

**ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI SISTEM AC DAN DC
PADA BEBAN RESIDENSIAL MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
ETAP**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Dodi Warisanto

11 524 059

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI SISTEM AC DAN DC PADA BEBAN
RESIDENSIAL MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP**



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

Disusun oleh:

Dodi Warisanto
11 524 059



Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI SISTEM AC DAN DC PADA BEBAN
RESIDENSIAL MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Dodi Warisanto

11 524 059

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 13 Agustus 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T

Anggota Penguji 1: Firmansyah Nur Budiman, S.T, M.Sc

Anggota Penguji 2: Husein Mubarak, S.T, M.Eng

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 23 Agustus 2018



Ketua Program Studi Teknik Elektro

Muhammad Antrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D

045240101

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 Agustus 2018



Dodi Warisanto

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. Wb

Alhamdulillah *rabbil 'alamin*, segala puji hanya milik Allah SWT, Dzat yang Maha Agung, Maha Sempurna, atas limpahan nikmat dan karunia yang tak henti-hentinya dianugerahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Perbandingan Efisiensi Sistem AC Dan DC Pada Beban Residensial Menggunakan *Software* ETAP ”.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Strata I Program Studi teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan, motivasi, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Nabi Muhammad SAW, suri teladan hidup yang syafa'atnya kita nantikan selalu hingga akhir zaman.
3. Bapak, Ibu, Kakak, dan keluarga besar, atas segala do'a, nasehat, saran, motivasi, kasih sayang dan semangat.
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak Wahyudi Budi Pramono, S.T., M. Eng, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar memberikan bimbingan, saran, masukkan, serta pengarahan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
6. Bapak Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar memberikan bimbingan, saran, masukkan, serta pengarahan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
7. Dosen-dosen penulis selama mengikuti perkuliahan di Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia angkatan 2011 yang telah menemani mengerjakan tugas akhir, memberi semangat, motivasi dan bantuannya.
9. Seluruh teman-teman yang terlibat dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, untuk itu penulis meminta kritik dan saran yang bersifat membangun untuk pengembangan lebih lanjut. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan bisa memperkaya ilmu pengetahuan terutama teman-teman program studi teknik elektro.

Yogyakarta, 1 Agustus 2018

Dodi Warisanto

ABSTRAK

Tugas akhir ini membahas mengenai perbandingan efisiensi konsumsi energi listrik pada beban sistem 220 VAC dan 220 VDC beban residensial. Parameter pembanding utamanya yaitu nilai rugi – rugi dan efisiensi konsumsi energi listrik pada tiap – tiap sistem. Simulasi kedua sistem AC dan DC dilakukan dengan *software* ETAP 12.6 dengan catu daya langsung dari tegangan PLN AC 220 volt untuk sistem AC. Sementara untuk sistem DC, tegangan 220 VDC diperoleh dari 220 VAC yang telah dirubah dengan konverter. Simulasi kedua sistem dilakukan dengan cara membuat instalasi dengan beban – beban residensial dengan kabel yang mempunyai panjang saluran 20 meter dan 50 meter. Dari simulasi ETAP dapat mengetahui nilai arus dan resistansi saluran pada tampilan *report manager* sehingga dapat mengetahui nilai rugi – rugi serta efisiensi dari kedua sistem. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan, nilai total rugi – rugi yang terjadi pada sistem 220 VAC sebesar 5.897 watt lebih besar dibandingkan dengan sistem 220 VDC sebesar 5.129 watt dengan selisish perbedaan 0.77. Sedangkan nilai efisiensi konsumsi energi listrik sistem 220 VDC sebesar 99.76 % lebih tinggi dibandingkan dengan dengan sistem 220 VAC sebesar 92.72 %.

Kata kunci : ETAP 12.6, sistem 220 VAC, sistem 220 VDC, rugi – rugi, efisiensi energi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	iError! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
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	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	6
2.2.1 Energi Listrik	6
2.2.2 Daya	6
2.2.3 Efisiensi	8
2.2.4 Rugi - rugi.....	9
2.2.5 Tegangan Jatuh	9
2.2.6 Faktor Daya.....	9
2.2.7 ETAP (Electrical Transient Analysis Program).....	11
BAB 3 METODOLOGI.....	13
3.1 Desain Sistem	13

3.2 Pengelompokan Dan Pengumpulan Data.....	13
3.3 Simulasi ETAP 12.6	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.2 Simulasi ETAP 12.6 Sistem DC	16
4.3 Perbandingan Efisiensi Sistem AC Dan DC	18
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	20
4.4 Kesimpulan	20
4.5 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok diagram sistem	7
Gambar 2.2 Gelombang Sinus Pada Faktor Daya <i>Lagging</i>	9
Gambar 2.3 Gelombang Sinus Pada Faktor Daya <i>Leading</i>	10
Gambar 3.1 Blok diagram sistem	12
Gambar 4.1 Hasil simulasi ETAP sistem AC.....	14
Gambar 4.2 Hasil simulasi ETAP sistem DC.....	14

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Beban Dan Panjang Kabel	13
Tabel 4.1 Hasil data <i>report manager</i> simulasi ETAP sistem AC	15
Tabel 4.2 Hasil data <i>report manager</i> simulasi ETAP sistem DC	16
Tabel 4.3 Hasil perhitungan <i>losses</i> sistem AC 220 volt.....	16
Tabel 4.4 Hasil perhitungan <i>losses</i> sistem DC 220 volt.....	17
Tabel 4.5 Efisiensi konsumsi listrik setiap sistem.....	17

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem kelistrikan seperti sistem pembangkit listrik, saluran transmisi dan saluran distribusi dapat terdiri dari sistem AC (*alternating current*) atau disebut sistem arus bolak-balik dan sistem DC (*direct current*) atau biasa disebut sistem arus searah serta bisa dari gabungan keduanya antara sistem listrik AC dan sistem listrik DC. Pada umumnya sistem listrik di Indonesia menggunakan sistem AC, sedangkan mayoritas pelanggan beban residensial memerlukan catu daya listrik DC untuk peralatan rumah tangga seperti lampu *LED*, televisi *LED*, laptop dan *smartphone*.

