

Analisis Perbandingan Efisiensi Sistem AC Dan DC Pada Beban Residensial Menggunakan *Software* ETAP

Dodi Warisanto¹, Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng.², Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

¹11524059@students.uii.ac.id

Abstrak— Tugas akhir ini membahas mengenai perbandingan efisiensi pada beban sistem 220 VAC dan 220 VDC pada beban residensial. Perbandingan utamanya yaitu daya, rugi – rugi dan efisiensi konsumsi energi listrik pada tiap – tiap sistem. Simulasi kedua sistem AC dan DC dilakukan dengan *software* ETAP 12.6 dengan cara 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 arus beban dan resistansi saluran pada tampilan *report manager* sehingga dapat mengetahui nilai rugi – rugi dan efisiensi dari kedua sistem. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan, nilai jumlah rugi – rugi yang terjadi pada sistem 220 VDC sebesar 5.129 % lebih besar dibandingkan dengan sistem 220 VAC sebesar 4.897 % dengan selisih perbedaan 0.23 %. Efisiensi konsumsi energi listrik sistem 220 VAC sebesar 1.0755 % lebih tinggi dibandingkan dengan dengan sistem 220 VDC sebesar 0.9766 % dengan selisih tidak jauh berbeda yaitu 0.098 %.

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

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, kebutuhan akan listrik terus meningkat, energi listrik banyak dipergunakan dalam berbagai hal untuk kehidupan sehari-hari mulai dari penggunaan lampu, televisi, mesin cuci, setrika menggunakan listrik. Oleh sebab itu proses distribusi tenaga listrik dari sistem pembangkit sampai konsumen sangat penting.

Sistem kelistrikan dari saluran transmisi dan saluran distribusi terdiri dari AC (*alternating current*) atau disebut sistem arus bolak-balik dan sistem pembangkit DC (*direct*

current) atau biasa disebut sistem arus searah dan bisa dari keduanya gabungan sistem AC dan DC. Pada umumnya sistem AC banyak digunakan karena mempunyai kelebihan dalam menaikkan dan menurunkan tegangan dengan transformator, untuk mengurangi *losses* maka arus harus dikurangi dan tegangan dinaikkan. Dibandingkan dengan kelebihan sistem distribusi AC, sistem distribusi DC lebih banyak keuntungannya seperti: Sistem DC tidak menimbulkan reaktansi di saluran transmisi, sehingga saluran transmisi bisa menghantarkan daya aktif lebih besar, nilai resistansi transmisi DC lebih rendah dibandingkan dengan sistem AC, sumber energi listrik DC lebih mudah diperoleh seperti dari sumber energi baru terbarukan lebih ramah lingkungan tersedia melimpah di lingkungan dan bebas polusi, 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 besar daya, rugi-rugi dan konsumsi energi listrik beban residensial.

II. STUDI LITERATUR

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 [1].

Penelitian yang selanjutnya yaitu oleh Jessica E. Chaidez 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* [2].

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% [3].

2.2 Tinjauan Teori

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

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

Dimana :

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

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 2.1 berikut [4].

$$P_{Losses} = I^2 \cdot R \quad (2.2)$$

Dimana:

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

Efisiensi merupakan perbandingan antara daya yang keluar dan daya yang masuk, efisiensi merupakan faktor penting dalam kinerja dan menentukan tingkat konsumsi energi pada suatu peralatan listrik. Efisiensi disimbolkan dengan “ η ”. Dengan nilai efisiensi dapat mengetahui besarnya rugi-rugi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \left(\frac{p_{out}}{p_{in}} \right) \cdot 100\% \quad (2.3)$$

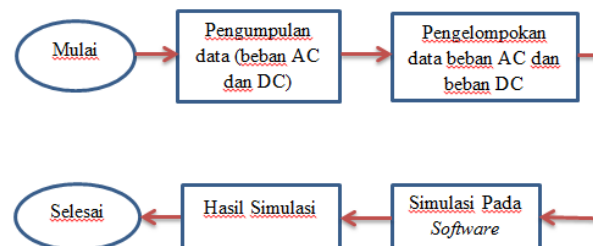
Dimana:

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

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Desain Sistem

Pada tahap ini, ditampilkan dalam blok diagram agar mempermudah dalam penyelesaian penelitian.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

3.2 Pengumpulan Dan Pengelompokan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengelompokan data beban residensial, 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. Berikut ini adalah beban untuk pengujian.

