC

4.2.1 Efisiensi Daya

Dengan menggunakan data hasil pengukuran daya *input* dan daya *output* pada masing-masing sistem. Maka tingkat efisiensi setiap sistem bisa dihitung menggunakan persamaan (2.4). Hasil perhitungan efisiensi daya masing-masing sistem ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Efisiensi daya setiap sistem

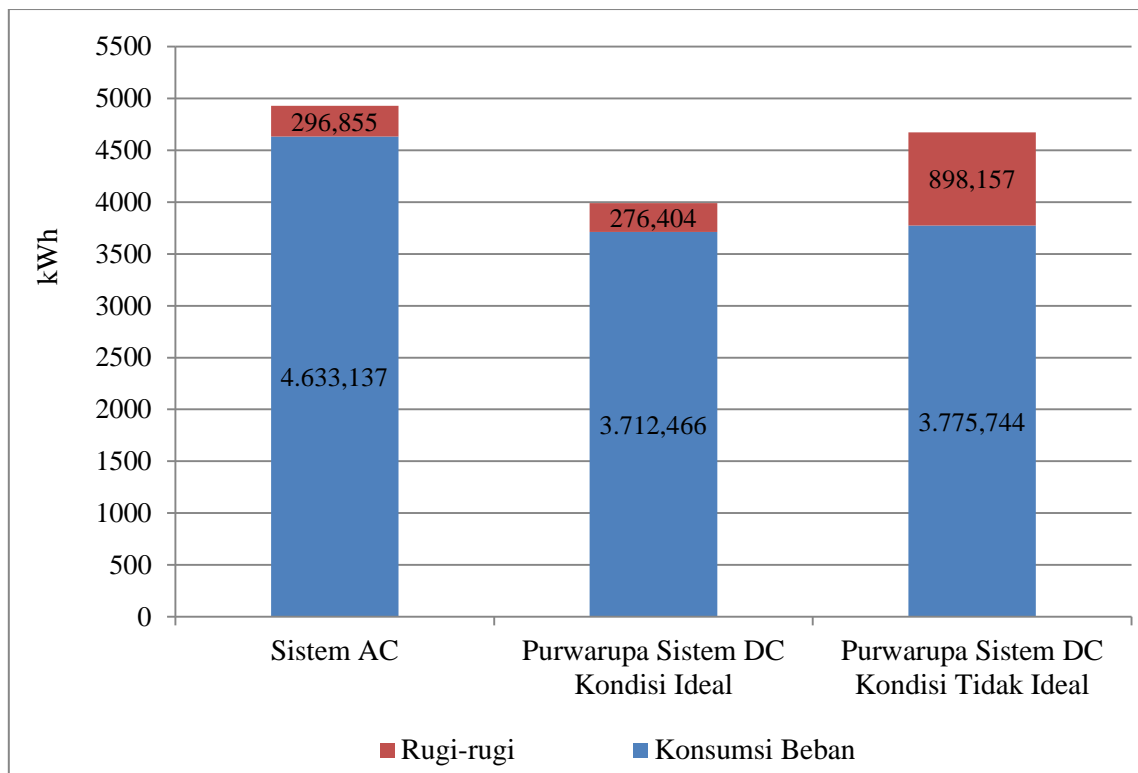
Nama Beban	Daya Beban (W)	Sistem AC 220 volt (%)	Purwarupa Sistem DC 220 volt Kondisi Ideal (%)	Purwarupa Sistem DC 220 volt Kondisi Tidak Ideal (%)
<i>Smartphone</i>	10	98,23	96,12	44,31
Lampu Pijar	50	99,87	99,88	79,93
Lampu Pijar	100	99,75	99,76	86,29
Lampu Pijar	130	99,68	99,70	88,50
Lampu CFL	50	98,60	97,99	74,07
Lampu CFL	100	98,39	98,25	84,11
Laptop	65	98,32	97,90	72,18
Setrika	330	99,72	99,30	91,76
<i>Dispenser</i>	420	99,67	99,67	93,34
<i>Rice Cooker</i>	350	99,67	99,68	93,24
Kompor Listrik	300	99,74	99,74	92,41
Kompor Listrik	600	99,48	99,48	94,32
<i>Blender</i>	200	99,90	99,76	85,64
<i>LCD Monitor</i>	23	98,61	96,71	49,81
Rata-rata		99,26	98,85	80,71

Berdasarkan Tabel 4.7, efisiensi setiap sistem saat mencatu daya suatu jenis beban residensial memiliki hasil berbeda-beda. Tingkat efisiensi rata-rata sistem AC 220 volt sedikit lebih tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi rata-rata purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal dengan keunggulan hanya 0,41 %. Sementara apabila kedua sistem tersebut dibandingkan dengan efisiensi rata-rata pada purwarupa sistem DC 220 volt kondisi tidak ideal maka sistem AC 220 volt dan purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal jauh lebih unggul hingga 18 %.

