

IMPLEMENTASI DATA LOGGER DAN ANALISIS DATA UNTUK RUANG DINGIN

Stephanus Surijadarma Tandjung^{1*}, Yosefina Finsensia Riti², Lasman Parulian Purba³

^{1,2}Ilmu Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika,

³Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika,

Jl. Dr. Ir. H. Soekarno No.201, Klampis Ngasem, Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60117

*E-mail: stephanusst@ukdc.ac.id

1. ABSTRAK

Pengaturan suhu pada suatu ruang pendingin untuk suhu -20°C kebanyakan dilakukan oleh sistem kontrol elektronik sederhana. Alat kontrol elektronik ini akan mengatur kerja kompresor, kipas angin dan pemanas. Umumnya, pada sistem kontrol ini, akan tertampil suhu sesaat saja, oleh karena itu adalah sulit untuk membangun kesimpulan perihal kondisi ruang pendingin yang dijaga. Misalnya apakah ruang pendingin ini efektif? Apakah rancangannya bagus dan hemat energi? Dapatkah sistem pendingin ditinggal tanpa operator selama 24/7? Untuk itu diperlukan sebuah data logger yang dapat merekam data suhu, kerja kompresor, kipas angin, dan pemanas. Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis dengan bantuan aplikasi *awk*, *gnuplot* dan sebuah program yang dibuat dalam bahasa pemrograman *C++*. Hasil dari penelitian ini, adalah tentang perangkat keras yang mampu menyimpan data yang diamati, serta sarana penganalisis data tersebut. Dengan sarana ini, maka setiap ruang pendingin beserta kontrol elektroniknya dapat diamati dengan baik.

Kata Kunci: data logger, sensor suhu, *gnuplot*, sistem pendingin

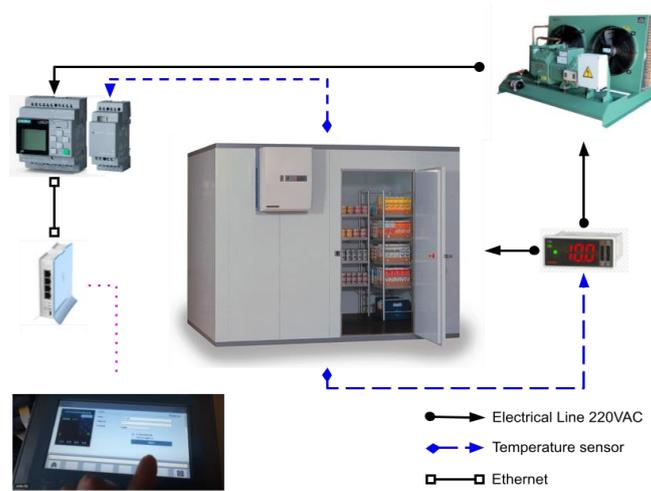
1 PENDAHULUAN

Pada umumnya perusahaan yang menyimpan bahan baku dengan suhu rendah, membutuhkan sistem pendingin. Sistem pendingin membutuhkan listrik dan sistem kontrol untuk menjalankan kompresor, kipas angin dan pemanas. Pengemudi listriknya ini disebut kontrol elektronik -yang salah satu konfigurasinya seperti yang terlihat pada Gambar 1 dimana kontrol ini memiliki tujuan utama untuk mengatur jalannya kompresor, kipas angin, dan pemanas yang mencairkan bunga es pada *evaporator*. Kontrol elektronik bekerja dengan menerima masukan berupa (a) aneka nilai pengaturan yang dimasukkan melalui tombol-tombol menu, dan (b) sinyal analog dari dua atau tiga buah sensor suhu. Nilai-nilai tersebut diproses oleh kontrol elektronik untuk menentukan keluarannya yang berupa sinyal listrik bagi kompresor, kipas angin dan pemanas. Kontrol elektronik dapat diatur oleh seorang teknisi, namun kontrol tersebut tidak dapat memberikan informasi berapa lama waktu kompresor, kipas angin dan pemanas harus bekerja, selain dari itu tidak dapat merekam suhu dari ruang dingin.

