

Perancangan Sistem Kontrol Berbasis Arduino pada Air Blast Freezer dengan Kabin Pemanas

Eddy Erham

Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung

Korespondensi : eddy.erham@polban.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang sangat cepat telah mendorong para peneliti untuk terus menciptakan produk-produk baru atau menambahkan fasilitas baru pada produk yang telah ada. Misalnya, dilakukan penambahan fasilitas baru pada sistem refrigerasi. Pada penelitian ini akan dikembangkan fasilitas kabin pemanas pada Air Blast Freezer. Untuk itu satu kondenser khusus sebagai sumber pemanas akan ditambahkan dan perancangan kontrol akan dilakukan baik untuk Air Blast Freezer maupun untuk kondenser khusus. Untuk perancangan kontrol akan digunakan Arduino Mega sebagai kontroler dan beberapa sensor sebagai detektor dan umpan balik. Arduino ini akan di-upload dengan program sistem kontrol sehingga dapat berfungsi sebagai kontroler atau pengontrol. Hasil yang didapat adalah sistem refrigerasi dapat mempertahankan temperatur kabin pendingin pada T setpoint $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan $T_{\text{cut-off}} = -14\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $T_{\text{cut-in}} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dan kabin pemanas dapat mempertahankan temperatur kabin pemanas pada T setpoint $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan $T_{\text{cut-off}} = 46\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $T_{\text{cut-in}} = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Selain itu, konsumsi daya listrik pada kabin pemanas adalah 275,44 Watt dan kabin pendingin adalah 288,36 Watt. Perbedaan dayanya adalah 12,92 Watt atau 4,48%.

Kata kunci: Air Blast Freezer, Arduino Mega, sistem kontrol, kabin pendingin, kabin pemanas

ABSTRACT

The rapid development of technology has prompted researchers to continue creating new products or adding new facilities to existing products. For example, adding new facilities to the refrigeration system is being carried out. This research will develop a heating cabin facility in the Air Blast Freezer. For this reason, a special condenser as a heating source will be added and control design will be carried out both for the Freezer and for a special condenser. For control design, this Arduino will be uploaded with the control system program so that it can function as a controller. The results obtained are the refrigeration system can maintain both the temperature of the coolant cabin and the heating cabin at T setpoint $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ with $T_{\text{cut-off}} = -14\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $T_{\text{cut-in}} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and at T setpoint $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ with $T_{\text{cut-off}} = 46\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $T_{\text{cut-in}} = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectively. In addition, the electric power consumption in the heating cabin is 275.44 Watt and the comparison cabin is 288.36 Watt. The difference in power is 12.92 Watts or 4.48%.

Keyword : Air Blast Freezer, Arduino Mega, control system, cooling cabin, heating cabin.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat cepat telah mendorong para peneliti untuk terus menciptakan produk-produk baru atau menambahkan fasilitas baru pada produk yang telah ada. Misalnya, dilakukan penambahan fasilitas baru pada Sistem refrigerasi.

Sistem refrigerasi ini memiliki sebuah kondenser yang berfungsi untuk membuang kalor ke lingkungan. Beberapa peneliti telah mencoba memanfaatkan panas buangan dari kondenser sebagai sumber atau kabin pemanas[1]. Untuk itu, kondenser ditempatkan dalam suatu kabin sehingga kalor yang seharusnya di buang ke lingkungan dapat digunakan sebagai sumber pemanas. Tetapi, hasilnya kurang memuaskan, karena kondenser dengan kondisi seperti ini tidak dapat menjalankan fungsi utamanya secara maksimal[2,5].

Masalahnya adalah pemanfaatan kondenser sebagai alat pemanas ini dapat menghambat pembuangan kalor ke lingkungan. Akibatnya, konsumsi daya listrik pada kompresor akan meningkat. Selain itu, temperatur yang dapat dicapai relatif rendah.

Untuk mengatasi masalah ini, yaitu menurunkan konsumsi daya listrik pada kompresor dan meningkatkan temperatur yang dapat dicapai serta turut berpartisipasi dalam pengembangan sistem refrigerasi, dalam penelitian ini akan dikembangkan fasilitas kabin pemanas pada Air Blast Freezer. Untuk itu, satu kondenser khusus sebagai sumber pemanas akan ditambahkan dan perancangan kontrol akan dilakukan keduanya untuk Air Blast Freezer sebagai alat pendingin dan untuk kondenser khusus sebagai alat pemanas.

