

Penerapan Mode Hemat Listrik Pada Peralatan Penyejuk Udara

Ali Ramschie¹, Johan Makal², Veny Ponggawa³

¹Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado, Manado 95252
E-mail :ali.a.s.ramschie@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado, Manado 95252
E-mail :johanferni52@gmail.com

³Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado, Manado 95252
E-mail :veny.vit@gmail.com

ABSTRAK

Pemerintah melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No. 13 tahun 2012 tentang penghematan pemakaian energi listrik seperti tercantum pada Pasal 4 Ayat 2a poin 6, menjelaskan bahwa untuk penghematan energi listrik dari penggunaan peralatan penyejuk udara, pengaturan settingan temperaturnya dibatasi pada 24°C sampai dengan 27°C. Dengan mengacu pada peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No. 13 tahun 2012, maka Penelitian ini bertujuan membuat suatu *prototype* sistem kontrol dengan menerapkan mode hemat listrik dengan cara membatasi pengaturan temperatur dari peralatan penyejuk udara yang hanya akan beroperasi pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C, agar pemborosan listrik dapat diminimalisir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mode hemat listrik yang diterapkan pada peralatan penyejuk udara dapat membatasi pengaturan *settingan* temperatur pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C, sehingga dapat menghemat energi listrik. Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menerapkan mode hemat listrik, besarnya konsumsi listrik peralatan penyejuk udara yang beroperasi selama 1 jam terukur sebesar 323,35 Wh pada *settingan* 24°C, 308,48 Wh pada *settingan* 25°C, 289,90 Wh pada *settingan* 26°C dan 275,03 Wh pada *settingan* 27°C. Besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara saat belum diterapkannya mode hemat listrik pada settingan suhu 16°C, terukur sebesar 379,1 Wh.

Kata Kunci

Hemat Listrik, Penyejuk Udara, Kontroler, Arduino Uno

1. PENDAHULUAN

Hal yang dapat menyebabkan terjadinya pemborosan listrik dari penggunaan peralatan penyejuk udara adalah pada pengaturan temperaturnya. Semakin rendah pengaturan temperatur yang dipilih, maka semakin besar konsumsi energi listrik yang diasup oleh peralatan penyejuk udara, karena waktu operasi dari kompresor semakin lama untuk mencapai temperatur ruang sesuai dengan settingan temperatur yang dipilih [1][2][3].

Untuk mengatasi pemborosan energi listrik akibat dari pengaturan temperatur peralatan penyejuk udara, maka Pemerintah melalui Dirjen Kelistrikan Kementerian ESDM mengatakan bahwa temperatur peralatan penyejuk udara gedung pemerintah wajib diatur pada settingan 24°C guna proses penghematan listrik. Disamping itu menurut peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No. 13 tahun 2012 tentang penghematan pemakaian energi listrik seperti tercantum pada Pasal 4 Ayat 2a poin 6 mengatakan bahwa apabila menggunkan peralatan penyejuk udara, dilakukan dengan cara mengatur temperatur dan kelembaban relatif sesuai Standar Nasional Indonesia yaitu untuk

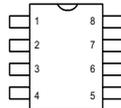
ruang kerja temperatur berkisar antara 24°C hingga 27°C dengan kelembaban udara antara 55% sampai dengan 65%, dan untuk lobi dan koridor temperatur berkisar antara 27°C hingga 30°C dengan kelembaban udara antara 50% sampai dengan 70% [4].

Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dibuat suatu sistem kontrol dengan menerapkan mode hemat listrik yang dapat membatasi pengaturan temperatur peralatan penyejuk udara pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C, sehingga pemborosan energi listriknya dapat diminimalisir.

1.1. Sensor Arus

Sensor arus dari keluarga ACS712 adalah solusi untuk pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian *low-offset linear Hall* dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang

terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan *Bi CMOS Hall IC* yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik, di mana titik tengah output sensor sebesar ($>VCC/2$) saat peningkatan arus pada penghantar arus yang digunakan untuk pendeteksian. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar $1,5m\Omega$ dengan daya yang rendah. Ketebalan penghantar arus didalam sensor sebesar 3x kondisi *overcurrent*. Sensor ini telah dikalibrasi oleh pabrik (data book *ACS712*). Bentuk fisik IC sensor arus *ACS712* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1: IC sensor arus *ACS 712*.