Seiring pesatnya perkembangan teknologi kebutuhan listrik di sisi beban juga terus meningkat, sehingga diperlukan penyesuaian teknologi sistem tenaga listrik. Mayoritas sistem kelistrikan AC memiliki beberapa kekurangan yaitu:

1. Semakin panjang saluran transmisi dan saluran distribusi maka semakin besar juga rugi-rugi dan jatuh tegangan [1].
2. Nilai faktor daya atau perbandingan antara daya aktif dan daya semu yang rendah mengakibatkan arus beban naik dan suhu tinggi pada sistem, nilai faktor daya tersebut dipengaruhi oleh beban induktif dan beban kapasitif [2].

Dibandingkan sistem AC dalam penyaluran daya dan penggunaan di sisi beban, sistem DC lebih banyak keuntungannya seperti [3]:

1. Konversi daya listrik DC dapat dilakukan dengan bahan semikonduktor sehingga nilai rugi-rugi lebih rendah.
2. Sumber energi listrik DC lebih mudah diperoleh seperti dari sumber energi baru terbarukan, lebih ramah lingkungan tersedia melimpah di lingkungan dan bebas polusi.
3. Sumber listrik DC dapat disimpan dalam baterai.

Oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian perbandingan untuk memperoleh nilai efisiensi dari sistem listrik residensial beban 220 VAC dan 220 VDC. Dengan membuat simulasi menggunakan *software* ETAP untuk mengetahui nilai rugi-rugi dan konsumsi energi listrik beban residensial.

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

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membandingkan efisiensi penggunaan beban residensial sistem AC dan DC?
2. Bagaimana pengaruh variasi penggunaan beban residensial terhadap rugi-rugi dan efisiensi konsumsi energi pada sistem AC dan DC?

1.3 Batasan Masalah

1. Beban residensial beroperasi dengan tegangan yang sama yaitu 220 VAC dan 220 VDC.
2. Sumber tegangan 220 VAC diperoleh langsung dari jala-jala PLN, untuk tegangan 220 VDC diperoleh dari 220 VAC yang sudah dirubah melalui konverter DC.
3. Parameter yang diamati yaitu nilai rugi-rugi dan efisiensi konsumsi listrik pada beban residensial sistem AC dan DC.
4. Beban residensial untuk pengujian merupakan peralatan rumah tangga yang biasa digunakan seperti *smartphone* lampu pijar, lampu cfl, laptop, lcd monitor, setrika, mesin cuci, penanak nasi, kompor listrik, dispenser.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perbandingan efisiensi penggunaan beban residensial dengan sistem AC dan DC menggunakan *software* ETAP.
2. Mengetahui dan menganalisis perbedaan efisiensi konsumsi energi listrik dan rugi-rugi pada sistem beban residensial sistem AC dan DC.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui kelebihan dan kelemahan beban residensial sistem AC dan DC dalam hal konsumsi listrik.
2. Mengetahui sistem penyaluran dan konsumsi listrik yang lebih efektif dan efisien sehingga dapat menghemat dalam penggunaan listrik rumah.

3. Penghematan konsumsi energi listrik agar dalam pemakaian dan penyaluran daya lebih efektif dan efisien.
4. Memberi kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya sistem DC.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian yang pertama yaitu oleh Shereya Iyer et al dengan judul “DC Distribution System for Homes”, penelitian ini membahas bagaimana membandingkan tingkat efisiensi yang ada pada sistem distribusi arus searah (DC) dengan arus listrik bolak balik (AC) untuk aplikasinya pada berbagai perangkat elektronik yang ada dirumah. Pada penelitian ini menyimpulkan dengan menggunakan kabel dengan tipe *flat* memiliki tingkat efisiensi yang sangat baik dilihat dari hantaran arus dan efek *thermal* dibandingkan dengan kabel biasa [4]. Pada penelitian ini membahas mengenai distribusi sistem DC dengan AC pada perangkat elektronik rumah, sama halnya dengan penelitian yang saya lakukan untuk mengetahui nilai efisiensi. Perbedaannya penelitian Shereya terdapat pada penggunaan kabel tipe *flat* dan dilakukan simulasi secara langsung, sedangkan penelitian yang saya lakukan menggunakan kabel tipe NYM 2 x 1.5 mm dan disimulasikan dengan aplikasi ETAP 12.6.

Penelitian yang selanjutnya yaitu oleh Mark Cabaj dengan judul “DC house Modeling and System Design”, pada penelitian ini membahas bagaimana mendesain sebuah sistem distribusi DC untuk berbagai perangkat elektronik pada rumah. Konsentrasi utamanya yaitu dengan mempertimbangkan ukuran kabel, maksimal *power input*, implementasi sistem distribusi ring atau radial, untuk mendapatkan tingkat efisiensi listrik yang maksimal. Efisiensi yang dimaksud yaitu bagaimana menyalurkan semua sumber daya listrik pada jalur utama tegangan dengan minimal *power loss* [5]. Pada penelitian yang dilakukan Mark dengan penelitian yang saya lakukan sama yaitu membahas mengenai tingkat efisiensi dengan mengetahui nilai *losses*nya. Perbedaan penelitian yang dilakukan Mark hanya pada sistem DC sedangkan penelitian yang saya lakukan pada sistem AC dan DC beban residensial.