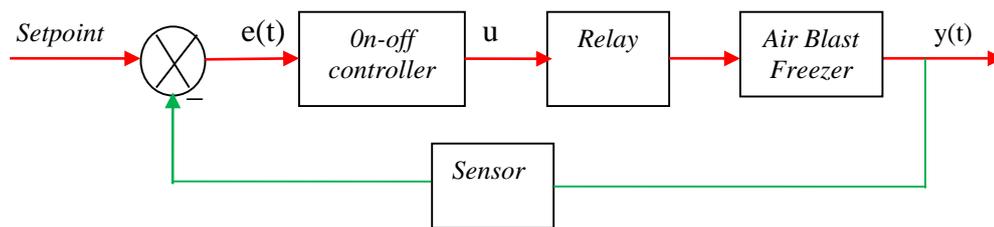
Untuk perancangan sistem kontrol akan digunakan Arduino sebagai kontroler atau pengontrol dan beberapa sensor sebagai detektor dan umpan balik. Arduino ini akan di-upload dengan program pengontrolan

yang isinya sesuai dengan sistem kontrol yang dirancang. Dengan demikian, Arduino dapat berfungsi sebagai kontroler.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini, meskipun kehadiran kabin pemanas, *Air Blast Freezer* sebagai alat pendingin tetap dapat berfungsi dengan baik. Demikian pula, kabin pemanasnya dapat bekerja sesuai dgn rentang temperatur yang diinginkan dan konsumsi daya listrik kompresor dari sistem yang dirancang adalah relatif sama dengan sistem yang ada.

1.1 Sistem Kontrol On-Off

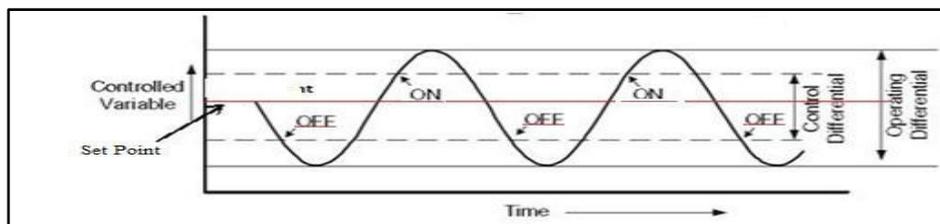
Sistem kontrol adalah sistem yang mempunyai pengontrol (*controller*) yang berfungsi untuk mengkoreksi kesalahan (*error*) respons sehingga diperoleh respons yang mendekati nilai input yang diinginkan[3]. Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem kontrol. Dalam hal ini digunakan pengontrol *on-off*. Contoh pengontrol ini adalah thermostat.



Gambar 1. Diagram blok sistem kontrol.

1.2 Respons Sistem Kontrol On-Off

Respons sistem kontrol *on-off* ditunjukkan pada gambar 2. *Setpoint* adalah input yang diinginkan dan nilainya konstan. Dengan adanya sistem kontrol, diharapkan nilai output sama dengan input yang diinginkan. Akan tetapi faktanya, output hanya dapat mendekati nilai input atau hampir sama. Output nampak berfluktuasi terhadap *setpoint*. Jadi, nilai output adalah dari $[\text{setpoint} - (\text{dif}/2)]$ sampai $[\text{setpoint} + (\text{dif}/2)]$.



Gambar 2. Respons sistem kontrol *on-off* [8].

2. METODE PENELITIAN

Perancangan sistem kontrol ini terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan *hardware* meliputi pemilihan kontroler, sensor, dan *relay*. Kontroler yang biasa digunakan pada *air blast freezer* adalah thermostat. Akan tetapi, saat ini prinsip kerjanya bisa diadopsi ke dalam program komputer sehingga komputer dengan program yang terkait bisa berfungsi sebagai kontroler. Perancangan ini fokus pada komponen-komponen utama yang terkait pada sistem kontrol, yaitu Arduino, sensor, dan *display*. Untuk menampilkan data digunakan dua metoda, yaitu LCD dan layar Laptop. Kemudian, semua komponen diintegrasikan dalam bentuk *wiring diagram*.