Konfigurasi kaki dari IC sensor arus *ACS 712* :

1. Kaki nomor 1 dan 2 merupakan terminal masukan arus IP+.
2. Kaki nomor 3 dan 4 merupakan terminal masukan arus IP-.
3. Kaki nomor 5 merupakan terminal untuk *groud*.
4. Kaki nomor 6 merupakan terminal filter yang berfungsi sebagai pengaturan *bandwidth*.
5. Kaki nomor 7 merupakan terminal keluaran sinyal analog dari sensor.
6. Kaki nomor 8 merupakan terminal catu daya untuk *IC*.

Adapun spesifikasi dari sensor arus *ACS 712* adalah sebagai berikut :

1. Berbasis *ACS712* dengan fitur:
 - a. *Rise time* output = $5 \mu s$.
 - b. *Bandwidth* sampai dengan $80 kHz$.
 - c. Total kesalahan output $1,5\%$ pada temperatur kerja $TA = 25^{\circ}C$.
 - d. Tahanan konduktor internal $1,2m\Omega$.
 - e. Tegangan isolasi minimum $2,1kV RMS$ antara *pin* 1-4 dan *pin* 5-8.
 - f. Sensitivitas output $185 mV/A$.
 - g. Mampu mengukur arus *AC* atau *DC* hingga $5 Ampere$.
 - h. Tegangan *output* proporsional terhadap *input* arus *AC* atau *DC*.
2. Tegangan kerja $5 Vdc$.

Untuk menentukan besarnya tegangan pada kaki output yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$V_{Output} = 2.5 \pm (0.185 \times I) \quad (1)$$

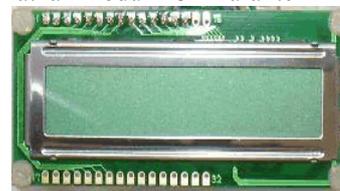
Di mana I adalah arus yang terdeteksi dalam satuan *ampere* [5][6].

1.2. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD yang digunakan adalah jenis *LCD M1632*, yang merupakan modul *LCD* dengan tampilan 16×2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan desain mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan *LCD*. Mikrokontroler *HD44780* buatan *Hitachi* yang berfungsi sebagai pengendali *LCD* memiliki *CGROM*, *CGRAM*, dan *DDRAM*. Berikut bagian-bagian dari *LCD M1632*.

1. *DDRAM (Display data Random Accsee Memory)* merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh untuk karakter 'L' atau *4CH* yang ditulis pada alamat 00 , karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari *LCD*. Apabila karakter tersebut ditulis pada alamat 40 , maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari *LCD*.
2. *CDRAM (Character Generator Random Acces Memory)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Namun, memori akan hilang saat *power supply* tidak aktif sehingga pola karakter akan hilang.
3. *CGROM (Character Generator Read Only Memory)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana pola tersebut sudah ditentukan secara *permanent* dari *HD44780* sehingga pengguna tidak dapat mengubahnya lagi. Namun, oleh karena *ROM* bersifat *permanent*, pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun *power supply* tidak aktif [7].

Untuk keperluan antarmuka suatu komponen elektronik dengan mikrokontroler, perlu diketahui fungsi dari setiap kaki pada *LCD*. Pada Gambar 2 memperlihatkan modul *LCD* karakter 2×16 .



Gambar 2: Modul *LCD* karakter 2×16 .

1.3. Remote Control

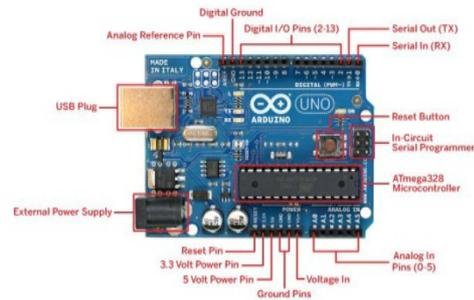
Cara kerja *remote control* mirip dengan cara kerja sandi morse yang dikirim melalui mesin telegraf. Seorang operator pengirim mengirimkan pesan teks singkat kepada operator penerima yang berada pada jarak tertentu. Namun pesan tersebut dikirimkan dalam bentuk pola kode-kode morse yang melambangkan huruf - huruf dalam pesan yang

