

# ANALISIS PERANCANGAN SISTEM KONTROL DAN MONITORING BERBASIS ARDUINO UNO VIA INTERNET PADA PEMANFAATAN AIR KONDENSAT PADA KULKAS

M. Fathan Sugih Bagja<sup>1</sup>, Tamaji<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universitas Widya Kartika

<sup>2</sup> Universitas Widya Kartika

## Abstrak

Air kondensat merupakan air yang dihasilkan dari proses kondensasi, biasanya dibuang begitu saja tanpa melihat manfaatnya. Pada jurnal ini akan menganalisis perancangan sistem kontrol pada sistem refrigerasi pemanfaatan air kondensat. Perancangan ini meliputi perancangan sistem kontrol temperatur kabin dan sistem kontrol penyemprotan air kondensat otomatis. Arduino UNO akan digunakan sebagai pengontrol dan sensor DS18B20 akan digunakan sebagai detektor dan umpan balik. Selain itu, sistem monitoring dirancang dengan menggunakan layar laptop, LCD dan smartphone dengan aplikasi ThingSpeak. Hasil yang didapatkan adalah sistem kontrol on-off yang dirancang dapat mempertahankan temperatur kabin pada setpoint, yaitu 4,5°C. Tetapi masih terdapat error perancangan dalam rentang 0,12°C-0,13°C. Sedangkan, pada sistem kontrol penyemprotan air kondensat, penyemprotan otomatis menyala pada saat temperatur keluar kondenser melebihi temperatur setting, yaitu 39°C, dengan error dalam rentang 0,1°C-0,44°C. Di samping itu, sistem monitoring pada ThingSpeak dan LCD menghasilkan grafik temperatur dengan nilai dan pola yang sama. Selanjutnya, COP aktual sistem refrigerasi dengan penyemprotan berfluktuasi pada nilai 3,28 lebih besar daripada COP aktual tanpa penyemprotan yang berfluktuasi pada nilai 2,95. Hal ini ditunjukkan dengan grafik COP aktual dengan penyemprotan yang lebih tinggi pada setiap saat. Daya listrik kulkas dengan penyemprotan (104 W) sedikit lebih rendah dibandingkan sistem tanpa penyemprotan (114 W).

**Kata kunci:** Sistem kontrol on-off; kondensat; subcooling; COP; ThingSpeak.

## Abstract

*Condensate water is a water which is resulted from the condensation process, usually thrown away regardless of its use. In this journal, a control system for the refrigeration system for the utilization of condensate water will be analyzed. This design includes the design of a cabin temperature control system and an automatic condensate water spraying control system. Arduino UNO will be used as controller and DS18B20 sensor will be used as a detector and also as a feedback. In addition, the monitoring system is designed to use laptop, LCD and smartphone screens with the ThingSpeak application. The result is the designed on-off control system be able to maintain the cabin temperature at the setpoint of 4.5oC. But there are still errors in the range of 0.12oC-0.13oC. Meanwhile, in the condensate water spraying control system, the spraying automatically turns on when the condenser exit temperature exceeds the setting temperature of 39oC, with an error in the range of 0.1oC-0.44oC. In addition, the monitoring system on ThingSpeak and LCD produces temperature graphs with values and patterns which be the same. Furthermore, the actual COP of the refrigeration system which fluctuates at value of 3.28 is greater than the actual COP without spraying which fluctuates at value of 2.95. This is shown by a graph of the actual COP with sprays which be higher at any time. The electric power of the refrigerator with spraying (104 W) is slightly lower than the system without spraying (114 W).*

**Keywords:** on-off control system; condensate; subcooling; COP; ThingSpeak.

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, perkembangan teknologi sangat cepat terutama pada bidang refrigerasi. Sistem refrigerasi tidak hanya digunakan oleh mall maupun ruangan komersial, akan tetapi sudah merambah ke penggunaan domestik. Hal tersebut mendorong para peneliti untuk memberikan fasilitas-fasilitas baru pada produk yang telah ada seperti kulkas. Sistem

refrigerasi domestik biasanya banyak digunakan untuk menyimpan makanan keperluan sehari-hari dalam rumah tangga. Oleh karena itu sistem refrigerasi domestik dirancang sesuai dengan keperluannya, dapat berupa refrigerator single door, refrigerator and freezer double cabinet, up-right or chest type freezer, dll. Komponen utama pada sistem ini adalah kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator.