Dari permasalahan di atas, maka diperlukan sebuah data logger, yang dirancang untuk memberikan informasi terkait lama waktu kompresor, kipas angin dan pemanas bekerja, serta rekaman suhu yang diperoleh dari sensor. Sensor yang biasa digunakan pada kontrol elektronik bertipe PTC, namun untuk data logger ini menggunakan tipe RTD PT100. Sensor dengan tipe RTD PT100 ini memiliki tiga buah sumbu yaitu sumbu pertama dari sisi kiri RTD, sumbu kedua dan ketiga dari sisi kanan RTD. Keuntungan sensor suhu ini adalah kepastian tahanan bernilai tetap 100 Ohm pada suhu 0 derajat Celcius dan juga mempunyai kompensasi tahanan pada sumbu kedua dan ketiga bilamana disambungkan dengan kabel yang cukup panjang dari sensor ke antarmuka sensor. Dengan demikian, sensor suhu ini dapat dipakai sebagai alat kalibrasi saat penyetulan bias suhu pada kontrol elektronik.

Supaya informasi yang dihasilkan oleh data logger ini dapat bermanfaat, maka perlu dilakukan analisa pada hal berikut:

1. Menghitung berapa lama kompresor bekerja agar mencapai suhu sasaran
2. Menghitung berapa lama kompresor berhenti sampai suhu tertinggi yang diizinkan
3. Menghitung berapa kali proses pencairan bunga es terjadi
4. Melihat berapa lama proses pencairan bunga es
5. Melihat apa akibat pintu ruang dingin yang dibuka yang terlalu lama
6. Menghitung rata-rata suhu



Gambar 1. Kontrol elektronik dan data logger ruang dingin menggunakan sensor suhu PT100

Data logger ini menggunakan sebuah perangkat keras yang dipilih yaitu *Logic Module* atau biasa disebut *Programmer Logic Controller (PLC)* sederhana. Telah banyak penelitian yang dilakukan terkait implementasi *Logic Module* baik dalam bidang pendidikan maupun industri, diantaranya untuk praktek di pendidikan menengah tentang kelistrikan dan mekanik (Tasic, 2013), praktikum kontrol otomatis di universitas (Ahmed, 2016). Sedangkan di industri, kebutuhan data logging untuk penghematan listrik dan sarana untuk menjadikan kontrol sistem yang lebih canggih dapat diterapkan (Pritoni, 2014).

Dalam pemodelan sistem refrigerasi kompresi uap, kecerdasan buatan Neural Network dan Fuzzy Logic juga sudah dimanfaatkan (Reddy, 2013), tentu dengan *data logger* hal ini baru dapat diterapkan. Analisis dari model sistem refrigerasi juga dilaporkan di konferensi (Ovcharenko, 2018). Bahkan penelitian lebih spesifik lagi pada parameter kerja dari sebuah kompresor dilaporkan (He, 2020).

Survei tentang sistem kontrol canggih untuk sistem Heating Ventilation and Air Conditioning & Refrigeration (HVAC & R) (Naidu, 2011) telah menunjukkan ketertarikan untuk memakai kecerdasan buatan. Penerapan sistem kontrol non-linear pendekatan gain-scheduled dilaporkan dalam buku ini (Rasmussen, 2006), dimana sistem identifikasi juga telah dilakukan.

Rantai dingin ternyata juga membutuhkan data logger untuk kepastian keefektifan sistem pengamatan kargo maupun gudang dingin, berbagai riset yang berhubungan dengan perekaman dan IoT telah dilakukan oleh (Tsang, 2017), (Bindu, 2018), (Kaliwo 2017), (Zong 2017), (Sousa, 2016), and (B. Padmaja 2021).

Pengamatan dengan memakai beberapa titik sensor disarankan oleh (Xu 2011), dan tentang manajemen stok untuk ruang dingin ditulis oleh (Umamaheswari 2020).