Pada purwarupa sistem DC 220 volt kondisi tidak ideal, perubahan efisiensi yang terjadi cukup signifikan ketika mencatu daya beban residensial yang berbeda-beda. Kenaikan maupun penurunan nilai efisiensi yang cukup jauh tersebut di pengaruhi oleh besarnya daya *power supply* yang beroperasi secara terus menerus dan rugi-rugi daya yang turut berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan arus beban di dalam sistem.

4.2.2 Efisiensi Konsumsi Energi Listrik

Gambar 4.4 menampilkan perbandingan antara konsumsi energi listrik dan rugi-rugi yang terjadi pada setiap sistem.



Gambar 4.4 Perbandingan konsumsi energi listrik setiap sistem

Berdasarkan Gambar 4.4, jumlah total konsumsi energi listrik paling besar adalah pada sistem AC yaitu 4.929,992 kWh pertahun. Sementara jumlah konsumsi pada purwarupa sistem DC lebih rendah, untuk kondisi ideal yaitu 3.988,87 kWh pertahun dan kondisi tidak ideal sebesar 4.673,9 kWh pertahun. Selisih antara sistem AC dengan purwarupa sistem DC kondisi ideal dan tidak ideal adalah 941,122 kWh pertahun dan 256,092 kWh pertahun.

Konsumsi energi listrik khusus untuk beban beroperasi pada sistem AC 220 volt adalah 4.633,137 kWh pertahun dimana jumlah tersebut lebih tinggi 920,671 kWh daripada konsumsi purwarupa sistem DC kondisi ideal yaitu hanya 3.712,466 kWh pertahun. Berdasarkan pada perbandingan tersebut, sistem AC ternyata membutuhkan konsumsi energi listrik lebih besar untuk mencatu daya beban residensial dengan kapasitas yang sama. Sehingga jika dibandingkan dengan purwarupa sistem DC, potensi penghematan energi listrik di sisi beban yang bisa dihasilkan oleh purwarupa sistem DC tersebut cukup besar. Karena dengan berkurangnya konsumsi energi listrik oleh beban maka akan berdampak pada menurunnya arus beban dalam sistem. Selain itu, keadaan tersebut mampu menunda kebutuhan untuk membangun unit pembangkit yang baru apabila terjadi kenaikan permintaan konsumsi energi listrik.

Besarnya persentase konsumsi energi listrik dan rugi-rugi yang terjadi pada masing-masing sistem ditampilkan dalam Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.8 Efisiensi konsumsi energi listrik setiap sistem

Nama Sistem	Efisiensi (%)
Sistem AC 220 volt	93,97
Purwarupa Sistem DC 220 volt Kondisi Ideal	93,07
Purwarupa Sistem DC 220 volt Kondisi Tidak Ideal	80,07

Berdasarkan Tabel 4.7, tingkat efisiensi konsumsi energi listrik dari sistem AC 220 volt sedikit lebih unggul dari purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal. Meskipun selisih kedua sistem tersebut tidak jauh yaitu hanya 0,9 %. Sementara efisiensi purwarupa sistem DC kondisi tidak ideal adalah yang paling rendah dibandingkan kedua sistem lainnya. Konversi daya dari listrik AC menjadi DC pada *power supply* yang beroperasi menyebabkan adanya daya yang hilang selama proses penyaluran energi listrik ke beban. Sehingga hal ini bisa menjadi bahan pertimbangan untuk terlebih dahulu memprediksi besarnya potensi energi listrik yang akan hilang akibat rugi-rugi sebelum membuat suatu sistem yang menggunakan listrik DC sebagai catu daya utama beban-beban listrik di rumah tangga.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem dan perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh sejumlah kesimpulan berikut ini :