Selanjutnya pada penelitian Ainul Rochman dengan judul “Perbandingan Analisis Kelistrikan AC dan DC pada Jaringan Tegangan Rendah, pada penelitian ini membahas mengenai perbandingan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem AC dan DC. Di penelitian ini membahas beberapa sistem DC yang menjadi alternatif permasalahan rugi-rugi konversi pada sistem AC. Pada pengukuran uji adapter laptop AC konverter AC-DC memperoleh hasil 1-5 W dengan efisiensi rata-rata 94%. Selanjutnya pada pengujian adapter AC ponsel hasil konversi rugi-rugi rata-ratanya 0,6 W dengan rata-rata efisiensi 78% [6]. Penelitian yang dilakukan Ainul dengan penelitian yang saya lakukan sama yaitu analisis perbandingan sistem kelistrikan AC dan DC pada tegangan rendah, yang bertujuan untuk mengetahui nilai rugi-rugi

serta tingkat efisiensi dari kedua sistem. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan Ainul hanya membahas pengujian terhadap adapter *smartphone* dengan adapter laptop saja. Sedangkan penelitian yang saya lakukan yaitu melakukan pengujian terhadap beban-beban listrik rumah tangga yang umum digunakan di Indonesia.

Penelitian D. Faizan, H. E. Gelani membandingkan efisiensi sistem 230 VAC dan 230 VDC pada jaringan distribusi beban residensial. Pada pengujian dengan efisiensi konverter distribusi 95 % dan efisiensi konverter 95 % di beban diperoleh hasil efisiensi sistem AC 93.42 %. Lebih baik dibandingkan dengan efisiensi sistem DC yaitu 91.33 %. Kemudian dengan ditambah beban DC dengan menggunakan *variable speed drive* (VSD) diperoleh efisiensi sistem DC 90.92 % lebih tinggi dibandingkan sistem AC yaitu 90.53 % [7]. Penelitian yang dilakukan D. Faizan dengan penelitian yang saya lakukan yaitu sama-sama membahas mengenai perbandingan tingkat efisiensi antara sistem AC dengan sistem DC. Kemudian perbedaan antara penelitian yang saya lakukan dengan penelitian yang dilakukan D. Faizan yaitu pada *suplay* tegangan sebesar 230 VAC dan 230 VDC serta adanya penggunaan *variable speed drive* pada beban DC sehingga tingkat efisiensinya lebih baik dibandingkan dengan sistem AC, sedangkan penelitian yang saya lakukan menggunakan *suplay* tegangan 220 VAC dan 220 VDC.

Penulis D. Hammerstrom membandingkan efisiensi sistem dan banyak konversi daya listrik pada sistem distribusi DC dan AC dalam mencatu jenis beban rumah. Hasil sistem AC lebih unggul dengan tingkat efisiensi 97 % jika dibandingkan dengan sistem DC yang memiliki efisiensi 95 %. Tetapi sistem DC lebih unggul dengan efisiensi 97 % dan konversi daya listrik yang terjadi lebih sedikit dibandingkan dengan sistem AC yang efisiensinya 94.5 % dan tahap konversi daya listrik lebih banyak [8]. Pada penelitian D. Hammerstrom dengan penelitian yang saya lakukan yaitu sama melakukan perbandingan tingkat efisiensi antara sistem AC dan sistem DC dengan jenis beban rumah tangga. Pada penelitian D. Hammerstrom tingkat efisiensi sistem AC yang diperoleh lebih unggul dibandingkan efisiensi sistem DC, sedangkan pada penelitian yang saya lakukan efisiensi sistem DC lebih baik dari pada efisiensi sistem AC walaupun selisih perbedaannya hanya sedikit.

Penulis K. Engelen, E. Shun, and P. Vermeyen membahas sistem distribusi DC, *bus* DC, jaringan distribusi dari generator, analisis efisiensi dan sistem proteksi. Beban residensial DC diberi catu daya tegangan sebesar 325 V, 230 V, dan 20 V. Hasil dari rugi-rugi daya saluran sistem AC sebesar 70 Wh perhari sedangkan sistem DC sebesar 33 Wh perhari. Pada saat konversi daya, efisiensi transformator sistem AC mencapai 97 % sedangkan efisiensi sistem DC menjadi 95 % saat beban penuh. Kemudian sistem proteksi pada distribusi DC jauh berbeda dengan sistem AC, sehingga instalasi lebih sulit jika dibandingkan dengan sistem AC yang biasa digunakan [9]. Pada penelitian K. Engelen et al membahas mengenai sistem distribusi AC dan

DC, dari sistem pembangkit, sistem proteksi dan *bus*. Perbedaan dengan penelitian yang saya lakukan yaitu pada catu daya tegangannya, pada penelitian K. Engelen catu daya tegangannya bervariasi dari 325 V, 230 V dan 20 V pada penelitian nyata di lapangan, sedangkan pada penelitian yang saya lakukan menggunakan catu daya tegangan 220 VAC dan 220 VDC dengan simulasi *software* ETAP untuk mendapatkan hasil rugi-rugi yang selanjutnya digunakan untuk melakukan perhitungan nilai efisiensinya.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Energi Listrik

Energi listrik adalah daya yang dibutuhkan oleh peralatan listrik untuk bekerja dalam waktu tertentu, dinyatakan dalam satuan kilo *Joule*. Besar konsumsi energi listrik dapat dihitung dengan rumus berikut 2.1:

$$W = V.I.t \quad (2.1)$$

Dimana :

- W : Energi listrik (joule)
- V : Tegangan kerja (volt)
- I : Arus ke beban (ampere)
- t : Waktu operasi beban per jam (hour)

2.2.2 Daya

Daya listrik adalah jumlah usaha yang dilakukan sumber tegangan pada rangkaian listrik dalam satu detik. Daya dapat diukur dengan alat *wattmeter* [10].