Pada penelitian ini, suatu ruang dingin diterapkan data logger dan analisis data dengan memilih sebuah Programmable Logic Controller (PLC) yang dapat mengambil data digital maupun analog serta menyimpannya dalam sebuah SD Card. PLC ini juga sebagai web server dan memiliki I/O *ethernet*. Pemilihan *Logic Module* yang bernama LOGO! *Logic Module* ini dibanding PLC S7-1200 dari Siemens adalah kemudahan pemrograman, pembiayaan, walaupun ada akibat sampingan yakni rendahnya kecepatan sampling, tetapi kelemahan ini tidak berarti dibanding kebutuhan yang jauh lebih lambat. Detail dari rancangan akan dijelaskan pada bagian berikut ini.

2 RANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK

2.1 Kontrol Elektronik

Seperti yang telah disebutkan bahwa sistem pendingin membutuhkan sebuah kontrol elektronik dengan masukan dua buah sensor suhu dan tiga buah keluaran yang penggunaan utamanya adalah untuk mengatur jalannya kompresor pendingin. Pada penelitian ini, dijelaskan bahwa data logger atau alat perekam kondisi sistem dirancang untuk membantu para teknisi menganalisis sistem pendingin. Kondisi sistem direkam dalam setiap 2 sampai 3 menit, kemudian data diunduh setiap hari. Data dapat dibaca, kemudian dibersihkan dari data salah, dan ditampilkan dalam bentuk grafik.

Kontrol elektronik yang biasa dimanfaatkan adalah Eliwell (Eliwell, 2021), selain dari itu ada juga Autonic TF3 (Autonics, 2021) yang dapat berkomunikasi melalui RS485. Kontrol elektronik Eliwell dipasang dalam jenis

mode untuk menjalankan kompresor, kipas angin dan pemanas dengan menerima masukan dari dua buah sensor suhu.

2.2 PLC sebagai Data Logger

Perangkat keras selanjutnya LOGO! *Logic Module* (Siemens Basic, 2021) sebagai *data logger*. *Logic Module* ini mempunyai 8 buah input digital 220 volt dan 4 buah *output relay*. Dalam penelitian ini hanya perintah kepada kompresor dan pemanas yang dihubungkan ke *Logic Module*. Kabel *ethernet* juga mesti dipasang ke terminal female RG45.

SD Card hendaknya dipasang untuk sarana penyimpanan *data logger*. Data yang tersimpan pada *Logic Module* ini dapat diunggah ke PC melalui *ethernet cable*. Pada saat teknisi menganalisis data, data dapat diproses terlebih dahulu untuk mengurangi kesalahan data, dan pada akhirnya untuk ditampilkan sebagai sebuah grafik yang kemudian dapat dianalisis oleh tim teknisi.

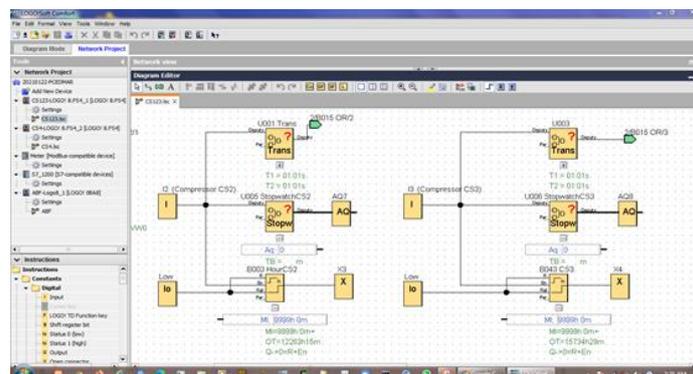
Untuk sinyal masukan analog dibutuhkan *extension module* RTD (Siemens *Expansion*, 2021). Dua buah sensor suhu RTD PT100 seperti yang terlihat pada Gambar 3.c. mempunyai 3 buah kabel dapat melalui kabel panjang identik yang berisi tiga kabel untuk dihubungkan ke dalam expansion module AM2RTD. Modul AM2RTD ini membutuhkan RTD PT100/PT1000 yang memiliki 3 buah kabel, sehingga sensor ini dapat dipakai sebagai referensi pada saat mengatur penyesuaian di kontrol elektronik.