1. Daya yang diserap oleh beban residensial kategori “I” ketika kondisi *standby* pada sistem AC 220 volt lebih besar jika dibandingkan dengan purwarupa sistem DC kondisi ideal. Selain itu, beban DC dalam kondisi *standby* hanya membutuhkan daya yang sangat kecil sekali apabila dicatu daya oleh listrik DC. Sehingga daya *standby* beban DC tersebut bisa di abaikan dalam perhitungan konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC.
2. Efisiensi daya rata-rata sistem AC 220 volt sedikit lebih unggul dibandingkan efisiensi daya rata-rata purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal dengan perbedaan hanya 0,41 %. Namun hal ini menunjukkan bahwa tingkat efisiensi purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal hampir sama efektifnya dengan sistem AC dalam mencatu daya beban residensial.
3. Jumlah total konsumsi energi listrik yang dibutuhkan sistem AC untuk mencatu daya beban residensial selama satu tahun adalah 4.929,992 kWh pertahun. Sementara jumlah konsumsi pada purwarupa sistem DC untuk kondisi ideal yaitu 3.988,87 kWh pertahun dan kondisi tidak ideal sebesar 4.673,9 kWh pertahun.
4. Konsumsi energi listrik pada purwarupa sistem DC lebih rendah daripada sistem AC. Selisih antara sistem AC 220 volt dan purwarupa sistem DC 220 volt mencapai 941,122 kWh pertahun untuk kondisi ideal dan 256,092 kWh pertahun untuk kondisi tidak ideal. Konsumsi energi listrik yang lebih rendah tersebut akan berdampak pada penurunan arus beban dalam sistem dan mampu menunda kebutuhan untuk membangun unit pembangkit yang baru apabila terjadi kenaikan permintaan konsumsi energi listrik.
5. Total konsumsi energi listrik akibat rugi-rugi yang terjadi pada sistem AC 220 volt lebih besar jika dibandingkan purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal dengan selisih 20,451 kWh.
6. Efisiensi konsumsi energi listrik sistem AC 220 volt sedikit lebih unggul dari purwarupa sistem DC 220 volt kondisi ideal dengan selisih hanya 0,9 %.
7. Efisiensi daya dan efisiensi konsumsi energi listrik purwarupa sistem DC 220 volt kondisi tidak ideal jauh lebih rendah daripada kedua sistem lainnya. Hal tersebut disebabkan karena seluruh daya yang dibutuhkan pada saat *power supply* beroperasi secara terus-menerus digolongkan sebagai rugi-rugi sistem.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang bisa dilakukan selanjutnya untuk menyempurnakan penelitian ini antara lain :

1. Pengujian sistem akan lebih efektif jika menggunakan jaringan distribusi DC yang mencatu daya beban untuk beberapa rumah.
2. Daya beban residensial yang digunakan untuk pengujian sistem sebaiknya mendekati kapasitas daya terpasang di rumah-rumah yang ada di Indonesia.
3. Untuk memperkecil rugi-rugi yang timbul di saluran maka bisa menggunakan jenis konduktor tembaga dengan luas penampang yang lebih besar.
4. Mengintegrasikan purwarupa sistem DC dengan pembangkit listrik yang menggunakan energi baru terbarukan sebagai sumber energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Techakittiroj and V. Wongpaibool, “Co-existence between AC-distribution and DC-distribution: in the view of appliances,” in *International Conference on Computer and Electrical Engineering (ICCEE)*, 2009, pp. 421–425.
- [2] S. Ramadoni, *Buku Ajar Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Universitas Muhamadiyah Yogyakarta, 2016.
- [3] M. Wijaya, *Dasar-dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Djambatan, 2001.
- [4] A. T. Elsayed, A. A. Mohamed, and O. A. Mohammed, “DC microgrids and distribution systems: An overview,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 119, pp. 407–417, 2015.
- [5] F. Dastgeer and H. E. Gelani, “A Comparative analysis of system efficiency for AC and DC residential power distribution paradigms,” *Energy Build.*, vol. 138, pp. 648–654, 2017.
- [6] D. Nilsson and A. Sannino, “Efficiency analysis of low-and medium-voltage DC distribution systems,” *Power Eng. Soc. Gen. ...*, pp. 1–7, 2004.
- [7] M. A. Rodriaguez-Otero and E. O’Neill-Carrillo, “Efficient home appliances for a future DC residence,” *2008 IEEE Energy 2030 Conf. ENERGY 2008*, 2008.
- [8] K. Engelen *et al.*, “Small-scale residential DC distribution systems,” *IEEE Benelux Young Res. Symp. Electr. Power Eng.*, no. 14, pp. 1–7, 2006.
- [9] D. J. Hammerstrom, “AC versus DC distribution systems-did we get it right?,” *2007 IEEE Power Eng. Soc. Gen. Meet. PES*, pp. 1–5, 2007.
- [10] K. Hery, “Alat Ukur Listrik AC (Arus, Tegangan, Daya) dengan Port Paralel,” *Tugas Akhir*, p. 17, 2010.
- [11] Y. Arafat and M. Amin, “Feasibility study of low voltage DC house and compatible home appliance design,” pp. 1–76, 2011.
- [12] <http://kmiwire.com/en/products/lv-power-cables/copper-cables/1032.html>
- [13] http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/1/N/4/0/1N4007.shtml
- [14] http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/G/B/J/1/GBJ15005.shtml

LAMPIRAN

Lampiran 1.