Sedangkan, perancangan *software* adalah perancangan program komputer untuk membuat kontroler *on-off* sehingga program ini bisa merepresentasikan karakter dari *thermostat*. Selain itu, dilengkapi pula sistem kontrol untuk kabin pemanas. Untuk melakukan hal ini, dimulai dengan merancang algoritma atau *flowchart* dari kontroler tersebut.

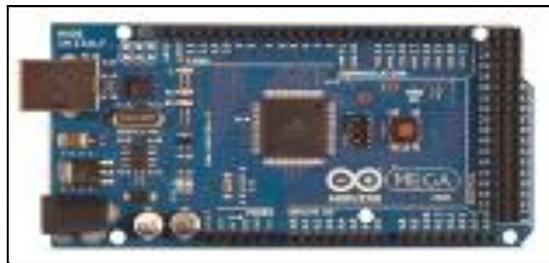
Selanjutnya, dilakukan integrasi *hardware* dan *software* yang telah dirancang sebelumnya. Untuk itu, program pengontrolan yang isinya sesuai dengan sistem kontrol yang dirancang di-*upload* ke dalam Arduino. Setelah itu, sistem kontrol yang telah dirancang diinstalasi pada *air blast freezer* yang ada.

2.1 Perancangan *Hardware*

Perancangan ini lebih fokus pada perancangan komponen-komponen utama yang terkait pada sistem kontrol. Komponen-komponen utama adalah Arduino, sensor, dan display. Itu dijelaskan secara singkat alasan-alasan dalam pemilihannya. Untuk menampilkan data digunakan monitor Laptop. Sedangkan, komponen-komponen yang lain ditunjukkan secara langsung lintasan- lintasan hubungannya ke Arduino yang bisa ditelusuri melalui diagram *wiring* dari perancangan *hardware* keseluruhan.

2.1.1. Pemilihan kontroler

Arduino berisi mikrokontroler yang berfungsi sebagai komputer. Mikrokontroler adalah prosesor. Dengan demikian dapat mengolah program komputer. Karena pada makalah ini dirancang sistem kontrol yang menggunakan program tersebut, maka dipilih Arduino Mega seperti pada gambar 3 [5]. Selanjutnya untuk berfungsi sebagai sistem kontrol Arduino ini harus di-*upload* dengan program terkait. Arduino memiliki tiga memori dengan kapasitas 35 KB. Salah satunya untuk menyimpan data adalah *static random access memory* (SRAM) dan yang lainnya untuk menyimpan program adalah *flash memory* dan *erasable programmable read-only memory* (EPROM). Selain itu, karena program terkait hanya membutuhkan memori kurang dari 35 KB, maka Arduino dapat dipilih untuk merancang sistem kontrol.



Gambar 3. Arduino Mega board [4].

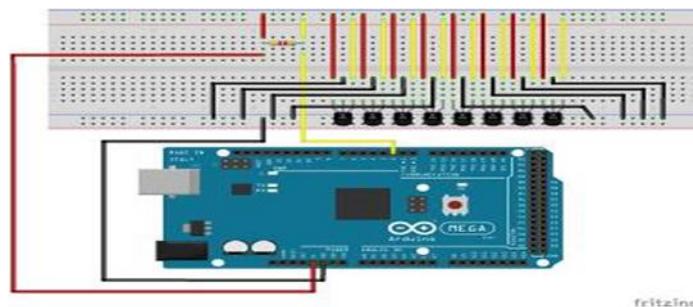
2.1.2. Pemilihan Sensor Temperatur

Untuk mengukur temperatur kabin dipilih sebuah sensor DS18B20. Sensor ini tahan terhadap air dan cukup akurat sehingga dapat ditempatkan didalam kabin dingin maupun kabin panas. Dan untuk memudahkan dalam menghubungkan sensor DS18B20 pada Arduino dapat dilihat pada table 1 dan sebagai contoh untuk jalur data digunakan pin 2.