2.3 Perangkat Lunak

Ada berbagai perangkat lunak yang dipakai untuk mengembangkan data logger dan juga untuk mengolah data yang diunduh. Program untuk pengembangan PLC bernama LOGO! *Soft Comfort* seperti yang dilihat pada Gambar 4. Program yang sama juga dipakai untuk mengunduh csv file dari variabel yang telah dipilih untuk disimpan. Skrip dari Bash Shell dipakai juga untuk manajemen file serta memanggil skrip yang memakai bahasa AWK. AWK adalah bahasa khusus domain yang dirancang untuk pemrosesan teks dan biasanya digunakan sebagai alat ekstraksi dan pelaporan data. Setelah pemrosesan data, maka aplikasi gnuplot dapat dipanggil untuk membuat grafis. Demikian juga program yang ditulis dalam bahasa C++ juga dilakukan. Secara detail dijelaskan dalam bagian berikut.

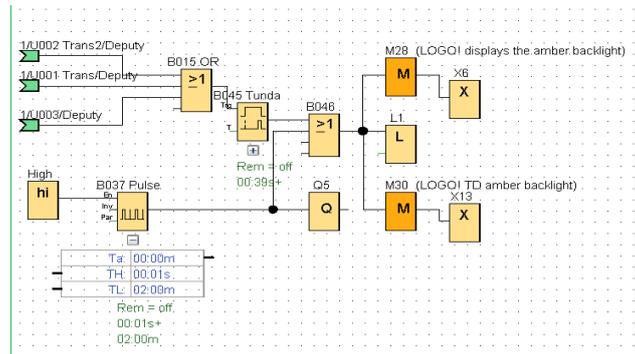
2.3.1 LOGO! Soft Comfort

Program ini adalah untuk mengembangkan program data logger pada PLC LOGO! *Logic Module*. Program ini menyediakan konstanta digital, analog, *network*, fungsi-fungsi dasar dan khusus. Salah satu fungsi yang dipakai adalah hour meter untuk merekam berapa lama berjalannya sebuah kompresor dan juga *stopwatch* untuk menampilkan berapa lama kompresor dijalankan kembali, seperti terlihat pada Gambar 2. Dalam gambar tersebut juga tampak blok fungsi bernama Trans yang dibuat sendiri untuk menghasilkan sinyal sesaat setiap ada perubahan digital masukan dari *on* ke *off* dan sebaliknya. Aplikasi ini juga ada mode simulasi maupun mode *live* dengan besaran pengubah yang tertampil.



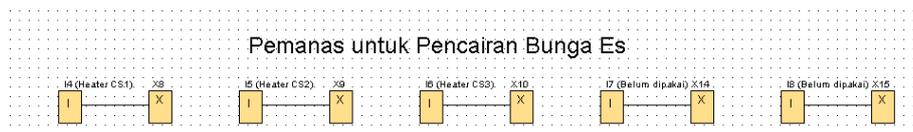
Gambar 2. LOGO! *Soft Comfort* Hour meter dan Stopwatch

Pada Gambar 3 terlihat cara melakukan *logging* yang digerakkan oleh blok fungsi transisi masukan dan fungsi pulsa yang terjadi setiap 2 menit dengan lebar pulsa 1/100 detik. Karena masukan lebih dari satu maka rangkaian logika OR dibutuhkan untuk menerima tiga buah masukan berbentuk pulsa. Keluaran dari fungsi OR terakhir selain untuk melatuk blok fungsi LOGO!.

