

# Perancangan Modifikasi *Air Conditioner* dan Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai Sumber Catu Daya

ARIAN DWI PEANUS<sup>1</sup>, NASRUN HARIYANTO<sup>1</sup>, SYAHRIAL<sup>1</sup>

1. Institut Teknologi Nasional Bandung  
Email :ariandwi66@gmail.com

## ABSTRAK

*Pada saat ini, lebih dari 10 persen energi listrik dikonsumsi dalam bentuk DC dan diperkirakan di masa yang akan datang banyak peralatan elektronik menggunakan sumber arus DC. Dengan demikian modifikasi air conditioner (AC) dengan mengganti motor fan unit indoor dan outdoor dengan motor DC sehingga air conditioner (AC) bersumber DC dan penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber catu daya akan sangat penting. Dari pengujian dan pengukuran untuk keseluruhan unit air conditioner (AC), daya yang digunakan air conditioner (AC) sebelum modifikasi 282,2 watt dan setelah modifikasi 263,63 watt. COP (Coefficient Of Performance) air conditioner (AC) setelah dimodifikasi adalah 3,49. Asumsi penggunaan air conditioner (AC) 6 jam, kapasitas modul surya yang dibutuhkan untuk tegangan sistem 12 volt adalah 22 Wp dan untuk tegangan sistem 24 volt adalah 612 Wp. Kapasitas baterai yang diperlukan untuk tegangan sistem 12 volt adalah 7,6 Ah dan untuk tegangan sistem 24 volt adalah 299 Ah.*

**Kata Kunci:** *Air conditioner (AC), Motor DC, PLTS*

## ABSTRACT

*At this time, more than 10 percent of the electrical energy is consumed in the form of DC and expected future many electronic devices use DC current source. Thus, the modification of the air conditioner (AC) by replacing the fan motor of indoor and outdoor units with DC motors so that air conditioner (AC) DC source and application of Solar Power Plant (SPP) as a source of power supply is very important. Test and measurement data for the overall unit air conditioner (AC), power used by air conditioner (AC) before modification was 282,2 watts and after modification was 263,63 watts. COP (Coefficient Of Performance) air conditioner (AC) after modified was 3,49. Assuming the use of air conditioner (AC) was 6 hours, the capacity of solar modules required for system voltage of 12 volts was 22 Wp and 24 volt system voltage was 612 Wp. The battery capacity required for the system voltage was 12 volts 7.6 Ah and for 24 volt system voltage was 299 Ah.*

**Key word:** *Air conditioner (AC), Motor DC, SPP*

## 1. PENDAHULUAN

*Air conditioning (AC)* merupakan alat pengkondisi udara yang digunakan untuk menciptakan ruangan yang nyaman, *air conditioner (AC)* dipakai bertujuan untuk memberikan udara sejuk pada ruangan **(Margoyungan, 2008)**. Penggunaan *air conditioner (AC)* pada perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat **(Arinda, 2010)**. Pada gedung perkantoran, hotel, bahkan rumah, *air conditioner (AC)* merupakan peralatan listrik yang pemakaian energi listriknya cukup besar karena hampir penggunaannya sepanjang hari.

Penghematan energi dengan menggunakan energi alternatif merupakan salah satu langkah untuk mengurangi dampak-dampak buruk lingkungan. Untuk memperluas pemanfaatan energi alternatif ini maka perlu dikenalkan dalam kehidupan rumah tangga, supaya peran untuk mengurangi dampak-dampak lingkungan lebih terealisasi. Pembangkit energi terbarukan yang ketersediannya tidak menentu seperti tenaga surya, tenaga angin, mikrohidro, ombak laut, dan pasang surut air laut masih kurang dimanfaatkan **(Dahono, 2008)**.