Tabel 1. Koneksi Sensor DS18B20 pada Arduino.

No	Warna Kabel	Pin Arduino	Sensor DS18B20	Fungsi
1	Merah	Pin 5 V	Vcc	Mensuplai tegangan 5 V dari Arduino ke sensor DS18B20
2	Kuning	Pin 2 <i>Digital</i> I/O	<i>Digital</i> Data	Untuk mengirimkan data <i>digital</i> dari sensor DS18B20 ke Arduino
3	Hitam	Pin GND	GND	Memberi tegangan <i>ground</i> dari Arduino ke sensor DS18B20

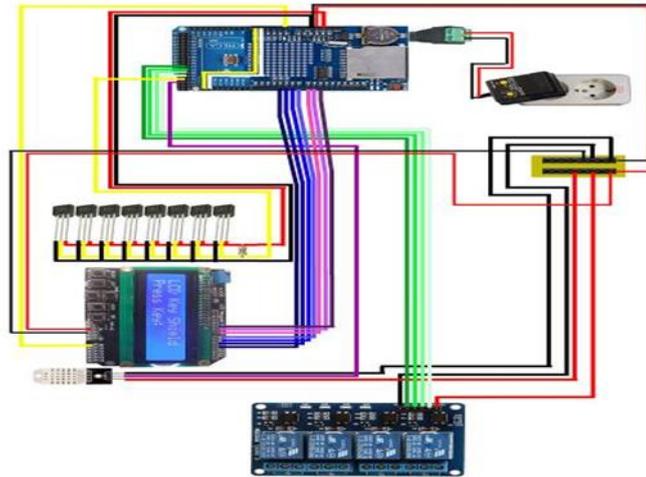
Selanjutnya, koneksi delapan sensor Ds18B20 dengan Arduino ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Koneksi delapan sensor DS18B20 pada Arduino.

2.1.3. Perancangan *Hardware* Keseluruhan

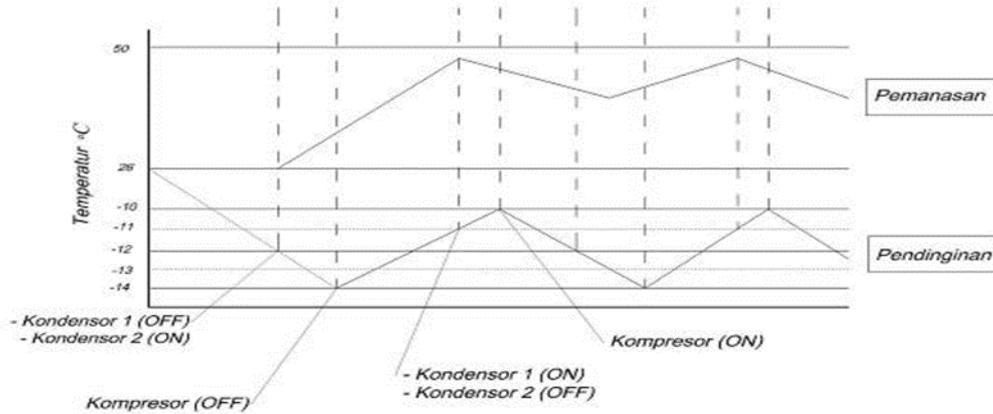
Gambar 5 menunjukkan bagaimana cara semua komponen hardware diintegrasikan menjadi satu kesatuan dalam bentuk diagram *wiring*. Dalam diagram ini semua komponen ditampilkan dan ditunjukkan koneksi-koneksinya kecuali Laptop, yang koneksinya telah disediakan sebuah slot khusus dan kabel USB, tidak diperlihatkan. Arduino Uno sebagai kontroler dihubungkan langsung ke sensor temperatur DS18B20, *relay* dan Laptop.



Gambar 5. Diagram *wiring* sistem keseluruhan.

2.1.4. *Flowchart*

Sebelum membahas *flowchart*, untuk memperjelas perencanaan dari sistem kontrol yang akan dirancang ini, maka perlu digambarkan ide dasarnya dan prediksi grafik respons sistem kontrol untuk pendinginan dan pemanasan. Grafik ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik respon sistem kontrol untuk pendinginan dan pemanasan [6].