dikirimkannya. Mesin telegraf menggunakan kode tertentu karena tidak dapat mengirimkan data suara seperti pesawat telepon. Tetapi telegraf dapat mengirimkan arus listrik yang terhubung ke sebuah bel pada bagian penerima, sehingga operator penerima akan menerima suara dari bel dalam pola-pola tertentu yang apabila dirangkai akan dapat diterjemahkan sebagai pesan singkat.

Remote control menggunakan *LED (light emitting diode)* infra merah yang berfungsi sebagai pengirim (*transmitter*) pola sinar infra merah. *LED* infra merah adalah sejenis dioda yang akan memancarkan cahaya infra merah apabila diberi arus. Sinyal infra merah yang dikirimkan tidak akan dapat dilihat oleh mata manusia, karena sinar infra merah tidak termasuk gelombang elektromagnetik pada spectrum cahaya tampak. Namun sinar tersebut dapat terbaca oleh receiver yang ada pada peralatan elektronik yang menerima sinyal tersebut. *Receiver* yang digunakan adalah sebuah foto transistor infra merah. Jika pola sinyal infra red yang diterima bersesuaian dengan salah satu instruksi, seperti instruksi menaikkan setingan temperatur pada *AC*, maka setingan temperaturnya akan dinaikkan. Jika pola sinar infra merah yang dibaca tidak dapat dikenali maka *AC* akan mengabaikannya. Hal ini mungkin saja terjadi jika sebuah *remote control* untuk peralatan lain yang berada tidak jauh dari peralatan *AC* tersebut sedang digunakan. Bentuk kode sinyal tersebut untuk masing-masing tombol tergantung kepada perusahaan produsen peralatan elektronika. Pada dasarnya setiap perusahaan bebas menentukan kode sinyal untuk setiap tombol pada pesawat *remote control* [8].

1.4 Arduino Uno

Arduino uno adalah sebuah board dengan minimum sistem mikrokontroler yang bersifat *open source* yang mampu men-support mikrokontroler dan dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Didalam rangkaian board *arduino uno* terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel, juga memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, jack power, ICSP, dan tombol reset [9].



Gambar 3. Bentuk fisik tipe Arduino Uno
(https://projectbangokky.files.wordpress.com/2014/11/arduino_uno_2.jpg)

2. PEMBAHASAN

Adapun penelitian-penelitian yang berkaitan dengan paper ini, seperti yang dilakukan oleh:

1. Chiou dkk (2008), yang dimuat pada jurnal *Energi and Buildings* dengan judul *The study of energisaving strategy for direct expansion air conditioning system*, dimana penelitian yang dilakukan berhubungan dengan prosedur penghematan energi pada *DX Air Conditioning sistem*, dengan metode *periodic downtime*, yaitu dengan mengatur periode operasi sistem dan periode mati sistem dari dua buah AC [10].
2. Widell dkk, (2009) yang dimuat pada *International Journal of Refrigeration* dengan judul *Reducing power consumption in multi -compressor refrigeration systems*, dengan menggunakan model *linear programming* untuk meminimalkan konsumsi energi listrik kompresor, maka operasional kompresor akan menjadi optimal sesuai dengan beban yang dibutuhkan [11].
3. Zhou dkk (2007), yang dimuat pada jurnal *Energi and Buildings* yang berjudul *Energi simulation in the variable refrigerant flow air-conditioning system under cooling conditions*, melakukan penelitian dalam hal perbandingan pemakaian energi yang dihasilkan pada *air conditioning system* dengan 3 metode yang berbeda, yaitu sistem *variable refrigerant flow (VRF)*, sistem *variable air volume (VAV)* dan sistem *fan-coil plus fresh air (FPFA)*. Penelitian tersebut dilakukan dengan simulasi menggunakan *software Energy Plus*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa potensi hemat energi dari sistem *VRF* mencapai 22,2% dan 11,7%, dibandingkan dengan sistem *VAV* dan *FPFA* system [12].
4. Ali Ramschie dkk (2016) yang dimuat pada *International Journals Of Computer Applications* yang berjudul *Algorithms Air Conditioning Air Filter Detection System for Electric Energy Savings*, penelitian yang dilakukan berhubungan dengan membuat suatu algoritma sistem kontrol yang dapat mendeteksi saat mana penyanging udara dari