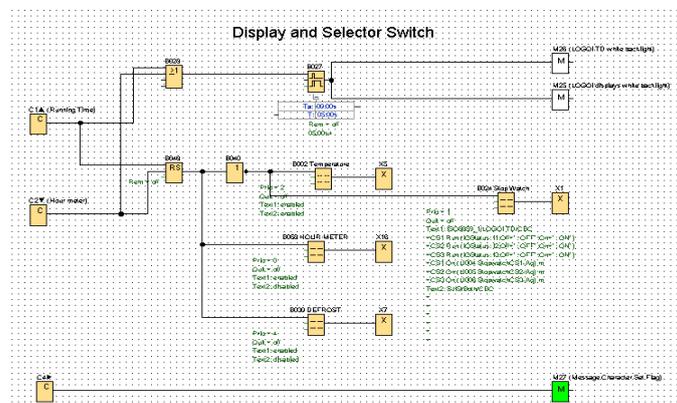


Gambar 3. Perintah Log

Gambar 4 menampilkan masukan digital yang tidak diproses, masukan ini hanya direkam oleh fungsi logging. Kemudian Gambar 5 memperlihatkan masukan saklar bersymbol ←, →, ↑, ↓ yang dapat mengubah isi tampilan PLC. Ada 2 jenis tampilan pada setiap jenis layar, disini satu buah layar ada secara fisik dan yang lain hanya ada pada Web server. Tampilan yang ada adalah tentang besaran display pada hour meter, stopwatch, suhu dan pemanasan. Disini tombol-tombol yang ada bisa ditekan pada benda fisiknya maupun pada web server untuk melihat besaran-besaran yang dimaksud.



Gambar 4. Masukan digital untuk pemanas

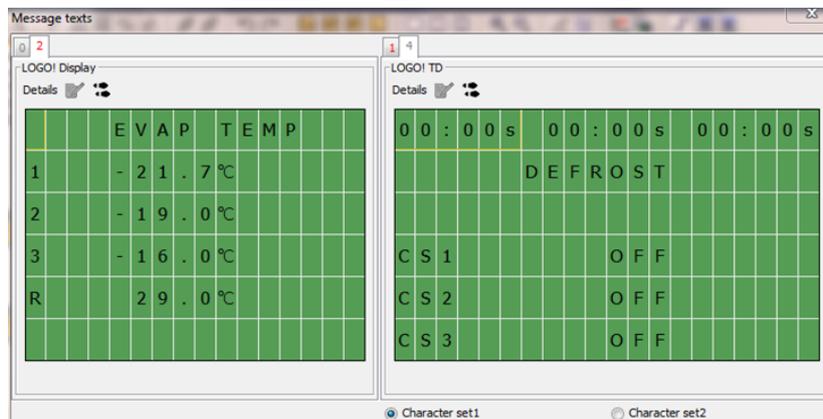


Gambar 5. Pemilih tampilan

Gambar 6 adalah tampilan simulasi pada LOGO! display dan LOGO! TD. LOGO! display adalah tampilan fisik pada PLC, sedangkan yang LOGO! TD adalah display dan tombol tambahan pada Web server, dan tentu saja hal ini dimunculkan secara bergantian. Pada LOGO! Display tampak tampilan bernomor 0 untuk Hour meter dan pada LOGO! TD tampak tampilan bernomor 1 untuk stopwatch. Sedangkan pada Gambar 7 tampak tampilan nomor 2 untuk suhu dan juga nomor 3 untuk pemanasan/ pencairan bunga es.



Gambar 6. Tampilan nomor 0 dan 1



Gambar 7. Tampilan nomor 2 dan 4

Salah satu fungsi logika yang dapat dibuat adalah kondisi Temperature Warning seperti tampak pada Gambar 8, dimana blok fungsi analog threshold trigger dimanfaatkan untuk membunyikan alarm atau mengubah warna tampilan menjadi merah. Selanjutnya setelah data dapat diunduh, maka dapat dilanjutkan dengan menganalisis data, yang dijelaskan pada bagian berikut.