Proses refrigerasi meliputi proses kompresi gas freon oleh kompresor dari jalur suction pipa atau pipa keluaran evaporator. Hasil kompresi gas freon dari kompresor akan bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi, hal tersebut perlu diturunkan temperature dan tekanannya agar kinerja dari alat ekspansi tidak terlalu berat dan bisa mencapai titik temperatur yang diinginkan. Oleh karena itu dibutuhkan komponen kondenser yang berfungsi untuk menurunkan temperatur dan tekanan gas freon tersebut sehingga terjadi penurunan dan perubahan gas freon yang sebelumnya gas sepenuhnya menjadi gas campuran dengan cairan. Freon yang kondisi fluida campuran tersebut akan diturunkan tekanannya secara drastis oleh alat ekspansi. Temperatur berbanding lurus dengan tekanan, ketika tekanannya diturunkan secara drastis maka temperatur akan turun secara drastic. Kondisi gas freon akan menjadi di dominasi oleh cairan dan sedikit gas. Cairan tersebut bertemperatur rendah akan menyerap temperatur panas atau kalor pada kabin sehingga cairan tersebut secara perlahan berubah menjadi gas yang bertekanan rendah. Salah satu komponen pada sistem refrigerator kompak yaitu evaporator terlihat berada di dalam satu ruangan dengan satu buah pintu. Evaporator yang digunakan bertipe plat, pada kulkas satu pintu evaporator dipasang di bagian atas kabin dan digunakan untuk freezer. Bagian bawah evaporator mendapat udara dingin dari evaporator dan digunakan untuk produk yang tidak beku. Pada umumnya refrigerator ini menggunakan defrost secara manual.

Pada sistem refrigerasi biasanya di bagian evaporator selalu terbentuk kondensat karena kondensasi dari uap air udara kabin. Air kondensat yang dihasilkan oleh sistem pendingin biasanya dibuang begitu saja, akan tetapi pada beberapa penelitian sudah dilakukan pemanfaatan air kondensat sebagai media pendinginan awal (precooling). Penggunaan air kondensat pada media pendinginan awal adalah untuk meningkatkan kinerja pengkondisi udara yaitu dengan turunnya temperatur discharge kompresor maka akan menaikkan efisiensi kompresor lalu karena sebagian kalor sudah diserap oleh air kondensat maka pembuangan kalor di kondenser akan berkurang sehingga menyebabkan adanya subcooling pada keluaran kondenser. Prinsip tersebut telah digunakan oleh sistem refrigerasi yang cukup besar yaitu *chiller*. *Chiller* memiliki 2 proses pembuangan kalor pada kondenser yaitu proses pembuangan ke udara lingkungan atau yang disebut dengan *Air Cooled Chiller* dan proses pembuangan kalor ke air yang disebut dengan *Water Cooled Chiller*. Secara efisiensi sama seperti pendinginan discharge kompresor atau *coil condenser*, *Water Cooled Chiller* akan lebih efisien dibandingkan *Air Cooled Chiller* dikarenakan kalor yang diserap oleh air dari cooling tower lebih banyak dibandingkan kalor yang dilepas ke udara.

Terkait dengan penelitian mengenai air kondensat, pada tahun 2010 dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan air kondensat dari evaporator yang biasa terbuang untuk meningkatkan unjuk kerja AC split. Dihasilkan bahwa temperatur air kondensat berada dalam rentang 9°C-15°C. Temperatur air tersebut cukup rendah, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendinginkan refrigeran di area kondenser. Pada penelitian ini pula dihasilkan bahwa COP aktual menjadi naik setelah air kondensat dimanfaatkan sebagai pendinginan dari 6,12 menjadi 6,39. Kemudian, kerja kompresor rata-rata menjadi turun dari 606,2 watt menjadi 557,0 watt, yaitu terjadi penurunan sebesar 6%. (Rustandi, 2010).

Selanjutnya, pemanfaatan air kondensat dilakukan pula pada tahun 2016 yaitu kaji experimental pemanfaatan air kondensat pengkondisi udara sebagai pendingin discharge kompresor, dihasilkan bahwa pemanfaatan air kondensat akan menaikkan kinerja pengkondisi udara. Selain itu, pemanfaatan air kondensat sebagai pendingin discharge

kompresor dapat menurunkan tekanan discharge, menurunkan rasio kompresi, menurunkan daya input kompresor dan menyebabkan subcooling. Penurunan daya input sebesar 6,3% sedangkan peningkatan kapasitas akibat subcooling sebesar 1,4%. (Sutandi et al., 2016)

Pada jurnal ini akan dianalisis perancangan sistem kontrol penyemprotan air kondensat secara otomatis di area pipa masuk kondenser dari kulkas. Selain itu, sistem dirancang pula sistem kontrol On-Off sebagai pengganti thermostat dan sistem monitoring temperatur dengan menggunakan layar laptop, LCD dan ThingSpeak, sehingga data dapat diamati dari lokasi peralatan maupun dari jarak jauh.