Spesifikasi *power supply* TH220X03N-220AC

Seri	TH220X03N-220AC
Berat	1 KG
Dimensi (PxLxT)	58mm x 118mm x 187mm
Metode Pendinginan	Kipas udara
Sumber Tegangan AC	220V +15%
Keluaran Tegangan DC	190-260V
Keluaran Arus DC	3A
Efisiensi	> 90%
Akurasi Stabilitas Tegangan	+ 0,5%
<i>Ripple</i>	< + 0,2%
<i>Noise</i>	5%

Lampiran 2.

Hasil pengukuran pada pengujian sistem AC 220 volt

Nama Beban	Daya Beban (W)	Daya Standby (W)	Daya Input (W)	Daya Output (W)	Panjang Saluran (m)	Resistansi Saluran (ohm)	Tegangan di Sumber (V)	Tegangan di Beban (V)	Arus Beban (A)	<i>Cos Phi</i>
<i>Smartphone</i>	10	1,1	9,6	9,43	50	0,565	220,6	220,3	0,088	0,5 lead
Lampu Pijar	50	0	52,9	52,83	50	0,565	220,2	219,6	0,239	1
Lampu Pijar	100	0	105,3	105,04	50	0,565	220,3	219,2	0,478	1
Lampu Pijar	130	0	123,8	123,41	50	0,565	220,8	219,4	0,589	0,93 lag
Lampu CFL	50	0	45,6	44,96	50	0,565	220,3	219,7	0,298	0,7 lag
Lampu CFL	100	0	91,4	89,93	50	0,565	220,5	219,6	0,596	0,68 lag
Laptop	65	4,3	57,6	56,63	50	0,565	221,1	220,5	0,425	0,61 lead
Setrika	330	0	298,6	297,77	20	0,226	220,3	219,2	1,355	1
<i>Dispenser</i>	420	4,8	350,9	349,75	20	0,226	220,4	218,9	1,594	1
<i>Rice Cooker</i>	350	46,1	347,4	346,27	20	0,226	220,7	219,2	1,58	1
Kompor Listrik	300	0	283,5	282,77	20	0,226	220,3	219,3	1,271	1
Kompor Listrik	600	0	561,1	558,18	20	0,226	220,4	218,2	2,541	1
<i>Blender</i>	200	0	107,3	107,19	20	0,226	220,5	220,1	0,482	0,97 lag
<i>LCD Monitor</i>	23	2,2	15,8	15,58	50	0,565	220,8	220,5	0,116	0,61 lead

Lampiran 3.

Hasil pengukuran pada pengujian purwarupa sistem DC 220 volt

Nama Beban	P_{beban} (W)	P_{in} tidak ideal (W)	P_{in} Ideal (W)	P_{standby} tidak ideal (W)	P_{standby} ideal (W)	Panjang Saluran (m)	R_{saluran} (Ω)	V_{ac} <i>Input</i> (V)	I_{ac} <i>Input</i> (A)	Cos Phi Sistem	V_{dc} <i>Output</i> (V)	I_{dc} Beban (A)	η_{sistem} (%)
<i>Smartphone</i>	10	19,04	7,84	0	0	50	0,565	220,2	0,168	0,51	219,4	0,037	41,5
Lampu Pijar	50	65,97	51,96	0	0	50	0,565	220,7	0,484	0,62	219,4	0,237	78,7
Lampu Pijar	100	121,8	104	0	0	50	0,565	219,4	0,838	0,66	219,5	0,474	85,4
Lampu Pijar	130	144,8	126,8	0	0	50	0,565	219,7	1,012	0,65	219,4	0,578	87,6
Lampu CFL	50	53,4	38,83	0	0	50	0,565	220,7	0,415	0,58	219,4	0,177	74,9
Lampu CFL	100	95,45	79,33	0	0	50	0,565	219,7	0,689	0,62	219,3	0,361	82,3
Laptop	65	42,93	30,31	0	0	50	0,565	220,1	0,342	0,57	219,2	0,137	72,3
Setrika	330	322,4	295,2	0	0	20	0,226	220,2	2,326	0,62	219,4	1,346	91,9
<i>Dispenser</i>	420	375,3	347,6	11,61	4,67	20	0,226	219,5	2,823	0,61	219,3	1,585	92,6
<i>Rice Cooker</i>	350	372,2	344,4	59,14	45,61	20	0,226	219,9	2,796	0,61	219,4	1,57	92,6
Kompur Listrik	300	302,1	277,5	0	0	20	0,226	219,5	2,184	0,63	219,3	1,265	91,9
Kompur Listrik	600	593,1	552,2	0	0	20	0,226	219,3	4,668	0,58	219,2	2,518	93,1
<i>Blender</i>	200	120,4	102,8	0	0	20	0,226	219,9	0,849	0,65	219,4	0,466	85,4
<i>LCD Monitor</i>	23	21,93	10,32	0	0	50	0,565	219,5	0,188	0,53	219,4	0,047	47,2