Daya listrik dibagi menjadi tiga yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Berikut penjelasan dari ketiga daya tersebut:

1. Daya Aktif

Daya aktif merupakan daya yang sebenarnya digunakan oleh konsumen atau daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Berikut persamaan untuk perhitungan daya aktif [11]:

- Daya aktif satu phasa:

$$P = V.I.Cos \theta \quad (2.2)$$

Dimana:

P : Daya aktif (watt)
 V : Tegangan (volt)
 I : Arus (ampere)
 $Cos \theta$: faktor daya

- Daya aktif tiga phasa

$$P = \sqrt{3}.V.I.cos \theta \quad (2.3)$$

Dimana:

P : Daya aktif (watt)
 V : Tegangan (volt)
 I : Arus (ampere)
 $Cos \theta$: faktor daya

2. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang digunakan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk *fluks* medan magnet. Satuan daya reaktif yaitu VAR (*Volt Ampere Reactive*). Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain-lain. Berikut merupakan persamaan untuk mendapatkan daya reaktif:

- Daya reaktif satu phasa

$$Q = V.I.sin \theta \quad (2.4)$$

Dimana:

Q : Daya reaktif (var)
 V : Tegangan (volt)
 I : Arus (ampere)
 $Sin \theta$: faktor reaktif

- Daya reaktif tiga phasa

$$Q = \sqrt{3}.V.I.sin \theta \quad (2.5)$$

Dimana:

- Q : Daya reaktif (var)
- V : Tegangan (volt)
- I : Arus (ampere)
- $\sin \theta$: faktor reaktif

3. Daya Semu

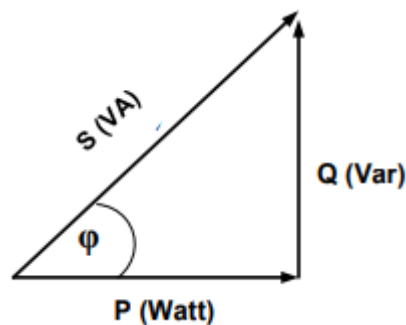
Daya semu merupakan daya yang dibandingkan oleh generator pada sistem pembangkit. Daya semu disimbolkan S dan memiliki satuan VA (*Volt Ampere*). Daya semu terdiri dari daya aktif dan daya reaktif. Persamaan untuk mendapatkan daya semu tiga phasa adalah:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (2.6)$$

Dimana:

- S : Daya semu (va)
- V : Tegangan (volt)
- I : Arus (ampere)

Dari ketiga daya aktif, daya reaktif dan daya semu tersebut dapat digambarkan dengan segitiga daya. Berikut adalah gambar segitiga daya:



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan ilustrasi gambaran matematis antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Daya aktif berada pada posisi horizontal, daya reaktif berada pada posisi vertikal, dan daya semu merupakan sisi miring pitagoras yang terbentuk dari daya aktif dan daya reaktif.

2.2.3 Efisiensi

Efisiensi merupakan perbandingan antara daya yang keluar dan daya yang masuk, efisiensi merupakan faktor penting dalam kinerja dan menentukan tingkat konsumsi eneri pada suatu

peralatan listrik. Efisiensi disimbolkan dengan “ η ”. Dengan nilai efisiensi dapat mengetahui besarnya rugi-rugi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut 2.7 [8]:

$$\eta = \frac{p_{out}}{p_{in}} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

Dimana:

- η : Efisiensi
- p_{out} : Daya keluar (watt)
- p_{in} : Daya masuk (watt)

2.2.4 Rugi - rugi

Besar daya yang hilang saat penyaluran energi listrik dari titik sumber sampai ke beban. Adanya rugi-rugi daya dikarenakan resistansi kabel dan arus beban di suatu sistem. Rugi-rugi daya pada setiap fasa dapat diketahui menggunakan persamaan 2.8 [12].

$$P_{Losses} = I^2 \cdot R \quad (2.8)$$

Dimana:

- P_{Losses} : Rugi-rugi setiap fasa (watt)
- I^2 : Arus saluran perfasa (A)
- R : Resistansi pada saluran (Ω)

2.2.5 Tegangan Jatuh

Tegangan jatuh merupakan selisih antara tegangan disisi pengirim dengan tegangan pada ujung pangkal sisi penerima. Tegangan jatuh disebabkan karena besar reaktansi dan resistansi pada saluran, arus beban dan perbedaan sudut fasa antara arus dengan tegangan. Tegangan jatuh disimbolkan (ΔV), untuk mengetahui nilai tegangan jatuh dapat dihitung dengan persamaan 2.9 berikut [13]:

$$\Delta V = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dimana:

- ΔV : Tegangan jatuh (%)
- V_1 : Tegangan disisi pengirim (volt)
- V_2 : Tegangan disisi penerima (volt)

2.2.6 Faktor Daya

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif (P) satuannya watt (W) dengan daya semu (S) satuannya volt ampere (VA). Daya aktif yaitu besar daya yang digunakan peralatan listrik untuk dapat beroperasi secara optimal. Sedangkan daya semu yaitu besar daya yang ditransmisikan oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) dimana besarnya daya semu merupakan penjumlahan total trigonometri daya aktif dengan daya reaktif, satuan daya reaktif yaitu volt ampere reaktif (VAR).

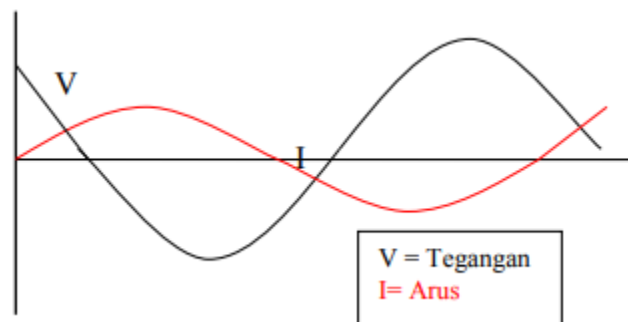
Perbaikan faktor daya adalah memperbaiki perbedaan sudut daya aktif dengan daya semu yang digunakan dalam rangkaian sistem listrik AC atau perbedaan sudut fasa antara nilai tegangan dan arus, biasanya dinyatakan dalam $\cos \phi$. Nilai faktor daya mempunyai rentang antara 0 sampai 1, semakin mendekati 1 maka nilai faktor daya akan semakin baik. Kemudian untuk menghitung nilai faktor daya dapat dilakukan dengan membagi daya aktif (P) dengan daya semu (S). Faktor daya dibagi menjadi dua yaitu faktor daya tertinggal (*lagging*) dan faktor daya mendahului (*leading*) [14].