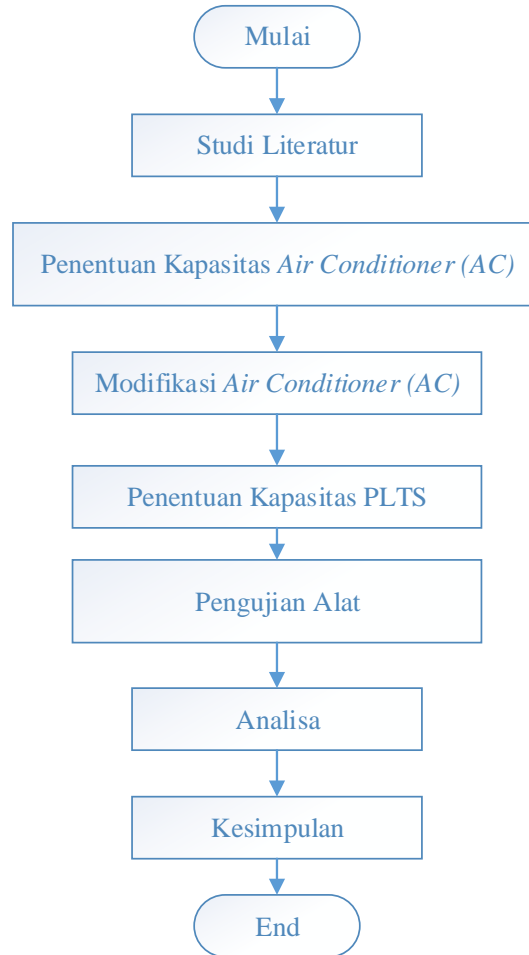
Pemanfaatan energi terbarukan diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik, untuk pemanfaatan sumber energi alternatif.

Pada saat ini, lebih dari 10 persen energi listrik dikonsumsi dalam bentuk DC dan diperkirakan dimasa yang akan datang banyak peralatan elektronik menggunakan sumber arus DC. Perancangan modifikasi *air conditioner (AC)* dengan mengganti motor fan unit *indoor* dan *outdoor air conditioner (AC)* dengan motor DC untuk membuat *air conditioner (AC)* bersumber arus DC dan penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber catu daya, sebagai langkah pemanfaatan energi alternatif untuk penghematan energi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Langkah Penelitian

Metodologi penelitian merupakan uraian tahapan yang dilakukan dalam melaksanakan perancangan dan pengujian. Secara umum tahapan tertuang dalam bagan Gambar 1 berikut.



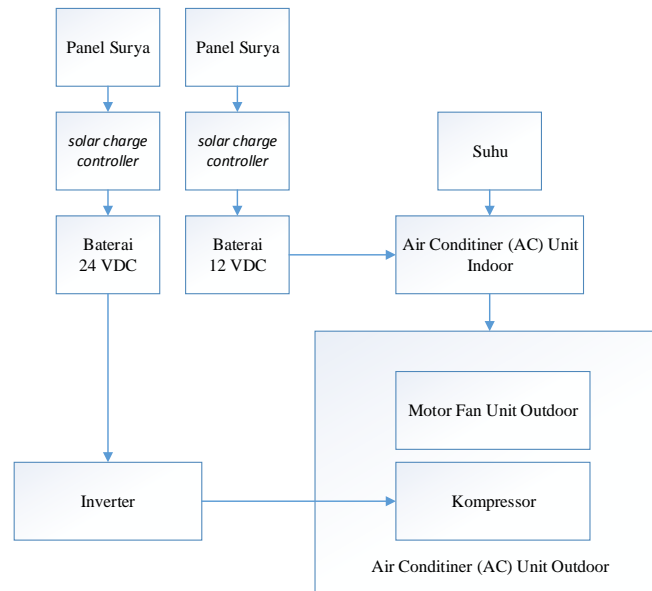
Gambar 1. Bagan Alur Pengerjaan

### 2.1 Perancangan Modifikasi *Air Conditioner (AC)*

Perancangan *air conditioner (AC)* pada penelitian ini dengan memodifikasi beberapa komponen yang ada, diantaranya dengan mengganti motor fan *indoor* dan motor fan *outdoor* dengan motor DC, penambahan rangkaian pengendali kecepatan motor fan unit *indoor* pada modul dan penambahan inverter untuk menjalankan kompresor. Modifikasi pada penelitian ini bertujuan untuk membuat *air conditioner (AC)* bersumber DC untuk penerapan PLTS sebagai sumber energi. *air conditioner (AC)* yang digunakan pada penelitian ini adalah *air conditioner (AC)* jenis split, dimana jenis ini terbagi menjadi 2 unit yaitu *indoor* dan *outdoor*.

## 2.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem seperti pada Gambar 2 menjelaskan gambaran umum skema perancangan modifikasi *air conditioner* (AC) dan penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).