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa sistem kontrol adalah sistem yang mempunyai pengontrol yang berfungsi untuk melakukan koreksi terhadap kesalahan sehingga didapat output yang hampir sama dengan input yang diinginkan. Setpoint adalah input yang diinginkan dan nilainya konstan. Dengan adanya sistem kontrol ini, diharapkan nilai output sama dengan input yang diinginkan. Akan tetapi faktanya, nilai output hanya dapat mendekati nilai input atau hampir sama. Output tersebut nampak berfluktuasi terhadap setpoint.

Arduino UNO akan digunakan sebagai pengontrol dan beberapa sensor sebagai detektor dan umpan balik. Pada papan Arduino UNO akan di-upload sebuah program yang isinya sesuai dengan sistem kontrol dan monitoring yang dirancang. Arduino UNO adalah sebuah papan mikrokontroler yang memiliki beberapa jenis pin dan dapat diberikan tegangan sebesar 3,3V atau 5 V, tegangan tersebut bisa berasal dari laptop atau tegangan listrik PLN. Cara menggunakan Arduino UNO adalah dengan memprogram pada software Arduino IDE, lalu di-upload pada papan Arduino UNO. Arduino UNO memiliki kegunaan untuk membuat suatu produk/alat yang canggih dan dapat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari, selain itu alat tersebut dapat bekerja otomatis, monitoring maupun pengontrolan. Arduino UNO memiliki digital output/ input sebanyak 14 buah pin dari 0-13. Fungsi bagian ini adalah untuk mengendalikan komponen output lain seperti LED, relay, dll. Selain itu, ada juga analog input sebanyak 6 buah yaitu A0-A5. Fungsinya adalah untuk mengubah sinyal analog menjadi nilai digital.

Hal baru dalam jurnal ini yang tidak dilakukan pada penelitian sebelumnya adalah menjadikan penyemprotan air kondensat ke area kondenser secara otomatis. Selain itu, pada penelitian sebelumnya tidak dilakukan proses monitoring jarak jauh yang dapat menampilkan data temperatur di internet. Kemudian pada penelitian sebelumnya plant yang digunakan adalah sistem pengkondisi udara (AC), sedangkan pada perancangan ini dilakukan pada kulkas satu pintu.

Hasil yang diharapkan dari perancangan ini adalah terjadinya peningkatan performansi pada kulkas. Kemudian, Arduino UNO diharapkan dapat menjadi komponen pengganti thermostat. Selain itu, diharapkan pula temperatur kulkas dapat diamati dari lokasi peralatan maupun via internet, yaitu dari laptop dan smartphone.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1 IDE DASAR PENELITIAN**

Pada tugas akhir ini akan dirancang sistem kontrol penyemprotan air kondensat pada pipa masuk kondenser, sehingga didapatkan peningkatan subcooling pada pipa keluar kondenser. Sebelumnya, air kondensat tersebut akan ditampung persis di bawah evaporator di dalam kulkas. Kemudian, air tersebut disalurkan melalui selang dan disemburkan menggunakan sprayer dengan bantuan pompa air.

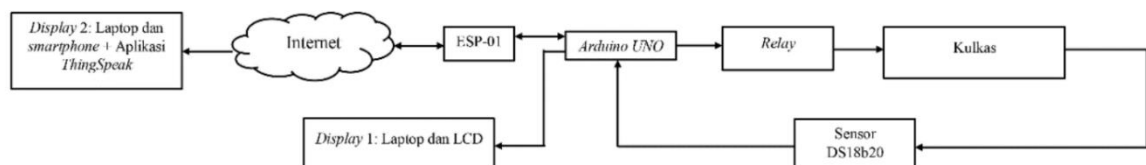
Selain itu, akan dirancang pula sistem kontrol temperatur kabin kulkas sebagai pengganti komponen thermostat. Pada perancangan sistem kontrol ini digunakan Arduino UNO sebagai pengontrol.

Selanjutnya, akan dirancang juga sistem monitoring menggunakan layer Laptop, LCD dan Internet. Sehingga beberapa data kulkas dapat dilihat dari lokasi peralatan maupun dari jarak jauh.

## 2.2 PERANCANGAN SISTEM KONTROL

Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem kontrol yang dilengkapi akses internet. Sebagai pengontrol On-Off digunakan komponen Arduino UNO. Sinyal output pengontrol akan memerintahkan relay agar menghidupkan atau mematikan kompresor, sehingga didapat respons sistem kontrol yang berfluktuasi terhadap setpoint.

Sistem ini memiliki sistem monitoring yang terdiri dari dua jenis display. Display pertama dirancang menggunakan layar Laptop dan LCD sehingga sistem dapat di-monitoring dari lokasi peralatan. Kemudian, display kedua dirancang menggunakan layar Laptop dan Smartphone yang didukung aplikasi ThingSpeak dan internet, sehingga sistem dapat di-monitoring dari jarak jauh.