Berikut merupakan penjelasan antara faktor daya tertinggal (*lagging*) dan faktor daya mendahului (*leading*):

1. Faktor Daya Tertinggal (*lagging*)

Faktor daya *lagging* merupakan kondisi saat beban induktif memerlukan daya reaktif dari jaringan. Nilai $\cos \phi$ pada saat *lagging* bernilai positif. Selanjutnya gelombang sinus, arus (I) akan tertinggal dengan tegangan (V) dan tegangan (V) akan mendahului arus (I) dengan sudut ϕ .

Berikut ini merupakan gelombang sinus pada faktor daya *lagging*:



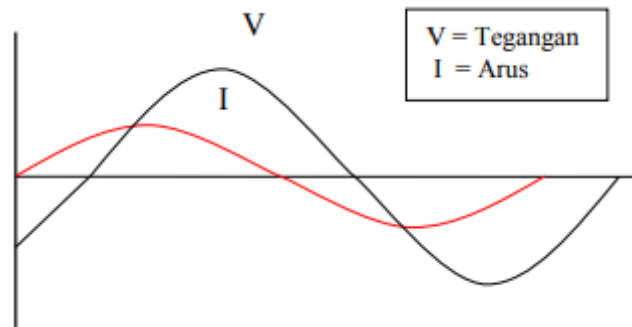
Gambar 2.2 Gelombang Sinus pada Faktor Daya *Lagging*

2. Faktor Daya Mendahului (*leading*)

Faktor daya *leading* merupakan beban saat kondisi bersifat kapasitif dan memberikan daya reaktif ke jaringan. Nilai $\cos \phi$ saat kondisi *leading* bernilai negative. Selanjutnya

gelombang sinus, arus (I) akan mendahului (V) atau tegangan (V) akan tertinggal terhadap arus (I) sebesar sudut ϕ .

Berikut ini merupakan gelombang sinus pada faktor daya *leading*:



Gambar 2.3 Gelombang Sinus pada Faktor Daya *Leading*

2.2.7 ETAP (Electrical Transient Analysis Program)

ETAP merupakan salah satu *software* yang umum digunakan sebagai simulasi sistem tenaga listrik. Simulasi perancangan dan analisis yang biasa dilakukan menggunakan aplikasi ETAP yaitu seperti analisis aliran daya, analisis hubung singkat, *harmonic power system*, analisis motor *starting* simulasi pengujian stabilitas *transient* dan lain-lain.

Dalam suatu simulasi atau perancangan sistem tenaga listrik, diperlukan kemampuan untuk mengubah suatu sistem kelistrikan nyata menjadi suatu model yang biasa disebut *one line diagram* kemudian dilengkapi data-data nyata yang ada dilapangan misalnya data penghantar yang digunakan *nameplate* motor dan lain sebagainya. Data tersebut dibutuhkan untuk simulasi dan menghasilkan hasil yang mendekati kenyataan sesungguhnya sehingga mempermudah analisa sistem kelistrikan yang ada maupun merancang sistem kelistrikan yang baik.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ETAP yaitu:

1. *One line diagram* yaitu notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik.
2. *Library* yaitu informasi mengenai semua peralatan yang akan digunakan dalam sistem kelistrikan.
3. Standar yang dipakai, standar yang biasanya dipakai mengacu pada standar IEC dan ANSI. Perbedaan antara standar IEC dan ANSI terletak pada frekuensi yang digunakan yang mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Nilai standar frekuensi IEC adalah 50Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensinya adalah 60 Hz.
4. *Study case*, pada *study case* berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan serta format hasil analisa.

Penggunaan aplikasi ETAP lebih populer dibandingkan dengan aplikasi lainnya karena aplikasi ini mempunyai beberapa keunggulan, seperti:

1. Pengoperasian mendekati keadaan lapangan sebenarnya.
2. Kemudahan tampilan dan (*interface*) dalam input data.
3. Ketersediaan *entry* data yang lengkap.

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Desain Sistem

Kegiatan penelitian ini di tampilkan dalam blok diagram sebagai berikut:



Gambar 3.1 Blok diagram sistem

3.2 Pengelompokan Dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengelompokan data beban residensial, data beban residensial untuk pengujian sistem AC dan DC diperoleh dari beban peralatan listrik rumah tangga yang umum digunakan. Dimana data beban yang diperoleh akan digunakan sebagai objek dalam menyelesaikan penelitian. Agar penelitian ini dapat terselesaikan secara baik, data yang digunakan bersifat pasti (nyata). Data beban residensial dalam pengujian ini yaitu peralatan listrik rumah tangga yang biasa digunakan dirumah-rumah di Indonesia.

Berikut adalah data beban dan panjang saluran kabel yang selanjutnya akan disimulasikan dengan *software* ETAP 12.6, seperti yang terlihat pada gambar 4.1 dan 4.2.