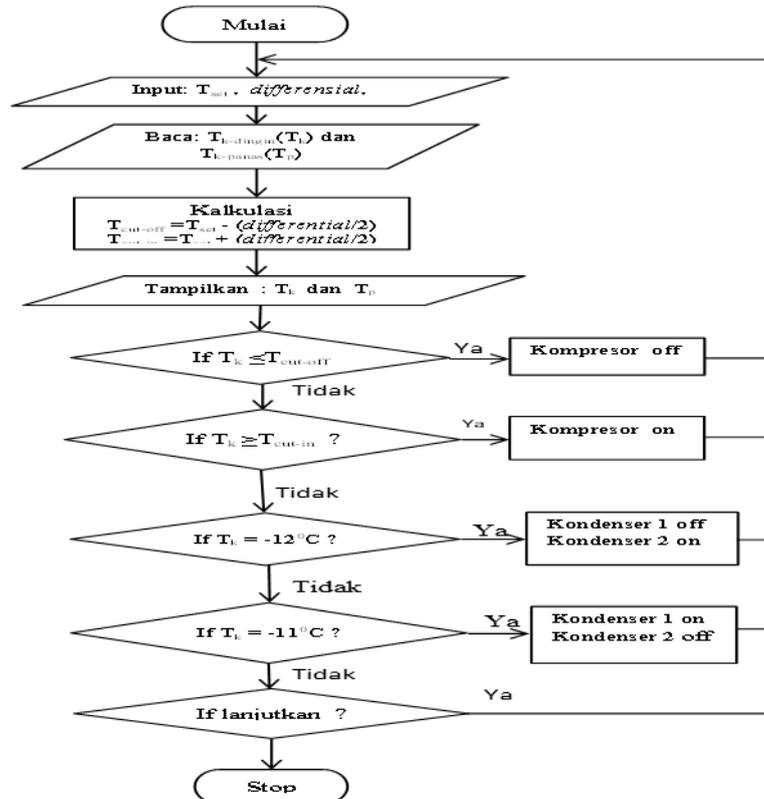
Selanjutnya, perancangan program dilakukan berdasarkan *flowchart* yang ditunjukkan pada gambar 7. *Flowchart* ini terdiri dari dua bagian utama. Bagian pertama, memuat logika untuk mempertahankan temperatur kabin pendingin tetap. Dengan cara menghidupkan (*on*) atau mematikan (*off*) kompresor. Kedua, memuat logika untuk mempertahankan temperatur kabin pemanas tetap konstan. Dengan cara melakukan keduanya, yaitu menghidupkan kondensator 1 (*on*) dan mematikan kondensator 2 (*off*) atau sebaliknya.

3. HASIL DAN ANALISIS

Pengujian performansi meliputi pengamatan pola respons sistem kontrol pada kabin pendingin dan penentuan kesalahan pada saat cut-in maupun pada saat cut-off. Kemudian, dengan cara yang sama dilakukan pula pengujian pada kabin pemanas. Selain itu, terkait keberadaan kabin pemanas dilakukan pengukuran konsumsi daya listriknya. Pada pengujian ini dipilih temperatur setpoint -12°C .

3.1 Analisis Sistem Kontrol *On- Off*

Untuk mengetahui akurasi dari kontroler *on-off* yang dirancang dilakukan pengamatan respons sistem kontrol pada kabin pendingin dan penentuan *error* (kesalahan) pada saat *cut-in* maupun pada saat *cut-off*. Kemudian, dengan cara yang sama dilakukan pula pengamatan respons sistem kontrol pada kabin pemanas.