**Gambar 1**

Diagram blok sistem kontrol menggunakan internet

## 2.3 PERANCANGAN *HARDWARE* SISTEM KONTROL

Langkah pertama dalam merancang hardware sistem kontrol adalah memilih komponen-komponen yang sesuai dengan kebutuhan rancangan. Daftar dari komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Spesifikasi komponen yang digunakan dapat memenuhi kebutuhan, sehingga layak digunakan pada perancangan sistem kontrol ini.

**Tabel 1**  
Daftar komponen

No.	Nama Komponen	Spesifikasi	Kebutuhan
1	Arduino UNO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terdapat tegangan suplay 5V dan 3,3V.</li> <li>Memiliki 14 pin digital I/O dan 6 pin analog.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mampu memberikan suplai tegangan 5V dan 3,3V ke seluruh komponen.</li> </ul>
2	Relay Module 2-Channel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tegangan kerja 5V.</li> <li>Terdapat 2 channel output.</li> <li>Beban maksimal yaitu 250V dan 10A.</li> <li>Hubungan listrik 220V dan Arduino.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suplai tegangan 5V dari Arduino UNO.</li> <li>Dapat menyalakan dan mematikan listrik ke pompa air dan kompresor dari sumber (220V).</li> </ul>
3	Sensor DS18B20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tegangan kerja 3V – 5,5V.</li> <li>Sensor waterproof.</li> <li>One wire interface dengan output satu pin.</li> <li>Akurasi <math>\pm 0,5</math> °C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat mengukur temperatur cairan kondensat.</li> <li>Dapat digunakan satu pin pada Arduino UNO.</li> <li>Suplai tegangan 5V dari Arduino UNO.</li> </ul>
4	LCD 16x2 I2C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.</li> <li>Dilengkapi dengan backlight.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memiliki jumlah karakter yang pas dengan kebutuhan penampilan data.</li> </ul>
5	ESP-01	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tegangan kerja 3,3V.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suplai tegangan 3,3V.</li> </ul>

ESP-01 digunakan agar Arduino dapat terhubung dengan jaringan internet, sehingga lebih mudah mengakses ThingSpeak secara nirkabel. Kemudian, ruang yang dibutuhkan untuk komponen ini tidak besar. Komponen relay 2 channel berperan sebagai aktuator. Fungsinya adalah untuk memutus dan menghubungkan aliran listrik dari sumber ke pompa air dan kompresor.

#### 2.4 PERANCANGAN SOFTWARE SISTEM KONTROL

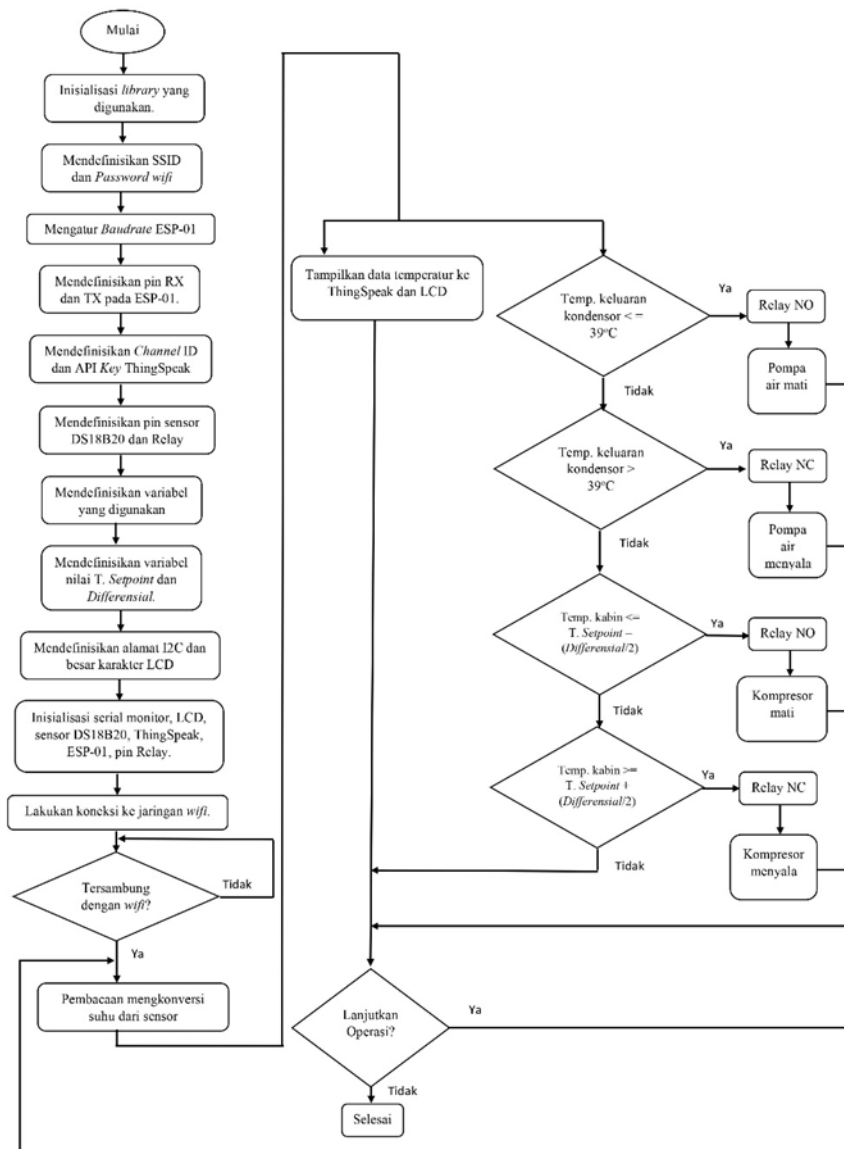
Selain dari perancangan hardware pada sistem kontrol ini, diperlukan pula perancangan software pada sistem ini. Kegunaan perancangan software adalah untuk menampilkan nilai temperatur yang terukur oleh sensor DS18B20. Selain dari itu, kegunaan lain adalah untuk mengatur relay bekerja dan menghubungkan data ke internet. Berikut algoritma sistem :