2.3.2 Bash Shell, AWK, GNUPLOT, dan Program dalam bahasa C++

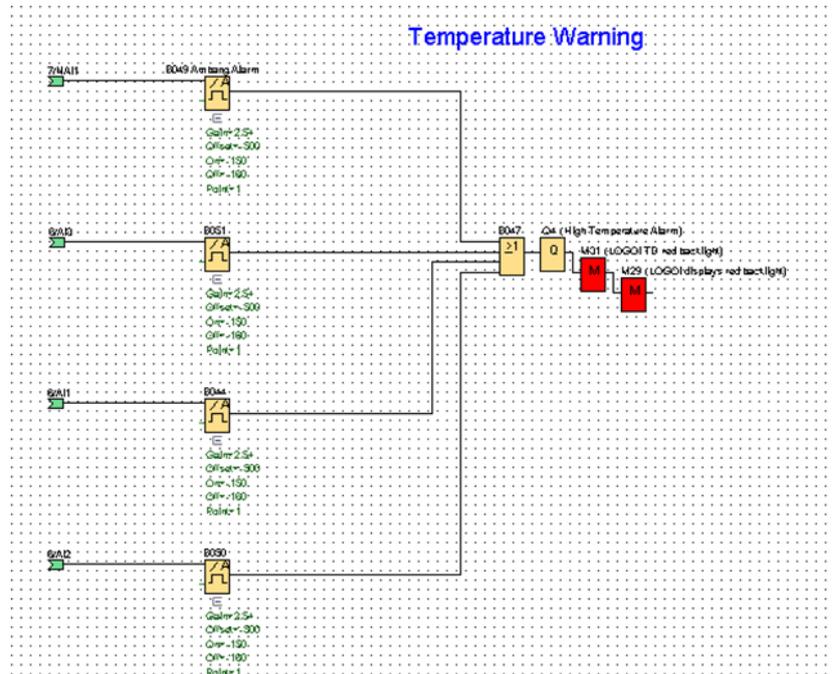
Skrip shell dipakai untuk interaksi dengan pemakai setelah data csv file telah diunduh. Berhubung data yang diambil dari beberapa buah server dan juga dilakukan terus menerus maka sebaiknya semua proses eksekusi ditulis pada skrip. Linux based CYGWIN for windows diinstall untuk mempermudah pemakai membuat skrip dan menambahkan argumen saat memanggil perintah-perintah yang lain.

Aplikasi AWK bahasa khusus untuk memproses teks. Bahasa ini dipilih dibandingkan dengan aplikasi octave atau matlab serta C++ adalah karena kecepatannya, baik dalam proses maupun penulisannya. Yang membuat sulit adalah mencerna cara memakai bahasa ini yang banyak aneka perintah yang sangat ringkas dibanding bahasa pemrograman pada umumnya.

Aplikasi GNUplot adalah sarana untuk menampilkan grafik, gnuplot juga dipanggil oleh octave, tetapi makainya secara langsung adalah jauh lebih cepat.

Pemrograman dengan bahasa yang bersifat untuk tujuan umum seperti C++ juga dapat dipakai untuk mempercepat analisis.

Jadi selain grafis, dapat juga teknisi menjalankan program ReadCSV.exe untuk memberikan ringkasan bagaimana kerja kompresor dan ruang dingin yang diamati. Pada bagian hasil akan dijelaskan keluaran dari program ini.



Gambar 8. Penjaga suhu maksimum

a. 2.4 Prosedur Pengamatan

Seperti yang telah kita ketahui, diperlukan kegiatan manual setiap hari bagi supervisor teknisi yaitu mengunduh data dan menampilkan grafis. Untuk sementara ini, prosedur pengunduhan dilakukan secara manual ke PC, karena harus memakai LOGO! *Soft Comfort*. Ini adalah PLC sederhana sehingga *Web server* yang disajikan juga sederhana. Memang ada fasilitas pembacaan data pada Excel secara real time, tetapi tidak dimanfaatkan untuk penelitian ini.

File csv dapat di-download setiap saat dengan *filename* berbentuk 192.168.1.250_2021-6-12 12-40-1.csv diawali dengan nomor IP address dan tanggal serta jam saat pengunduhan dilakukan. File csv memiliki header seperti yang disajikan di bawah ini. Setiap baris dari data memiliki tanggal, waktu, 8 buah kondisi digital input, 4 buah nilai analog dan 8 buah kondisi digital output. Untuk suhu, nilai yang disimpan adalah nilai yang sudah diubah tetapi besarnya telah dikali 10 karena jenis kepresisian 0.1 telah dipilih.

Pengamatan secara manual dapat juga dilakukan dengan mengetahui bahwa: I1, I2, dan I3 adalah kondisi digital kompresor 1, 2, dan 3, sedangkan I4, I5, dan I6 adalah kondisi elemen pemanas untuk pencairan bunga es. AQ1, AQ2, dan AQ3 adalah data analog mewakili sensor suhu ruang dingin no. 1, 2 dan 3.