**Gambar 2. Diagram blok sistem**

1. Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya untuk menyerap atau menyimpan energi cahaya matahari yang kemudian menjadi pembangkitan listrik sebagai sumber catu daya *air conditioner* (AC) yang dihubungkan terlebih dahulu ke *solar charge controller* sebelum ke baterai dan *air conditioner* (AC). Tegangan sistem pada *air conditioner* (AC) setelah modifikasi menjadi 2 yaitu tegangan sistem 12 volt dan 24 volt, sehingga digunakan 2 panel surya.
2. *Solar charge controller* digunakan sebagai kontrol pengisian baterai dari energi yang dihasilkan panel surya.
3. *Air conditioner* (AC) unit indoor adalah bagian dari *air conditioner* (AC) yang dipasang didalam ruangan yang di dalamnya terdapat evaporator, motor fan, dan rangkaian modul. Bagian ini yang akan mensirkulasi udara ruangan. Unit ini mendapat suplai 12 V<sub>DC</sub> yang masuk kerangkaian modul dan selanjutnya dari rangkaian modul ini menggerakkan motor fan unit *indoor*, motor fan pada unit *outdoor*, dan kontak relai untuk inverter mensuplai kompresor. Relai ini ada pada unit outdoor *air conditioner* (AC).
4. Modul PCB kontrol berfungsi mengatur kerja keseluruhan sistem air conditioner yang biasa nya disertai remote control untuk mengatur suhu ruangan sesuai yang diinginkan. Modul PCB berada didalam bagian *air conditioner* (AC) unit *indoor*. Modul PCB ini mengatur kerja dari motor fan *indoor*, motor fan *outdoor*, dan kompresor.
5. *Air conditioner* (AC) unit *outdoor* adalah bagian yang dipasang diluar ruangan pada *air conditioner* (AC) jenis split. Pada bagian ini terdapat kondensor, kompresor, katub ekspansi, relai, dan kapasitor untuk kompresor satu fasa yang digunakan.
6. Untuk unit *outdoor* terdapat tambahan rangkaian inverter 24 VDC yang digunakan sebagai suplai untuk menjalankan kompresor.

### 2.3 Prosedur Pengujian Alat

#### 1. Pengujian *air conditioner* (AC) sebelum modifikasi

Pengujian *air conditioner* (AC) sebelum modifikasi yaitu dengan melakukan pengujian pada unit *outdoor* dan unit *indoor*. Pada unit *indoor* dilakukan pengukuran tegangan, arus, dan daya pada motor fan indoor dan keseluruhan unit *indoor*. Pada unit *outdoor* dilakukan pengukuran tegangan arus dan daya pada motor fan *outdoor*, kompresor dan keseluruhan unit *outdoor*.

#### 2. Pengujian *air conditioner* (AC) setelah modifikasi

Pengujian *air conditioner* (AC) setelah modifikasi untuk menguji bahwa *air conditioner* (AC) berjalan dengan baik seperti sebelum modifikasi dan melakukan pengukuran dan mencatat tegangan, arus dan daya pada motor fan *indoor*, dan kompresor *air conditioner* (AC) setelah modifikasi sebagai data pembandingan setelah dimodifikasi. Pengujian dilakukan pada ruangan 3x3 m<sup>2</sup> dengan memperhatikan dan mencatat suhu dalam ruangan dan suhu luar ruangan. Untuk mengetahui nilai COP (*coefficient of performance*) dari *air conditioner* (AC) dilakukan pengukuran suhu pada masukan evaporator dan keluaran kompresor menggunakan thermometer infrared.

## 3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 3.1 Penentuan Kapasitas *Air Conditioner* (AC)

Ukuran ruangan yang digunakan untuk pengujian 3x 3,5 x 3 m<sup>2</sup> (P x L x T) sehingga *Cooling load* ruang.

$$Q = \frac{(W.L.H.I.E)}{60} BTU \quad (1)$$

dengan : W = lebar ruang dalam feet.

H = tinggi ruang dalam feet.

I = angka 10 untuk ruang berisolasi, berada dilantai bawah atau berimpit dengan yang lain.  
angka 18 untuk ruang lantai atas atau berinsulasi.

L = panjang ruang dalam feet.

E = angka 16 jika ruang menghadap utara, angka 17 jika ruang menghadap timur, angka 18 jika ruang menghadap selatan dan angka 20 jika ruang menghadap barat.

$$Q = \frac{9,8 \times 11,48 \times 9,8 \times 10 \times 16}{60} = 2940 BTU$$

(Catatan: 1 m = 3.28 feet).

*Cooling load* ruangan dari hasil perhitungan diatas sebesar 2940 BTU, sehingga dapat menggunakan *air conditioner* (AC) berkapasitas ½ pk.