Tabel 3.1 Data Beban Dan Panjang Kabel

Nama Beban	Daya Beban (w)	Panjang Kabel (m)
<i>Smartphone</i>	10	50
Lampu Pijar	25	50
Lampu Cfl	25	50
Lampu Pijar	40	50
Laptop	65	50
<i>Lcd Monitor</i>	23	20
Setrika	330	50
Mesin Cuci	420	20
Penanak Nasi	350	20
Kompor Listrik	300	20
<i>Dispenser</i>	420	20

3.3 Simulasi ETAP 12.6

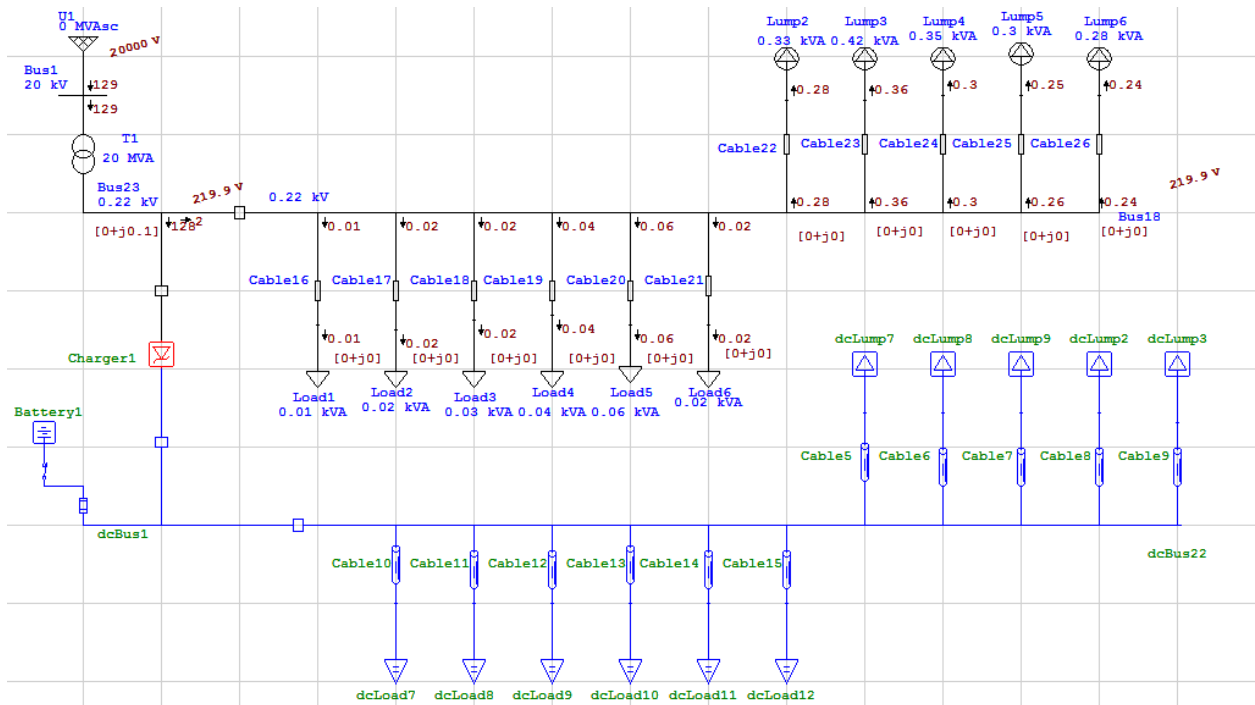
Dalam bagian ini dilakukan simulasi menggunakan *software* ETAP dari data beban residensial yang sudah diperoleh. Dimana dalam simulasi ini untuk mengetahui besar daya, tegangan, arus, resistansi saluran, dan rugi-rugi yang selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui nilai efisiensi konsumsi energi listrik.

BAB 4

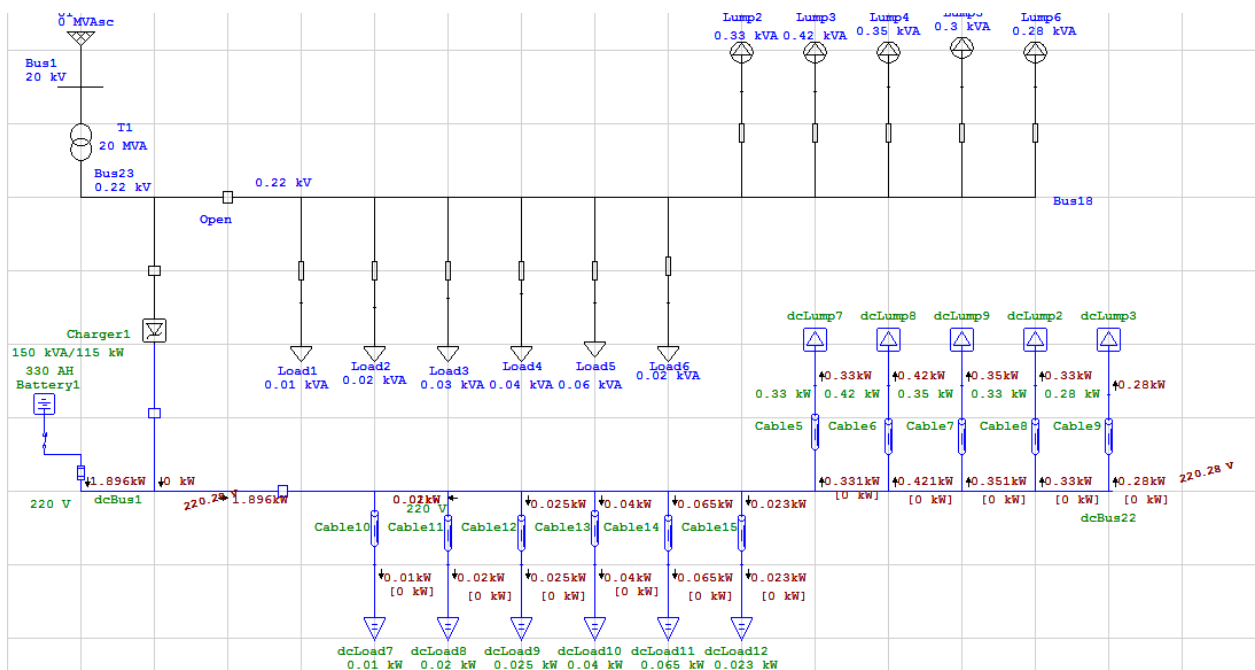
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi ETAP 12.6 Sistem AC