Data yang dimasukkan dalam log file ini bisa juga aneka data semisal hour meter, tetapi dalam penelitian ini hanya data I/O yang disimpan.

```
Time,I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,I8,AQ1,AQ2,AQ3,AQ4,Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8
2021-06-12 06:48:29,1,0,1,0,0,0,1,1, -212, -180, -205, 278,0,0,0,0,1,0,0,0
2021-06-12 06:48:33,0,0,1,0,0,0,1,1, -212, -180, -205, 278,0,0,0,0,0,0,0,0
...
2021-06-12 07:16:29,0,0,0,0,0,0,1,1, -192, -175, -202, 288,0,0,0,0,1,0,0,0
2021-06-12 07:18:07,0,1,0,0,0,0,1,1, -192, -175, -200, 288,0,0,0,0,0,0,0,0
```

Pengamatan yang penting adalah perubahan kondisi data pada pukul 06:48 misal pada I1 dimana terjadi perpindahan kondisi 1 ke 0, artinya suhu telah mencapai batas bawah, pada data di atas pada suhu -21.2°C. Kemudian perpindahan yang serupa terjadi pada pukul 07:18, di input I2 dari kondisi 0 ke 1 pada suhu -17.5°C. Untuk menganalisis data, hal ini dilakukan dengan memakai bahasa pemrograman C++.

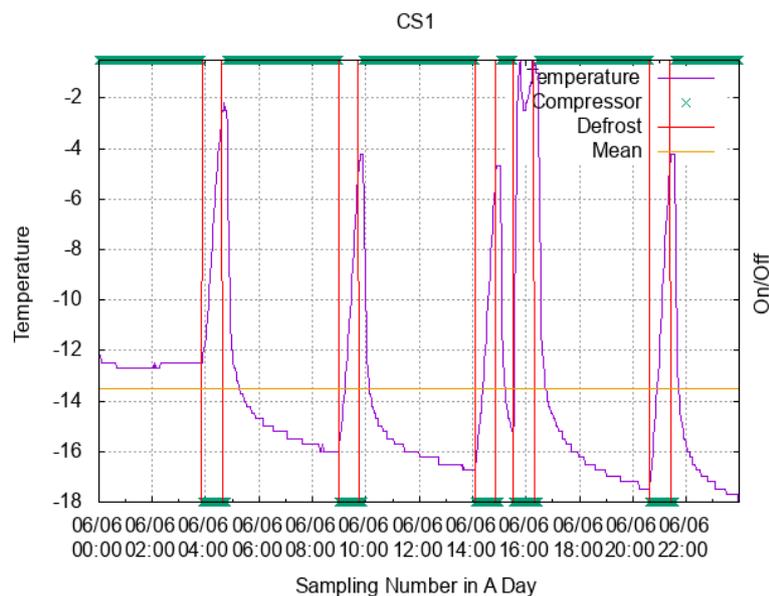
7. 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kasus yang sedang diamati sebagai sasaran data logger ini, adalah sebuah gudang pendingin berukuran variasi sekitar lebar 15 meter, panjang 10 meter, dan tinggi 6 meter yang didinginkan dengan kompresor 30 pk. Sebuah LOGO! Logic Module untuk memonitor kerja kontrol elektronik pada ruang dingin ini dipasang pada panel listriknya. Berikut ini kita menjelaskan sebagian analisis yang dapat dilakukan.