peralatan AC telah kotor. Saat penyaring udara AC terindikasi kotor, maka sistem akan menonaktifkan kerja AC dan menginformasikannya melalui bunyi alarm dan melalui tampilan LCD bahwa AC tersebut perlu dilakukan perawatan sehubungan dengan penyaring udaranya telah kotor, sehingga pemborosan energi listrik dapat dihindari [13].

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rancang bangun yang meliputi: perancangan perangkat keras atau perancangan sistem dan perancangan perangkat lunak berupa diagram alir sebagai algoritma dari kerja sistem secara keseluruhan. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan sistem baik pembuatan perangkat keras maupun pembuatan perangkat lunak. Kemudian dilakukan pengujian untuk memperoleh data sehubungan dengan kerja sistem dan konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 24°C sampai dengan 27°C.

2.1. Perancangan sistem

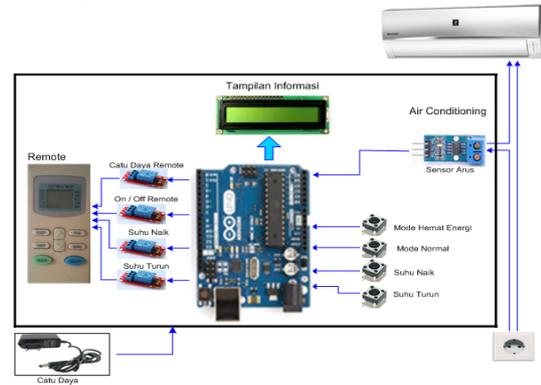
Aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah mode hemat energi pada peralatan penyejuk udara [14][15][16], di mana mode hemat energi merupakan salah satu pilihan dari pengguna untuk menghindari pemborosan listrik dari peralatan penyejuk udara dengan cara mengatur settingan temperaturnya pada settingan 24°C sampai dengan 27°C, yang mana pengoperasiannya dikontrol melalui mikrokontroler Arduino Uno yang ditransmisikan melalui remot kontrol ke peralatan penyejuk udara. Di samping itu sistem ini juga dapat memonitoring besarnya konsumsi pemakaian energi listrik dari penyejuk udara melalui sensor arus dan diinformasikannya melalui tampilan LCD.

Keterangan :

1. Mikrokontroler *Arduino Uno* berfungsi sebagai pengatur kerja keseluruhan sistem.
2. Tombol mode hemat energi berfungsi untuk memilih mode hemat energi, dimana pengaturan settingan suhu dibatasi hanya pada 24°C sampai dengan 27°C.
3. Tombol mode normal, berfungsi untuk memilih mode pengaturan settingan suhu normal dari peralatan penyejuk udara.
4. Tombol suhu naik berfungsi sebagai inputan untuk setingan suhu naik.
5. Tombol suhu Turun berfungsi sebagai inputan untuk setingan suhu turun.
6. *Driver relay*, berfungsi sebagai penggerak untuk mengaktifkan dan menonaktifkan suplai kelistrikan pada remote control, on/off AC, mengaktifkan suhu naik dan mengaktifkan suhu turun.
7. Sensor arus, berfungsi sebagai pemberi informasi ke mikrokontroler *Arduino Uno*

sehubungan dengan besarnya arus yang dikonsumsi peralatan penyejuk udara.

8. Tampilan *LCD*, berfungsi sebagai media untuk menginformasikan mode pengoperasian peralatan penyejuk udara dan besarnya konsumsi energi listrik.