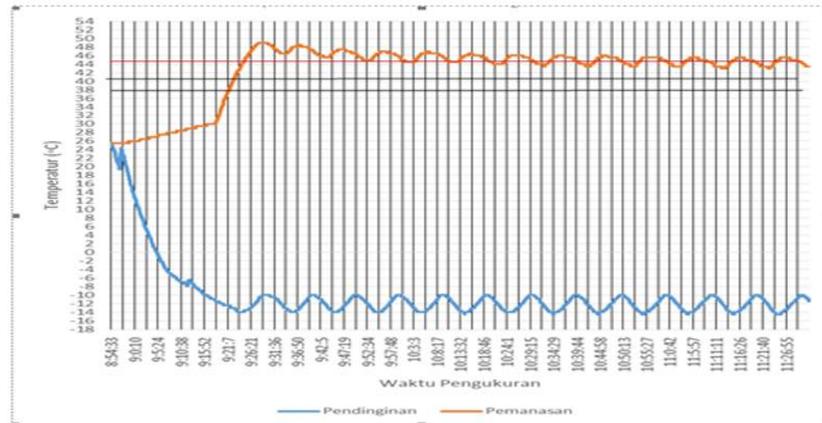


Gambar 7. Flowchart sistem kontrol untuk pendinginan dan pemanasan

Gambar 8 menunjukkan grafik respons sistem kontrol *on - off* pada kabin pendingin dan kabin pemanas. Pertama, akan dianalisis respons sistem kontrol *on - off* pada kabin pendingin. Pada mulanya temperatur kabin pendingin sebesar 25.46°C. Kemudian menurun secara bertahap sampai mencapai temperatur *cut-off* sebesar -14°C. Setelah itu, temperatur meningkat kembali sampai mencapai temperatur *cut-in* sebesar -10°C. Selanjutnya, temperatur menurun lagi sampai temperatur *cut-off*. Akhirnya, temperatur kabin pendingin akan berfluktuasi terhadap temperatur *setpoint* -12°C.

Untuk analisis kesalahan-respons hanya dilakukan pada kabin pendingin yang diperlakukan sebagai data sampel. Dan untuk mempermudah analisis, data kesalahan-respon diringkaskan dalam tabel 2. Pada respons sistem kontrol ini terjadi *error* pada saat *cut-in* sebesar 0 hingga 0,05°C dan *error* pada saat *cut-off* sebesar 0 hingga 0,51°C.

Kedua, untuk analisis respons sistem kontrol *on - off* pada kabin pemanas dapat dipaparkan sebagai berikut. Pola respons sistem kontrol pada kabin pemanas yang didapat adalah sama dengan pola respon pada kabin pendingin. Seakan-akan respon sistem kontrol pada kabin pemanas adalah hasil pencerminan respon sistem kontrol pada kabin pendingin terhadap garis horizontal. Pada mulanya temperatur kabin pemanas adalah 25,49 °C. Kemudian menaik secara bertahap sampai mencapai temperatur sebesar 46°C. Setelah itu, temperatur menurun kembali sampai mencapai temperatur sebesar 42°C. Selanjutnya, temperature meningkat lagi sampai temperatur 46°C . Akhirnya, temperatur kabin pemanas akan berfluktuasi terhadap temperatur 44°C.



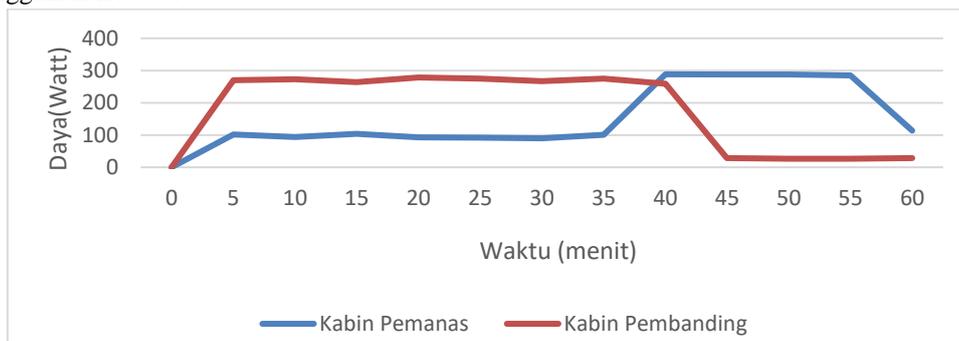
Gambar 8. Grafik respons sistem kontrol on - off pada kabin pendingin dan kabin pemanas [6].

Tabel 2. Error maksimal pada saat temperatur cut-in maupun cut-out .
 Setpoint = - 12 C dan control differential = 4 C.