1. Mulai.
2. Memanggil library : “WiFiEsp.h”, “secrets.h”, “ThingSpeak.h”, “DallasTemperatur.h”, “OneWire.h”, “LiquidCrystal\_I2C.h”, “SoftwareSerial.h”.
3. Mendefinisikan SSID dan Password wifi yang digunakan.
4. Mengatur Baudrate ESP-01 di 115200.
5. Mendefinisikan pin RX dan TX pada ESP-01.
6. Mendefinisikan Channel ID dan API Key yang digunakan di ThingSpeak.
7. Mendefinisikan pin pada sensor DS18B20 dan Relay.
8. Mendefinisikan variabel yang digunakan pada setiap komponen.
9. Mendefinisikan variabel T. Setpoint dan differensial.
10. Mendefinisikan alamat I2C dan besar karakter untuk setiap LCD.
11. Program yang akan dijalankan Ketika Arduino UNO dihidupkan :
  - A. Inialisasi serial monitor, LCD, sensor DS18B20, ThingSpeak, ESP-01.
  - B. Menentukan mode dari relay.
12. Program yang akan dijalankan berulang – ulang :
  - A. Memerintahkan untuk mengkonversi temperatur dari sensor.
  - B. Mendefinisikan alamat dan membaca tiap sensor DS18B20.
  - C. Memerintahkan LCD menampilkan data sensor.
  - D. Menghubungkan ke jaringan wifi dengan menggunakan SSID dan Password yang sesuai.
  - E. Mendefinisikan fields pada ThingSpeak untuk setiap sensor DS18B20.
  - F. Mengirim data ke ThingSpeak sesuai dengan Channel ID dan API Key yang sesuai.
  - G. Melakukan perbandingan sebuah kondisi temperatur,
    - i. Jika temperatur kondensor out  $> 39^{\circ}\text{C}$ , relay akan menjadi NC dan pompa air akan menyala.
    - ii. Jika temperatur kondensor out  $\leq 39^{\circ}\text{C}$ , relay akan NO dan pompa air akan mati.
    - iii. Jika temperatur kabin  $\leq$  Temperatur set point – (Differensial//2), relay akan menjadi NC dan kompresor akan menyala.
    - iv. Jika temp. kabin  $\geq$  Temperatur set point + (Differensial//2), relay akan menjadi NO dan kompresor akan mati.

#### 2.5 FLOWCHART SISTEM KONTROL

Terlihat pada Gambar 2 terdapat flowchart sistem kontrol, langkah pertama yang dilakukan adalah inialisasi library yang akan digunakan pada sistem kontrol, setelah itu, mendefinisikan SSID dan Password wifi yang digunakan. Lalu mengatur Baudrate ESP-01, setelah itu mendefinisikan pin RX dan TX pada ESP-01. Lalu mendefinisikan Channel ID

dan API Key pada ThingSpeak, lalu mendefinisikan pin sensor DS18B20 dan relay yang digunakan. Setelah itu mendefinisikan nilai T. Setpoint dan Differensial serta alamat I2C dan besar karakter pada setiap LCD. Lalu melakukan inialisasi pada serial monitor, LCD, sensor DS18B20, ThingSpeak, ESP-01, dan pin Relay. Setelah menginisialisasi semua komponen, sampai koneksi jaringan wifi terhubung maka dilanjutkan dengan proses pembacaan setiap sensor. Data temperatur yang terbaca akan ditampilkan pada LCD dan ThingSpeak. Selain itu dilakukan pengaturan kerja pompa berdasarkan temperatur kondensor out dan akan berjalan sesuai setting temperatur yang diinginkan.