### 3.2 Hasil Pengujian *Air Conditioner* (AC) Sebelum Modifikasi

Data awal *air conditioner* (AC) sebelum dimodifikasi didapat dari pengukuran dan data yang terdapat pada masing-masing komponen *air conditioner* (AC) unit *indoor* dan unit *outdoor* baik itu data motor fan dan kompresor yang digunakan. Table 1 menunjukkan data hasil pengukuran motor fan unit *indoor* yang dilakukan selama 5 kali pengukuran, dari pengujian *air conditioner* (AC) sebelum dimodifikasi.

**Tabel 1 Data Hasil Pengukuran Motor ac Fan Unit *Indoor***

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos $\phi$	P (W)	Kecepatan (rpm)
209,2	0,11	0,8	18,4	1433
211	0,12	0,8	20,25	1430
210	0,11	0,8	18,48	1431
212	0,13	0,8	22,048	1433
210,2	0,11	0,8	18,5	1433

Pengukuran motor ac fan unit *outdoor* sebelum modifikasi ditunjukkan oleh Tabel 2.

**Tabel 2 Data Hasil Pengukuran Motor ac Fan Unit *Outdoor***

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos $\Phi$	P (watt)	Kecepatan (rpm)
102	0,24	0,8	19,58	736,4
99,6	0,22	0,8	17,52	727
99,5	0,22	0,8	17,51	726,7
102	0,24	0,8	19,58	736,4
99,5	0,22	0,8	17,51	727

Tabel 3 adalah data hasil pengukuran pada kompresor yang dilakukan selama 5 kali.

**Tabel 3 Data Hasil Pengukuran Kompresor**

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos $\phi$	P (watt)
212,8	1,31	0,8	223
210	1,3	0,8	218,4
209	1,3	0,8	217,36
212	1,31	0,8	222,17
210	1,3	0,8	218,4

Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran *air conditioner (AC)* keseluruhan unit, ini bertujuan untuk mengetahui daya total yang dibutuhkan *air conditioner (AC)* sebelum modifikasi.

**Tabel 4 Pengukuran Keseluruhan Unit *Air Conditioner (AC)***

Tegangan (V)	Arus (A)	Cos $\Phi$	P (watt)
210	1,7	0,83	282,2

### 3.4 Hasil Perancangan dan Pengujian *Air Conditioner (AC)* Setelah Modifikasi

Setelah modifikasi *air conditioner (AC)*, pada rangkaian modul *air conditioner (AC)* tidak banyak perubahan hanya ada penambahan rangkaian pengendali kecepatan untuk motor DC fan unit *indoor* agar kecepatan udara yang di sirkulasi keluaran dari *air conditioner (AC)* dapat diatur. Pengendalian kecepatan dengan merubah atau mengatur tegangan masukan pada motor. 3 relay yang kerjanya diatur oleh mikrokontroller, masing-masing relai dihubungkan pada potensio agar dapat mengatur tegangan masukan motor DC dan penambahan inverter untuk suplai kompresor, karena kompresor yang digunakan kompresor sumber ac 1 phasa.

Tabel 5 merupakan hasil pengujian pada motor DC fan unit *indoor* dengan melakukan pengukuran tegangan, arus, dan kecepatan motor.

**Tabel 5 Data Hasil Pengukuran Pada Motor DC Fan Unit *Indoor***

Tegangan (V)	Arus (A)	P = V.I (watt)	Kecepatan (rpm)
9,03	0,73	6,59	1433
8,28	0,64	5,3	1425
8,9	0,68	6,052	1430
9	0,70	6,3	1431
8,8	0,66	5,8	1428

Pada pengujian motor fan unit *indoor*, motor ac yang digunakan sebelum modifikasi dari data yang didapat daya motor 20,25 watt dengan kecepatan 1430 rpm dan pada data kecepatan yang sama kecepatan daya motor DC 6,59 watt, daya yang digunakan motor DC lebih rendah pada kecepatan yang sama yaitu 1430 rpm.

Tabel 6 menunjukkan data hasil pengukuran motor fan DC unit *outdoor*.