Telah dilakukan simulasi ETAP 12.6 untuk sistem AC dan DC pada gambar 4.1 dan 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Hasil simulasi ETAP sistem AC



Gambar 4.2 Hasil simulasi ETAP sistem DC

Dari simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6 di peroleh data hasil dari *report manager* berupa nilai resistansi, arus, *cos phi*, *losses* dan nilai tegangan jatuh seperti yang ditunjukkan tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Data *Report Manager* Simulasi ETAP Sistem AC

Nama Beban	Daya Beban (w)	Resistansi Saluran (Ω)	Arus Beban (A)	<i>Cos Phi</i>	<i>Losses</i>	<i>V Drop</i>
<i>Smartphone</i>	10	0.44	0.1	1	0.0	0.00
Lampu Pijar	25	0.44	0.1	1	0.0	0.00
Lampu Cfl	25	0.44	0.1	1	0.0	0.00
Lampu Pijar	40	0.44	0.1	1	0.0	0.01
Laptop	65	0.44	0.2	1	0.0	0.01
<i>Lcd Monitor</i>	23	0.44	0.1	1	0.0	0.00
Setrika	330	0.44	1.5	0.85	0.0	0.04
Mesin Cuci	420	0.44	1.9	0.85	0.0	0.02
Penanak Nasi	350	0.44	1.5	0.85	0.0	0.04
Kompore Listrik	300	0.44	1.3	0.85	0.0	0.01
<i>Dispenser</i>	420	0.44	1.9	0.85	0.0	0.02

Dari tabel 4.1 diketahui bahwa dengan nilai daya beban bervariasi diperoleh hasil nilai resistansi saluran yang konstan yaitu 0.44Ω . Untuk nilai arus dengan daya beban kecil dibawah 100 watt rata-rata nilainya konstan di 0.1 amp, sedangkan untuk daya beban di atas 300 watt nilai arusnya mengalami kenaikan mulai dari 1.3 - 1.9 amp. Nilai *cos phi* untuk daya beban kecil dibawah 100 watt bernilai 1 sedangkan untuk nilai daya beban di atas 300 watt dengan nilai *cos phi* 0.85. Kemudian untuk nilai jatuh tegangan, semakin besar arus bebannya maka semakin besar juga nilai jatuh tegangan, *V drop* timbul di sepanjang kabel yang di aliri arus listrik. Untuk nilai *losses* hasil yang diperoleh dari tampilan *report manager* yaitu konstan 0.0.

4.2 Simulasi ETAP 12.6 Sistem DC

Dari hasil simulasi ETAP 12.6 sistem DC pada gambar 3.3 diperoleh hasil data seperti pada tabel 4.2 berikut yang berupa nilai resistansi, arus, *cos phi*, *losses*, dan nilai *Vdrop*.

Tabel 4.2 Hasil Data *Report Manager* Simulasi ETAP 12.6 Sistem DC

Nama Beban	Daya Beban (w)	Resistansi Saluran (Ω)	Arus Beban (A)	<i>Cos Phi</i>	<i>Losses</i>	<i>V Drop</i>
<i>Smartphone</i>	10	0.325	0.046	0.85	0.0	0.00
Lampu Pijar	25	0.325	0.114	0.85	0.0	0.01
Lampu Cfl	25	0.325	0.114	0.85	0.0	0.01
Lampu Pijar	40	0.325	0.182	0.85	0.0	0.01
Laptop	65	0.325	0.296	0.85	0.0	0.02
<i>Lcd Monitor</i>	23	0.325	0.105	0.85	0.0	0.00
Setrika	330	0.325	1.500	0.85	0.0	0.09
Mesin Cuci	420	0.325	1.908	0.85	0.0	0.04
Penanak Nasi	350	0.325	1.591	0.85	0.0	0.09
Kompur Listrik	300	0.325	1.499	0.85	0.0	0.03
<i>Dispenser</i>	420	0.325	1.908	0.85	0.0	0.04

Dari tabel 4.2 dengan daya beban yang bervariasi diperoleh nilai resistansi yang sama yaitu 0.325Ω . Untuk nilai arus, semakin besar nilai daya beban maka semakin besar juga nilai arus bebannya yaitu dari 0.046-1.908 Ampere. Nilai *cos phi* konstan yaitu 0.85. Selanjutnya untuk *V drop*nya timbul sepanjang kabel yang di aliri arus listrik, semakin besar arus beban yang melalui kabel maka semakin besar nilai tegangan jatuhnya.

Dari hasil simulasi ETAP sistem AC 220 volt dan DC 220 volt tampilan *report manager* untuk *losses* terlalu kecil sehingga terbaca 0.0. Oleh karena itu dilakukan perhitungan manual, berikut adalah hasil perhitungan nilai *losses* sistem AC 220 volt dan DC 220 volt dengan persamaan (2.5).