**Gambar 2**  
Flowchart Sistem Kontrol

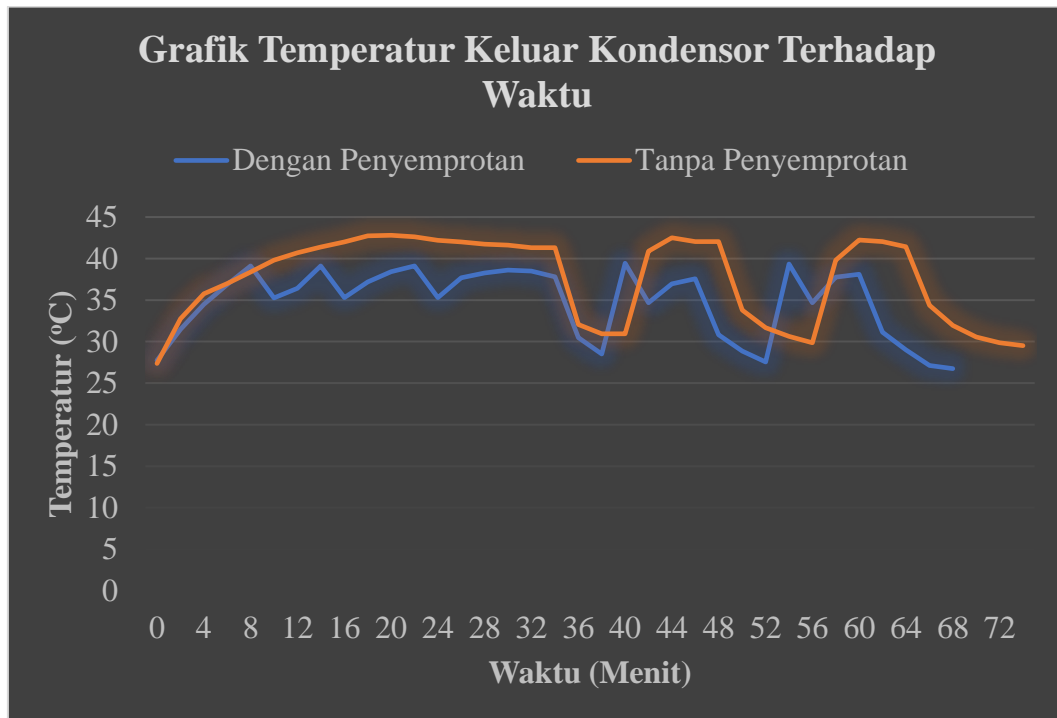
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Data Sistem Kontrol Berdasarkan LCD

Sistem kontrol ini dapat me-*monitoring* temperatur keluar kondensor luar, masuk kondensor dalam, lingkungan, kabin dan air kondensat pada LCD.

##### 3.1.1 Temperatur Keluar Kondensor Luar

Data temperatur keluar kondensor luar yang diambil versi LCD dapat dilihat secara langsung dan dimasukkan ke dalam tabel.