**Tabel 6 Data Hasil Pengukuran Pada Motor DC Unit *Outdoor***

Tegangan (V)	Arus (A)	P = V.I (watt)	Kecepatan (rpm)
10,84	0,55	5,69	2910
11,3	0,59	6,67	2924
11	0,57	6,27	2918
11,3	0,59	6,67	2924
10,7	0,51	5,45	2905

Pada pengujian motor fan unit *outdoor*, motor ac yang digunakan sebelum modifikasi daya motor 18,5 watt dengan kecepatan 730,7 rpm dari hasil rata-rata selama lima kali pengukuran dan daya motor DC 6,15 watt dengan kecepatan 2916,2 rpm yang didapat juga dari rata-rata lima kali pengukuran. Daya motor DC yang digunakan setelah modifikasi lebih rendah dengan kecepatan yang lebih tinggi, karena motor yang di gunakan memiliki spesifikasi kecepatan yang berbeda dan baling-baling fan yang ukurannya lebih kecil sehingga berpengaruh pada performa *air conditioner* (AC) setelah modifikasi. Pengukuran pada unit *indoor* secara keseluruhan setelah *air conditioner* (AC) dimodifikasi ditunjukkan oleh Tabel 7.

**Tabel 7 Hasil Pengukuran *Air Conditioner* (AC) Unit *Indoor* Setelah Modifikasi**

Tegangan (V)	Arus (A)	P = V.I (watt)
11,8	0,9	10,62

Dari pengujian inverter diperoleh data pengukuran yang ditunjukkan oleh Tabel 8.

**Tabel 8 Hasil Pengukuran Pada Inverter**

Tegangan (V)	Arus (A)	P = V x I (watt)
23,9	1,2	27

Setelah modifikasi pada unit *outdoor* terdapat 2 tegangan sistem, 12 V<sub>DC</sub> dan 24 V<sub>DC</sub> karena inverter yang digunakan bersumber 24 V<sub>DC</sub>. Tegangan 12 V<sub>DC</sub> yang menjadi satu dengan

sumber unit *indoor* digunakan untuk menggerakkan motor DC fan unit *outdoor* dan menggerakkan kontak relai yang masuk ke coil relai seperti yang dijelaskan pada blok diagram sistem. Tegangan  $24 V_{DC}$  suplai inverter guna menggerakkan kompresor, sehingga daya total dari *air conditioner (AC)* setelah modifikasi adalah ;

$$\begin{aligned} P_{total} &= P_{unit\ indoor\ (motor\ fan\ unit\ indoor\ +\ rangkaian)} + P_{motor\ fan\ unit\ outdoor} + P_{kompresor} + P_{inverter} \\ &= 10,62\ watt + 6,15\ watt + 219,86\ watt + 27\ watt \\ &= 263,63\ watt \end{aligned} \quad (2)$$

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa *air conditioner (AC)* setelah modifikasi menjadi sumber DC dengan mengganti motor fan unit *indoor* dan motor fan unit *outdoor*, memiliki daya lebih rendah dari sebelum modifikasi. Jika dibandingkan dari segi motor untuk fan yang digunakan setelah dan sebelum modifikasi adalah sebagai berikut :

Sebelum Modifikasi

$$\begin{aligned} P_{(motor\ fan\ unit\ indoor\ +\ motor\ fan\ unit\ outdoor)} &= P_{(motor\ fan\ unit\ indoor)} + P_{(motor\ fan\ unit\ Outdoor)} \\ &= 19,53\ watt + 18,5\ watt \\ &= 38,03\ watt \end{aligned} \quad (3)$$

Setelah Modifikasi

$$\begin{aligned} P_{(motor\ fan\ unit\ indoor\ +\ motor\ fan\ unit\ outdoor)} &= P_{(motor\ fan\ unit\ indoor)} + P_{(motor\ fan\ unit\ Outdoor)} \\ &= 6\ watt + 6.15\ watt \\ &= 12,15\ watt \end{aligned} \quad (4)$$

Penggantian motor fan unit *indoor* dan *outdoor* dengan motor DC terdapat selisih daya sebesar 25,88 watt, daya yang digunakan motor DC lebih rendah.

### 3.3 COP (*Coefficient of Performance*) Pada *Air Conditioner (AC)* Setelah Modifikasi

Perhitungan COP (*coefficient of performance*) ini untuk mengetahui perfoma dari *air conditioner (AC)* setelah dimodifikasi (**Jordan, 1964**).

$$COP_{cooling} = \frac{T_c}{T_h - T_c} \quad (5)$$

$T_c$  = suhu dingin (suhu pada masukan evaporator) Kelvin.

$T_h$  = suhu panas (suhu keluaran kompresor/masukan kondensor) Kelvin.