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan *Losses* Sistem AC 220 Volt

Nama Beban	Arus Beban (A)	Resistansi Saluran (Ω)	<i>Losses</i>
<i>Smartphone</i>	0.1	0.44	0.0007
Lampu Pijar	0.1	0.44	0.00004
Lampu Cfl	0.1	0.44	0.00004
Lampu Pijar	0.1	0.44	0.00004
Laptop	0.2	0.44	0.017
<i>Lcd Monitor</i>	0.1	0.44	0.00004
Setrika	1.5	0.44	0.99
Mesin Cuci	1.9	0.44	1.58
Penanak Nasi	1.5	0.44	0.99
Kompur Listrik	1.3	0.44	0.74
<i>Dispenser</i>	1.9	0.44	1.58

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Losses* Sistem DC 220 Volt

Nama Beban	Arus Beban (A)	Resistansi Saluran (Ω)	<i>Losses</i>
<i>Smartphone</i>	0.046	0.44	0.0005
Lampu Pijar	0.114	0.44	0.0039
Lampu Cfl	0.114	0.44	0.0039
Lampu Pijar	0.182	0.44	0.010
Laptop	0.296	0.44	0.027
<i>Lcd Monitor</i>	0.105	0.44	0.003
Setrika	1.500	0.44	0.081
Mesin Cuci	1.908	0.44	1.73
Penanak Nasi	1.591	0.44	0.82
Kompore Listrik	1.499	0.44	0.72
<i>Dispenser</i>	1.908	0.44	1.73

4.3 Perbandingan Efisiensi Sistem AC Dan DC

Dari hasil pengujian simulasi ETAP sistem AC 220 volt dan sistem DC 220 volt yang terhubung dengan beban residensial dapat di hitung efisiensi dayanya. Efisiensi sistem dapat dihitung dengan dengan persamaan (2.7). Berikut adalah tabel hasil perhitungan efisiensi setiap sistem:

Tabel 4.5 Efisiensi konsumsi listrik setiap sistem

Nama Sistem	Total <i>Losses</i> (watt)	Efisiensi (%)
Sistem AC	5.897	99.73
Sistem DC	5.129	99.76

Berdasarkan tabel 4.5 hasil nilai *losses* sistem AC diperoleh nilai 5.897 watt lebih besar jika dibandingkan dengan sistem DC yaitu dengan nilai 5.129 watt. Selanjutnya untuk mengetahui nilai efisiensi konsumsi energi sistem DC 220 volt diperoleh nilai 99.76 % didapat dari perhitungan 2.4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2200-5.129}{2200} \times 100 \% \\
 &= 0,997668636 \\
 &= 99,76 \%
 \end{aligned}$$

Nilai efisiensi tersebut lebih besar dibandingkan dengan sistem AC 220 volt yaitu 99.73 %, walaupun selisih hasil nilai efisiensi antara kedua sistem tidak jauh berbeda, berikut perhitungan untuk efisiensi sistem AC:

$$\begin{aligned} &= \frac{2200-5.897}{2200} \times 100 \% \\ &= 0.997319545 \\ &= 99.73 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas nilai yang didapat untuk nilai sistem DC 99,76% dan sistem AC 99.73%, maka selisih dari efisiensinya:

$$\begin{aligned} &= \eta_{DC} - \eta_{AC} \\ &= 99,76 \% - 99,73 \% \\ &= 0,03 \% \end{aligned}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

4.4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari simulasi ETAP dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini:

1. Efisiensi konsumsi energi untuk sistem DC 220 volt yaitu 99.76 % lebih baik dibandingkan dengan sistem AC 220 volt dengan nilai 99.73 %, dengan selisih antara kedua sistem 0.03 %.
2. Jumlah rugi – rugi total yang terjadi pada sistem AC 220 volt yaitu 5.897 watt lebih besar jika dibandingkan dengan sistem DC 220 volt yaitu 5.129 watt dengan selisih perbedaan 0.76 watt.

4.5 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan penulis, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai saran:

1. Untuk memasukkan input nilai pada simulasi ETAP agar lebih teliti supaya tidak terjadi kesalahan dalam hasilnya.
2. Nilai daya beban dalam pengujian sistem sebaiknya mendekati kapasitas daya yang dipakai dalam rumah – rumah di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ramadoni, "Buku ajar transmisi dan distribusi tenaga listrik," *Penerbit LP3M Universitas Muhamadiyah Yogyakarta*, 2016.
- [2] W. Mochtar, "Dasar-dasar mesin listrik." *Penerbit Djembatan Jakarta*, 2001.
- [3] A. T. Elsayed et al., "DC microgrids and distribution system : an overview," *IEEE Electric Power Systems Research 119*, pp. 407-417, 2014.
- [4] Shereya Iyer, W G Dunford, Martin Ordonez, "DC Distribution System for Homes," *IEEE Power & Energy Society General Meeting, USA, July 2015*.
- [5] Mark Cabaj, "DC house Modeling and System Design," *IEEE Electrical Engineering California Polytechnic State University of Sant Luis Obispo*, pp. 36-37 June 2012.
- [6] Ainul Rochman, "Perbandingan Analisis Kelistrikan AC dan DC pada Jaringan Tegangan Rendah," *Universitas Indonesia*, 2012.
- [7] D. Faizan, H. E. Gelani, "A comparative analysis of system efficiency for AC and DC residential power distribution paradigms," *Publish by Advances in Electrical and Computer Engineering*, Volume 15, Number 1, Pakistan 2015.
- [8] D. Hammerstrom, "AC versus DC distribution system-did we get it right?," *IEEE PES General Meeting*, Tampa, FL, June 2007, pp. 1-5.
- [9] K. Engelen, E. Shun, and P. Vermeyen, et al, "The feasibility of small-scale residential DC distribution system," *IEEE Industrial Electronics Conference*, Nov. 2006, Paris, Paris, France, pp. 2618-2632.
- [10] K. Hery, "Alat ukur listrik AC (arus, tegangan, daya) dengan port paralel," *Tugas Akhir Program Diploma III Ilmu Komputer Fakultas matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, Universitas Sebelas Maret, 2010
- [11] Hakim, Muhammad Fahmi. 2014. Analisis Kebutuhan Kapasitor Bank Beserta Implementasinya untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik di Politeknik Kota Malang. *Jurnal ELTEK Vol 12 Nomor 01 ISSN 1693-4024*
- [12] A. Kadir, "Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik," 2000 Jakarta, UI-Press, 2000
- [13] M. Amin, Y. Arafat, "Feasibility study of low voltage DC house and compatible home appliance design," in *IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)*, 2011, pp. 340-345.
- [14] Basri Hasan, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, ISTN, Jakarta, 1997