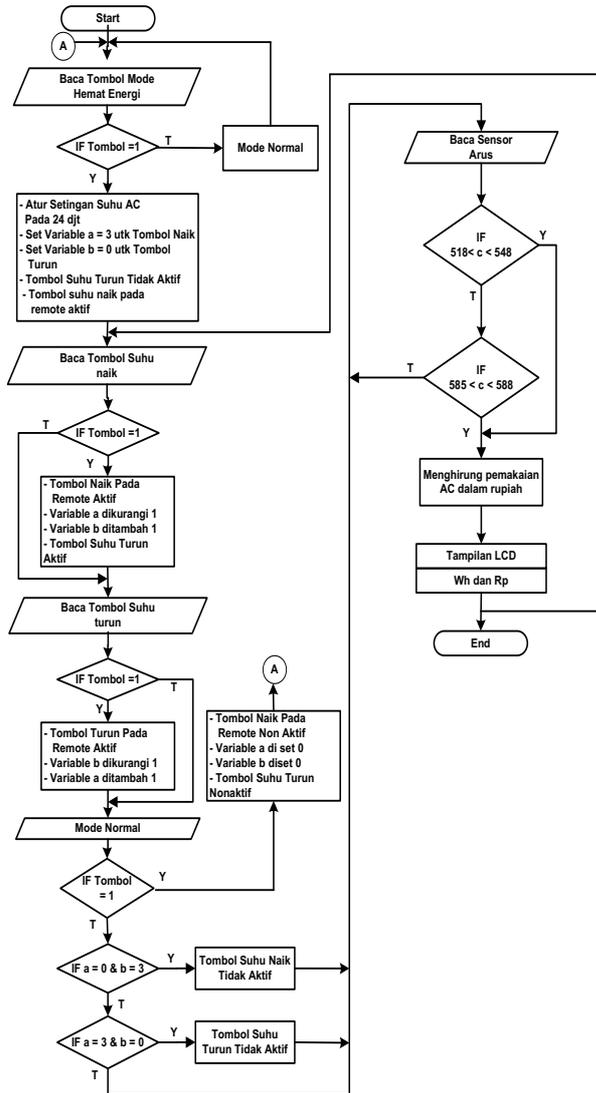
Gambar 4: Blok Diagram Sistem

2.2. Flow Chart Sistem

Flow chart diagram bertujuan untuk mendesain perangkat lunak yang digunakan untuk keperluan kerja sistem. *Flow chart* sistem dapat dilihat pada Gambar 5.

Adapun prinsip kerja dari flowchart sebagai berikut:

1. Saat sistem pertama kali diaktifkan, maka sistem akan mendeteksi apakah ada penekanan tombol mode hemat listrik.
2. Jika tombol hemat listrik tidak ditekan, maka sistem akan masuk pada bagian mode normal, dimana settingan temperaturnya dapat dipilih seperti keadaan normal.
3. Jika tombol mode hemat listrik ditekan, maka secara otomatis sistem akan mengatur temperatur pada posisi 24°C, tombol suhu naik diaktifkan, tombol suhu turun dinonaktifkan serta mengatur variable penghitung suhu naik dengan nilai 3 dan suhu turun dengan nilai 0.
4. Apabila tombol suhu naik ditekan, maka temperature penyejuk udara akan naik satu tingkat menjadi 25°C.
5. Kemudian sistem akan masuk ke bagian pembacaan konsumsi energi listrik dan harga bayar dari peralatan penyejuk udara melalui inputan sensor arus, dan menampilkannya melalui LCD display.
6. Jika sensor suhu turun ditekan, maka temperatur akan turun ke satu tingkat menjadi 24°C.
7. Jika tombol mode normal ditekan, maka sistem akan keluar dari mode hemat listrik dan masuk pada mode normal, hingga terdeteksi ada penekanan tombol mode hemat listrik.



Gambar 5: Flow Chart Sistem.

3. PENGUJIAN

Pengujian dilakukan pada *air conditioning* TCL Titan Gold TAC-06CS berkapasitas ½ PK dengan mengimplementasikan sistem mode hemat listrik yang dioperasikan selama 60 menit (1 jam), dimana pengujiannya diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7 : Pengujian sistem

Dari hasil pengujian yang dilakukan, saat sistem pertama kali diaktifkan menunjukkan bahwa settingan temperatur *penyejuk udara* akan diatur pada settingan 24°C, diperlihatkan pada Gambar 8.



a) Saat sistem diaktifkan pertama kali b) Tampilan settingan temperatur pada AC

Gambar 8: pengaturan settingan temperatur pada saat sistem pertama kali diaktifkan

Pengaturan settingan temperatur penyejuk udara hanya dapat diatur di kisaran 24°C sampai dengan 27°C, tidak dapat diset lebih kecil ataupun lebih besar dari batas yang telah ditentukan.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapat besarnya energi listrik (*Wh*) selama 1 jam pemakaian untuk settingan temperatur 24°C, 25°C, 26°C dan 27°C.