**Gambar 3**

Grafik temperatur keluar kondensor luar terhadap waktu

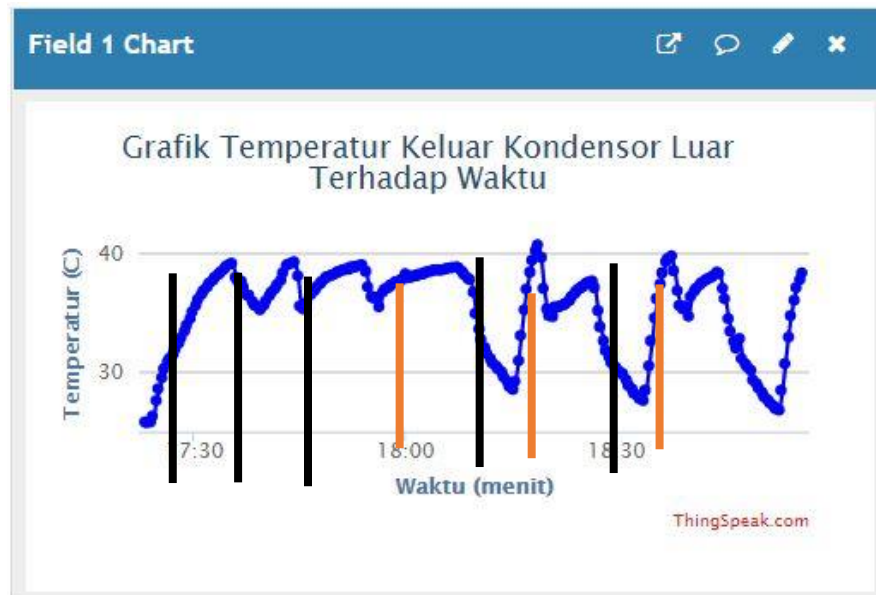
Setelah didapatkan data temperatur maka dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 3.1. Pada gambar tersebut untuk grafik sistem dengan penyemprotan dapat dijelaskan mula – mula temperatur keluaran kondensor luar sebesar 25,75 °C, kemudian menaik sampai mencapai 39,13 °C, pada titik itu terjadi penyemprotan air kondensat di area pipa masuk kondensor, sehingga temperatur menurun hingga 35,25 °C. Setelah itu temperatur menaik kembali hingga mencapai 39,1 °C, dan terjadi kembali penyemprotan air kondensat sehingga turun menjadi 35,31 °C. Setelah itu, temperatur menaik kembali hingga mencapai 39,1 °C. lalu dilakukan kembali penyemprotan air kondensat yang mengakibatkan temperatur menurun hingga 35,3 °C. lalu Ketika temperatur menaik kembali, sistem terjadi *cut off* pada 37,81 °C, sehingga temperatur menurun hingga *cut in* kembali pada 28,5 °C. Setelah itu temperatur menaik kembali hingga mencapai 39,44 °C, sehingga penyemprotan kembali dilakukan, hal tersebut membuat temperatur kembali menurun hingga 34,69 °C. Lalu temperatur menaik kembali sampai 37,56 °C dan terjadi *cut off*, menyebabkan temperatur menurun kembali hingga 27,56 °C. Setelah itu temperatur menaik kembali dan mencapai 39,33 °C, membuat penyemprotan kembali dan menurunkan temperatur hingga 34,7 °C. Lalu setelah itu temperatur menaik kembali hingga mencapai 38,13 °C, pada saat kondisi ini sistem *cut off*, setelah itu temperatur menurun dan terjadi *cut in* pada temperatur 26,75 °C.

Lalu untuk grafik sistem tanpa penyemprotan, mula – mula temperatur keluar kondensor sebesar 25,37 °C, setelah sistem dinyalakan, temperatur menaik hingga mencapai 41,31 °C, lalu temperatur menurun dikarenakan terjadi *cut off* pada sistem. Setelah itu sistem kembali *cut in* pada temperatur 30,94 °C, dan menaik hingga mencapai *cut off* kembali pada 42,06 °C. Setelah itu temperatur menurun dan mencapai *cut in* pada 29,87 °C. Setelah temperatur menaik hingga *cut off* pada 41,44 °C dan menurun kembali menuju *cut in* pada 29,5 °C.

### 3.2 Analisis Data Sistem Kontrol Berdasarkan Website ThingSpeak

Sistem *monitoring* pada sistem ini tidak hanya dilakukan pada LCD saja, ditambah menggunakan *website* ThingSpeak.

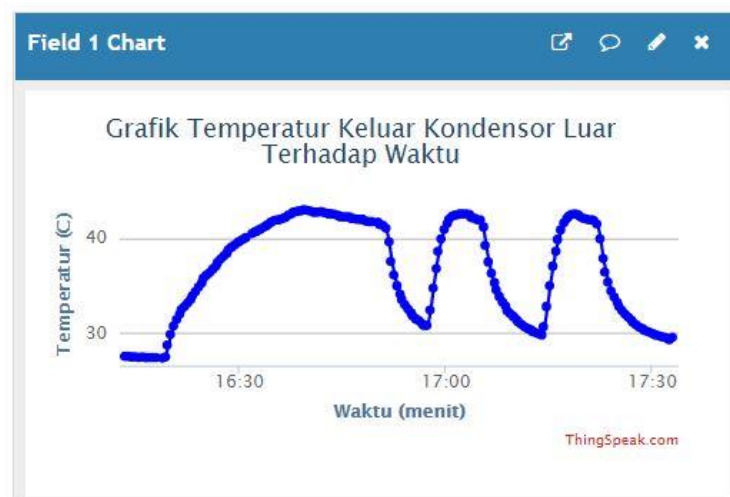
#### 3.2.1 Temperatur Keluar Kondensor Luar



**Gambar 4**

Tampilan grafik temperatur keluar kondensor luar dengan penyemprotan terhadap waktu pada ThingSpeak

Terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 bahwa nilai yang terukur oleh sensor DS18B20 dapat ditampilkan melalui ThingSpeak. Pengiriman nilai sensor ke ThingSpeak diatur setiap 20 detik sekali. Grafik ini memiliki pola yang sama seperti grafik sistem kontrol ON-OFF.