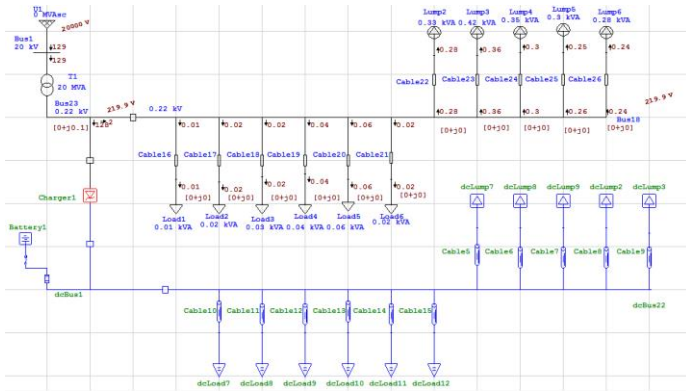
Berikut adalah data beban dan panjang saluran kabel yang selanjutnya akan disimulasikan dengan *software* ETAP 12.6, seperti yang terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Beban Dan Panjang Kabel

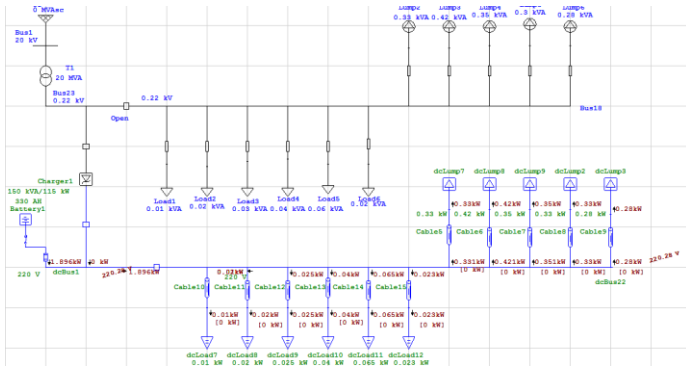
Nama Beban	Daya Beban (w)	Panjang Kabel (m)
Smartphone	10	50
Lampu Pijar	25	50
Lampu Cfl	25	50
Lampu Pijar	40	50
Laptop	65	50
Lcd Monitor	23	20
Setrika	330	50
Mesin Cuci	420	20
Penanak Nasi	350	20
Kompur Listrik	300	20
Dispenser	420	20

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 dan rugi-rugi yang selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui nilai efisiensi. Berikut adalah hasil simulasi ETAP untuk beban residensial sistem AC dan DC.



Gambar 3.2 Hasil Simulasi ETAP Sistem AC



Gambar 3.3 Hasil Simulasi ETAP Sistem DC

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi ETAP 12.6 Sistem AC

Telah dilakukan simulasi ETAP 12.6 untuk sistem AC pada gambar 3.2. 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)	Cos Phi	Losses	V Drop
Smartphone	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
Lcd Monitor	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
Kompur Listrik	300	0.44	1.3	0.85	0.0	0.01
Dispenser	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 0.44 Ω. 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 daya bebannya maka semakin besar juga nilai jatuh tegangan. 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)	Cos Phi	Losses	V Drop
Smartphone	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
Lcd Monitor	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
Dispenser	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 0.325 Ω. 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 tegangan jatuhnya semakin besar daya beban maka nilainya juga naik mulai dari 0.01-0.09 watt.

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 dengan persamaan (2.5) untuk mengitung nilai efisiensi. Berikut adalah hasil perhitungan nilai losses sistem AC 220 volt dan DC 220 volt:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan *Losses* Sistem AC 220 Volt

Nama Beban	Arus Beban (A)	Resistansi Saluran (Ω)	<i>Losses</i>
Smartphone	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
Lcd Monitor	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
Dispenser	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>
Smartphone	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
Lcd Monitor	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
Kompur Listrik	1.499	0.44	0.72
Dispenser	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 (2.4). Berikut adalah tabel hasil perhitungan efisiensi setiap sistem:

Tabel 4.5 Efisiensi konsumsi listrik setiap sistem

Nama Sistem	Total <i>Losses</i> (%)	Efisiensi (%)
Sistem AC	4.897	1,0755
Sistem DC	5.129	0.9766

Berdasarkan tabel 4.5 hasil tingkat efisiensi konsumsi energi sistem AC 220 volt lebih besar dibandingkan dengan sistem DC 220 volt. Walaupun selisih antara kedua sistem tidak jauh berbeda yaitu 0.098 %.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Efisiensi konsumsi energi sistem AC 220 volt lebih baik dibandingkan dengan sistem DC 220 volt dengan perbedaan 0.098 %.
2. Jumlah rugi – rugi total yang terjadi pada sistem DC 220 volt lebih besar jika dibandingkan dengan sistem AC 220 volt dengan perbedaan 0.23 %.

5.2 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] Shereya Iyer, W G Dunford, Martin Ordonez, "DC Distribution System for Homes," *Dept.of Electrical Computer Engineering University of British Colombia, 2015.*
- [2] Jessica E, "DC house Modeling and System Design," *Electrical Engineering California Polytechnic State University of Sant Luis Obispo, June 2015.*
- [3] Ainul Rochman, "Perbandingan Analisis Kelistrikan AC dan DC pada Jaringan Tegangan Rendah," *Universitas Indonesia, 2012.*
- [4] A. Kadir, "Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik," 2000 Jakarta, UI-Press, 2000.