3.1 Konsumsi Energi Listrik Peralatan Penyejuk Udara Pada Settingan Suhu 24°C.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 24°C diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 24°C

Waktu (T)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)
5	31.59	42.71
10	63.18	85.42
15	94.78	128.14
20	126.37	170.85
25	157.96	213.56
30	170.97	231.15
35	183.98	248.73
40	196.98	266.32
45	228.58	309.03
50	260.17	351.75
55	291.76	394.46
60	323.35	437.17

Dari data yang diperoleh pada Tabel 1, terlihat bahwa:

Besarnya energi listrik yang diserap oleh peralatan penyejuk udara selama 1 jam pada settingan suhu: 24°C sebesar 323.35 *Wh*. Apabila peralatan listrik dioperasikan selama 8 jam per hari, maka dapat ditentukan besarnya energi listrik dan harga bayar untuk pemakaian selama: 1 hari dan 1 bulan.

- a. Total *Wh* dalam satu hari:
 $= (323.35 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam})$
 $= 2,586,8 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar dengan mengacu pada TDL PLN untuk daya 900VA (Rp. 1.352/*kWh*) [17] selama 1 hari:

$$= (2.586,8 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 34.973,54$$

- b. Total *Wh* dalam satu bulan (30 hari):
 $= 2.586,8 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari}$
 $= 77.604 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 bulan:

$$= (77.604 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 104.920,6$$

3.2 Konsumsi Energi Listrik Peralatan Penyejuk Udara Pada Settingan Suhu 25°C.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 25°C diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 25°C

Waktu (T)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)
5	31.59	42.71
10	63.18	85.42
15	94.78	128.14
20	126.37	170.85
25	150.53	203.51
30	163.53	221.10
35	176.54	238.68
40	189.55	256.27
45	221.14	298.98
50	252.73	341.70
55	284.33	384.41
60	308.48	417.07

Dari data yang diperoleh pada Tabel 2, terlihat bahwa:

Besarnya energi listrik yang diserap oleh peralatan penyejuk udara selama 1 jam pada settingan suhu: 25°C sebesar 308.48 *Wh*. Besarnya energi listrik dan harga bayar untuk pemakaian selama: 1 hari dan 1 bulan.

- c. Total *Wh* dalam satu hari:
 $= (308.48 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam})$

$$= 2.467,84 \text{ Wh}$$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 hari:

$$= (2.467,84 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 33.362,2$$

- d. Total *Wh* dalam satu bulan (30 hari):
 $= 2.467,84 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari}$
 $= 74.035,2 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 bulan:

$$= (74.035,2 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 100.095,6$$

3.3 Konsumsi Energi Listrik Peralatan Penyejuk Udara Pada Settingan Suhu 26°C.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 26°C diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 26°C

Waktu (T)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)
5	31.59	42.71
10	63.18	85.42
15	94.78	128.14
20	126.37	170.85
25	139.38	188.44
30	152.38	206.02
35	165.39	223.61
40	182.12	246.22
45	213.71	288.93
50	245.30	331.65
55	276.89	374.36
60	289.90	391.94

Dari data yang diperoleh pada Tabel 3, terlihat bahwa:

Besarnya energi listrik yang diserap oleh peralatan penyejuk udara selama 1 jam pada settingan suhu: 26°C sebesar 289,90 *Wh*. Besarnya energi listrik dan harga bayar untuk pemakaian selama: 1 hari dan 1 bulan.