Dari pengukuran didapat suhu masukan pada evaporator sebesar  $-10^\circ C$  dan suhu pada keluaran kompresor sebesar  $56,6^\circ C$  (**Edward, 1982**).

$$COP_{cooling} = \frac{273 + (-10)}{(273 + 56.6) - (273 - 10)} = 3,94$$

### 3.4 Perhitungan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

#### 1. Perhitungan kapasitas modul surya

Untuk perhitungan kapasitas modul surya diperlukan insolasi matahari yang diambil dari sample data. Karena terdapat 2 tegangan sistem seperti yang dijelaskan pada blok diagram sistem pada Gambar 3 yaitu  $12 V_{DC}$  dan  $24 V_{DC}$  dan asumsi penggunaan selama 6 jam serta data insolasi matahari rata-rata adalah 4 H. Spesifikasi data pada kompresor menunjukkan daya maksimum pada kompresor sebesar 340 watt dan daya inverter masukan inverter 27 watt. Tabel 9 menunjukkan total daya pemakaian *air conditioner (AC)* selama 6 jam.



**Tabel 9 Total Daya**

Tegangan Sistem (V)	Daya (w)
12	73
24	2202

Tabel 10 menunjukkan kapasitas modul surya yang dibutuhkan dari pemakaian *air conditioner (AC)* selama 6 jam.

**Tabel 10 Kapasitas Modul Surya**

Tegangan Sistem (V)	Kapasitas Modul Surya (Wp)
12	22
24	661

## 2. Perhitungan Baterai

Baterai yang digunakan adalah baterai dengan tegangan 12V dengan kapasitas 60Ah. Asumsi pemakaian baterai dengan DOD (*Deep of Discharge*) adalah 80% (**Andi, 2010**). Tabel 11 merupakan hasil perhitungan kapasitas baterai yang dibutuhkan dari pemakaian *air conditioner (AC)* selama 6 jam.

**Tabel 11 Kapasitas Baterai**

Tegangan Sistem (V)	Kapasitas Baterai (Ah)
12	7,6
24	299

## 3. Perhitungan Kebutuhan *Solar Charge Controller*

Tabel 12 menunjukkan perhitungan Kapasitas *Solar Charge Controller* yang di butuhkan oleh *air conditioner (AC)*.

**Tabel 12 Kapasitas *Solar Charge Controller***

Tegangan Sistem (V)	Kapasitas <i>Solar Charge Controller</i> (A)
12	6,083
24	91,75

## 4. KESIMPULAN

1. Daya yang dipakai motor fan unit indoor sebelum diganti 20,25 watt dengan kecepatan 1430 rpm dan motor fan unit indoor setelah diganti motor DC 6,59 watt dengan kecepatan 1430 rpm, terdapat selisih daya sebesar 13,66 watt. Sedangkan pada motor fan unit outdoor sebelum diganti daya dibutuhkan 18,5 watt dengan kecepatan 730,7 rpm dan motor fan unit outdoor setelah diganti motor DC sebesar 6,15 watt dengan kecepatan 2916,2 rpm. COP *air conditioner (AC)* setelah modikasi diperoleh 3,94.
2. Berdasarkan perhitungan perancangan kapasitas modul surya dan baterai dengan asumsi pemakaian *air conditioner (AC)* selama satu hari dalam 6 jam, daya total yang diperlukan untuk tegangan sistem 12 volt 73 watt dan 24 volt 2202 watt. Kapasitas modul surya yang dibutuhkan untuk tegangan sistem 12 volt adalah 22 Wp dan untuk tegangan sistem 24 volt adalah 661 Wp. Kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk tegangan sistem 12 volt adalah 7,6 Ah dan untuk tegangan sistem 24 volt adalah 299 Ah.

## DAFTAR RUJUKAN

- Edward G. & Pita (1982). *Air Conditioning System*, New York : Mc-Graw
- Dahono (2008). *Sistem Kelistrikan DC*, [www.dahonowordprees.com](http://www.dahonowordprees.com)
- Margoyungan, Madi. (2008). *Perencanaan Unit Mesin Pendingin Untuk Kebutuhan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Kantor ADPEL di Medan*. Universitas Sumatra Utara.
- Richard C, Jordan. (1964). *Refrigeration and Air Conditioning*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Taufiq Andi dan Angga Hendre. (2010). *Penggunaan Solar Cell Untuk Sumber Energi Kursi Roda Otomatis dan Monitoring Aki*. ITS Surabaya.
- Arinda, S., Ya'umar, dan Asmoro, W. A.,. (2010). *Rancang Bangun Sistem AC Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535 Pada SMART BUILDING Ruang Kelas S2 Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS*, ITS Surabaya.