Data	Nilai setting (°C)	Nilai terukur (°C)	Error maksimal (°C)
Temperatur cut-in	-10	-9,95	0,05
Temperatur cut-out	-14	-14,51	0,51

3.2 Analisis Konsumsi Daya Listrik

Untuk menganalisis pertambahan konsumsi daya listrik dengan keberadaan kabin pemanas, maka akan dibandingkan konsumsi daya listrik kabin pemanas terhadap kabin pembanding. Gambar 9 menunjukkan grafik daya listrik terhadap waktu pada kabin pemanas dan kabin pembanding. Daya listrik terbesar pada kabin pembanding adalah 275,44 Watt yang terjadi pada menit ke 35. Dan daya listrik terbesar pada kabin pemanas adalah 288,36 Watt pada menit ke 40. Perbedaan dayanya adalah 12,92 Watt atau 4,48%. Artinya konsumsi daya listrik pada Air Blast Freezer dengan keberadaan kabin pemanas adalah relatif sama dengan konsumsi daya listrik pada kabin pembanding. Catat bahwa kabin pembanding adalah tempat atau ruangan pemanas yang menggunakan heater.



Gambar 9. Grafik daya listrik terhadap waktu [7].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyelidiki akurasi dari sistem kontrol dan konsumsi daya listrik dari Air Blast Freezer yang dilengkapi kabin pemanas. Itu bisa dipertimbangkan sebagai suatu solusi yang cukup menjanjikan untuk persoalan konsumsi energi listrik. Hasil-hasil menunjukkan bahwa Air Blast Freezer dapat mempertahankan temperatur kabin pendingin pada T setpoint -12 0C dengan Tcut-off = -14 0C dan Tcut-in = - 10 0C. Namun, masih terdapat error pada saat cut-off sebesar 0 – 0,51 0C dan pada saat cut-in 0 – 0,05 0C. Sedangkan kabin pemanas dapat mempertahankan temperatur kabin pemanas pada T setpoint 44 0C dengan Tcut-off = 46 0C dan Tcut-in = 42 0C. Selain itu, konsumsi daya listrik pada Air Blast Freezer dengan kabin pemanas adalah 288,36 Watt dan kabin pembanding adalah 275,44 Watt. Perbedaan dayanya adalah 12,92Watt atau 4,48%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Perancangan Sistem Kontrol Berbasis Arduino pada Air Blast Freezer dengan Kabin Pemanas (Eddy Erham)

Dengan selesainya penelitian ini, diucapkan terimakasih banyak pada UPPM Politeknik Negeri Bandung sebagai afiliasi yang telah memberikan dukungan baik berupa pengarahan dan pendanaan. Dan juga diucapkan terimakasih kepada rekan sejawat Ir. Sumeru PhD atas saran-saran yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrew D A, Carl T. Modern Refrigeration and Air Conditioning. South Holland Illinois: The Goodheart-Willcox Company. 2004.
- [2] Azidjal A, Joko H dan Afdhal KM. Potensi pemanfaatan energi panas terbuang pada kondenser A/C sentral untuk pemanasan air hemat energy. *J. Mekanikal*. 2015: 6(2):569-576
- [3] Eddy E, Markus, Wina P S. Design of a New On-Off Controller Based on Arduino Uno R3 with Application to Window A/C. *IPTEK J. of Pro. Series*. 2018: 2:180-188
- [4] E. Premeaux. Arduino Project to Save the World. Technology in Action. 2011.
- [5] Hery S., Panji S. and Iden M. Utilization of A/C condenser as water heater in an effort to energy conservation. *www.rees J. org K* . 2018: 3(1)
- [6] Maulana MS, E Erham and Arda R. Rancang bangun sistem kontrol dan monitoring pada sistem *air blast freezer* dua kodenser berbasis Arduino. Bandung: POLBAN: 2016.
- [7] M Fauzan, E Erham dan E Sukanto. Desain sistem kontrol berbasis Arduino Uno pada sistem *air blast freezer* yang memiliki kabin pemanas. Bandung: POLBAN: 2020.
- [8] Ross D M, Robert M. Fundamentals of HVAC Control Systems. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning. 2009: 1791.