- a. Total *Wh* dalam satu hari:
 $= (289,90 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam})$
 $= 2.319,2 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 hari:

$$= (2.319,2 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 31.355,58$$

- b. Total *Wh* dalam satu bulan (30 hari):
 $= 2.319,2 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari}$
 $= 69.576 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 bulan:

$$= (69.576 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 94.066,75$$

3.4 Konsumsi Energi Listrik Peralatan Penyejuk Udara Pada Settingan Suhu 27°C.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 27°C diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 27°C

Waktu (T)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)
5	31.59	42.71
10	63.18	85.42
15	94.78	128.14
20	118.93	160.80
25	131.94	178.39
30	144.95	195.97
35	157.96	213.56
40	178.40	241.20
45	209.99	283.91
50	241.58	326.62
55	262.03	354.26
60	275.03	371.85

Dari data yang diperoleh pada Tabel 4, terlihat bahwa:

Besarnya energi listrik yang diserap oleh peralatan penyejuk udara selama 1 jam pada settingan suhu: 27°C sebesar 275,03 Wh. Besarnya energi listrik dan harga bayar untuk pemakaian selama: 1 hari dan 1 bulan.

- a. Total Wh dalam satu hari:
 $= (275,03 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam})$
 $= 2.200,24 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 hari:

$$= (2.200,24 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 29.747,24$$

- b. Total Wh dalam satu bulan (30 hari):
 $= 2.200,24 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari}$
 $= 66.007,2 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 bulan:

$$= (66.007,2 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 89.241,73$$

3.5 Pengujian Saat Belum Menggunakan Mode Hemat Listrik.

Pengujian dilakukan terhadap peralatan penyejuk udara saat belum diimplementasikan sistem mode hemat listrik, untuk mendapatkan data konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 16°C, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Besarnya konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara pada settingan suhu 16°C

Waktu (T)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)
5	31.59	42.71
10	63.18	85.42
15	94.78	128.14
20	126.37	170.85
25	157.96	213.56
30	189.55	256.27
35	221.14	298.98
40	252.73	341.70
45	284.33	384.41
50	278.75	376.87
55	291.76	394.46
60	379.10	512.54

Dari data yang diperoleh pada Tabel 5, terlihat bahwa:

Besarnya energi listrik yang diserap oleh peralatan penyejuk udara selama 1 jam pada settingan suhu: 16°C sebesar 379,10 Wh. Besarnya energi listrik dan harga bayar untuk pemakaian selama: 1 hari dan 1 bulan.

- a. Total Wh dalam satu hari:
 $= (379,10 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam})$
 $= 3.032,8 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 hari:

$$= (3.032,8 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 4.100,346$$

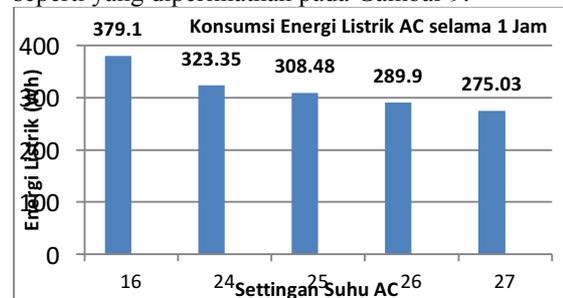
- b. Total Wh dalam satu bulan (30 hari):
 $= 3.032,8 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari}$
 $= 90.984 \text{ Wh}$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar selama 1 bulan:

$$= (90.984 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 1.352$$

$$= \text{Rp. } 123.010,4$$

Grafik perbandingan konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara sebelum dan setelah mengimplementasikan sistem mode hemat listrik, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9: Grafik perbandingan konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara sebelum dan setelah mengimplementasikan sistem mode hemat listrik