**Gambar 5**

Tampilan grafik temperatur keluar kondensor luar tanpa penyemprotan terhadap waktu pada ThingSpeak

Pada Gambar 4 ditunjukkan bagian pada saat awal mula kondensor disemprot air kondensat seperti garis warna hitam, sehingga terlihat setelah disemprot, grafik menjadi menurun. Lalu pada garis berwarna oranye menandakan bahwa sistem mulai dalam kondisi



*cut off*. Pada Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa temperatur naik turun, menandakan terjadinya *cut off* dan *cut in*.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tugas akhir dan analisis dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem kontrol ON/OFF pada kulkas yang dirancang berhasil berjalan dengan baik sebagai alat pengontrol temperatur keluar kondensor pada sistem. Sistem kontrol ini berhasil membuat pompa mati dalam temperatur yang di set sebesar 39 oC. akan tetapi, masih terdapat error pada temperatur yang di set sebesar 0,1 – 0,44 oC yang disebabkan oleh durasi update temperatur selama 20 detik sekali.
2. Selain pengontrol temperatur keluar kondensor, sistem kontrol ON/OFF sebagai pengontrol temperatur kabin pun berhasil dirancang. Sistem kontrol ini berhasil membuat kompresor mati di temperatur *cut off* sebesar 3 oC dan menyala di temperatur *cut in* sebesar 6 oC. akan tetapi, masih terjadi error pada temperatur yang di setting sebesar 0,06 – 0,13 oC yang disebabkan oleh durasi update temperatur selama 20 detik sekali.
3. Design sistem penyemprotan air kondensat pada pipa masuk kondensor berhasil membuat adanya peningkatan subcooling pada kulkas, hal tersebut dibuktikan dengan adanya peningkatan pada rentang subcooling sebesar 3 % dari sistem sebelum disemprot. Selain itu, dibuktikan pula dengan peningkatan COP act sebesar 6,55 %, COP Carnot 3,66 %, dan Effisiensi 3 % dari sistem sebelum disemprot. Pada design perancangan yang digunakan, dihasilkan debit penyemprotan air kondensat sebanyak 0,64 Liter per menit.
4. Sistem monitoring untuk lima data pada kulkas ini berjalan dengan baik. Grafik temperatur yang dihasilkan sensor DS18B20 dapat ditampilkan di ThingSpeak dan LCD dengan nilai yang sama, sehingga hasil plot grafik yang dibuat menjadi sama. Sistem monitoring ini pula dapat diakses melalui handphone maupun laptop secara jarak jauh.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ardutech. (2019a). Arduino Sensor Suhu DS18B20. ARDUTECH.COM. <https://www.ardutech.com/arduino-sensor-suhu-ds18b20/>
- Ardutech. (2019b). Belajar IoT Dasar: Seting Modul ESP8266. ARDUTECH.COM. <https://www.ardutech.com/belajar-iot-dasar-seting-modul-esp8266/>
- Dian, J. (2020). Memahami Cara Kerja Kulkas di Rumah dengan Mudah. Ilmu Teknik. <https://ilmuteknik.id/memahami-cara-kerja-kulkas-di-rumah-dengan-mudah/>
- Erham, E. (2020). KESTABILAN DAN PENGERTIAN KONSEP (pp. 1–8).
- Faudin, A. (2017). Cara mengakses modul display LCD 16x2. Nyebarilmu.Com. <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-modul-display-lcd-16x2/>
- Faulia, I. (n.d.). Modul Arduino UNO (pp. 1–88). Jateng Pintar.
- N.n. (2018). DS18B20 Temperature Sensor. COMPONENTS 101. <https://www.ardutech.com/arduino-sensor-suhu-ds18b20/>
- Pramudantoro, T. P. (n.d.). Teori refrigerasi terapan-1 (pp. 1–36).
- Razor, A. (2020a). Gambar Arduino Uno Beserta Penjelasan Fungsi Bagian-Bagiannya (Arduino board explanation). ALDYRAZOR.COM. <https://www.aldyrazor.com/2020/04/gambar-arduino-uno.html>
- Razor, A. (2020b). Modul Relay Arduino: Pengertian, Gambar, Skema, dan Lainnya. ALDYRAZOR.COM. <https://www.ardutech.com/belajar-iot-dasar-seting-modul-esp8266/>

- Rustandi, R. (2010). Pemanfaatan Air Kondensat Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Dan Efisiensi AC Split. IRWNS, 1(Vol 1 (2010): Industrial Research Workshop And National Seminar), 1–6.
- Sutandi, T., Susilawati, & Sumeru. (2016). Kaji Experimental Pemanfaatan Air Kondensat Pengkondisi Udara Sebagai Pendingin Discharge Kompresor. 37–44.