Dari grafik yang diperlihatkan pada Gambar 9, terlihat bahwa semakin rendah settingan suhu peralatan penyejuk udara yang dipilih, maka semakin besar konsumsi energi listriknya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan mode hemat listrik pada peralatan penyejuk udara dapat menghemat konsumsi energi listrik, dengan cara membatasi settingan suhu peralatan penyejuk udara, yang hanya beroperasi pada kisaran suhu 24°C sampai dengan 27°C. Dari hasil pengujian yang dilakukan, saat belum diterapkannya mode hemat listrik ke peralatan penyejuk udara, konsumsi energi listriknya sebesar 379.1 Wh pada setingan suhu 16°C, dan setelah diterapkannya mode hemat listrik ke peralatan penyejuk udara dengan membatasi settingan suhu pada kisaran suhu 24°C sampai dengan 27°C, maka terukur konsumsi energi listrik sebesar 323,35 Wh pada settingan suhu 24°C, 308,48 Wh pada settingan suhu 25°C, 289,90 Wh pada settingan suhu 26°C dan 275,03 Wh pada settingan suhu 27°C. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa semakin rendah settingan suhu yang diatur, maka konsumsi energi listrik peralatan penyejuk udara akan semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada DRPM Ristek DIKTI dan Politeknik Negeri Manado yang telah memfasilitasi penelitian ini, serta Politeknik Negeri Bandung yang telah menyelenggarakan seminar IRWNS sebagai sarana berbagi dan bertukar pikiran demi penyempurnaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat T, "Analisis Penghematan Listrik pada AC Split dengan Refrigeran Hidrokarbon disertai perbaikan faktor daya" *Jurnal Teknosain* Vol. 8, 2011.
- [2] Ilham, Amil Ahmad, and Ali Ramschie. "Sistem Monitoring Dan Kendali Kerja Air Conditioning Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535", *Jurnal Ristek* Vol.2, No.1, Juni 2013.
- [3] Mitar Simic, "Design and Development of Air Temperature and Relative Humidity Monitoring System with AVR Processor base Web Server", *Electrical and Power Engineering (EPE), International Conference and Exposition on*, 2014.
- [4] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI. No. 13 2012, *tentang penghematan pemakaian tenaga listrik*
- [5] Allegro mikrosistem.inc. *Datasheet ACS712*.
- [6] Husnawati, Rossi Passarella, Sutarno dan Rendyansyah, "Perancangan dan Simulasi Energi Meter Digital Satu Fasa Menggunakan Sensor Arus ACS712", *JNTETI* Vol. 2. No. 4, November 2013.
- [7] ____, *16x2 LCD Datasheet*. (<http://www.enginerrsgarage.com>>16x2-lcd) Searchword=lcd 16x2 diakses 8 juni 2018)
- [8] ____, *Remote Control*. (<https://en.m.wikipedia.org/wiki/RemoteControl>) Searchword=remote control, diakses 9 juni 2018)
- [9] Alan G. Smith, "Introduction To Arduino", Alan G. Smith, 2011.
- [10] Zhou, Y.P., Wu, J.Y., Wang, R.Z. & Shiochi, S. "Energi simulation in the variable refrigerant flow air-conditioning sistem under cooling conditions" *Energi and Buildings* 39. 212–220, 2007.
- [11] Widell. K.N. dan Eikevik. T. "Reducing power consumption in multi -compressor refrigeration systems", *International Journal of Refrigeration* 33. 88-94,2009.
- [12] Chiou. C.B., Chu C.M. dan Lin, S.L. "The study of energisaving strategy for direct expansion air conditioning system", *Energi and Buildings* 40. 1660–1665,2008.
- [13] Ali A.S. Ramschie, Johan Makal, Veny Ponggawa, "Algorithms Air Conditioning Air Filter Detection System For Electric Energy Savings", *International Journal of Computer Application (IJCA)*, Vol. 156 No. 8, 2016.
- [14] Ali A. S. Ramschie, Johan F. Makal, and Veny V. Ponggawa. "Sistem Pendeteksi dan Penginformasi Kekotoran Penyaring Udara Pada Peralatan Air Conditioning Guna Penghematan Listrik." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Vol. 8. No. 3. 2017.
- [15] Ali A S Ramschie, Johan F Makal and Veny V Ponggawa, "Method of Freon Leak Detection and Dirty Air Filter in Air Conditioning for Electrical Savings", *International Journal of Computer Applications* 172(1):35-40, August 2017.
- [16] M. Mossolly, K. Ghali, N. Ghaddar, "Optimal Control Strategy For a Multy-Zone Air Conditioning System Using The Genetic Algorithm", *ELSEVIER* Vol. 34, Issue 1, page 58-66, 2009.
- [17] Tarif Dasar Listrik PLN Maret 2018 (<http://listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/>) Searchword=tarif dasar listrik, diakses 11 juni 2018)