3.1 Analisis dari Grafis dan Komputasi

Gambar 9 menunjukkan proses pencairan berencana sebanyak 4x dan secara manual sebanyak 1x. Berikut analisis yang dapat dilakukan:

1. Pada tanggal 06-06-2021, Pencairan berencana pertama dilakukan pada jam 3:52 sampai jam 4:38 dengan lama 46 menit. Suhu dimulai pada -12.5°C dan berakhir pada -2.7°C dengan selisih 10.2 dilanjutkan waktu tetes sampai 4:47 dengan lama 11 menit.
2. Pencairan berencana kedua dilakukan pada jam 8:58 sampai jam 9:44 dengan lama 46 menit. Suhu dimulai pada -16°C dan berakhir pada -7.7°C dengan selisih sebesar 8.3 dilanjutkan waktu tetes sampai 9:54 dengan lama 10 menit.
3. Pencairan berencana ketiga dilakukan pada jam 14:05 sampai jam 14:52 dengan lama 47 menit. Suhu dimulai pada -16.7°C dan berakhir pada -4.7°C dengan selisih sebesar 12 dilanjutkan waktu tetes sampai 15:01 dengan lama 9 menit.
4. Pencairan berencana keempat dilakukan pada jam 20:38 sampai jam 21:24 dengan lama 46 menit. Suhu dimulai pada -17.5°C dan berakhir pada -4.5°C dengan selisih sebesar 13 dilanjutkan waktu tetes sampai 21:34 dengan lama 10 menit.
5. Pencairan manual dilakukan pada jam 15:31 sampai jam 16:18 dengan lama 47 menit. Suhu dimulai pada -15.0°C dan berakhir pada -0.7°C dengan selisih sebesar 14.3 dilanjutkan waktu tetes sampai 16:27 dengan lama 10 menit.



Gambar 9. Grafik suhu CS1 pada tanggal 2021-06-06

Lama waktu antara pencairan pertama ke kedua adalah 05:06, dari kedua ke ketiga adalah 06:07, dari ketiga ke keempat adalah 07:32. Sedangkan lama waktu pencairan keempat ke yang pertama seperti yang terlihat pada Gambar 10 yang terjadi pada 01:45 pada hari berikutnya adalah 05:15.

Terlihat perbedaan jauh antara Gambar 9 dan Gambar 11, tentu saja penghematan daya telah terjadi walau tanggal 06/06/2021 adalah hari minggu dimana tidak terjadi buka/tutup pintu ruang dingin, sedangkan tgl 17/06/2021 adalah hari kamis. Inilah manfaat dari data logger. Tanpa data logger kita tidak dapat mengetahui secara detail perubahan yang telah terjadi. Melalui keluaran program komputasi ReadCSV.exe untuk Gambar 11 ditampilkan sebagai berikut:

CS1: CXCXCXYCXCXCXCXCXCXYCXYCXYC
-22.200001 < -19.069666 < -4.700000 compressor on: 12x, defrost: 4x,

Secara cepat dapat terlihat banyak tulisan X yang artinya kompresor diam, hal ini menandakan terjadinya penghematan energi listrik. Sepintas, ilmu perawatan ruang dingin memberikan pengertian penyebab penumpukan bunga es:

1. Lokasi sensor coil tidak tepat,
2. Pemanas pencairan tidak beroperasi, dan
3. Membiarkan pintu terbuka dan tidak ada switch pintu. Pada saat memulai pencairan, sebelum pemanas dijalankan, kipas angin dapat dijalankan selama 6 menit dengan tujuan memanfaatkan panas dari lingkungan. Saklar pintu diperlukan untuk mematikan kompresor pada saat pintu dibuka. Hal ini bertujuan untuk mengurangi penghisapan udara panas.

Dengan data logger ini, perubahan parameter dan perawatan ruang dingin dapat disarankan dan dibuktikan.

3.2 Analisis dari Komputasi

Tadi sudah disajikan juga. Tetapi dalam diskusi ini teknisi dapat melakukan analisis perbandingan antara hasil tanpa menampilkan grafis. Seperti yang telah dijelaskan, analisis ini dengan memakai program dengan bahasa C++ dijalankan dengan diberikan argument file data dan tanggal yang mau dianalisis. Disini argumen pertama adalah file csv yang sudah diunduh dari LOGO! Soft Comfort, sedangkan argumen berikutnya adalah tanggal yang berbentuk 2021-06-17 sebagai pilihan hari yang akan dianalisis. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Minggu:

.\csv\192.168.1.250_2021-6-18 16-7-5.csv, 2021-06-13
arguments: 2021-06-13: 801 data
CS1: CXCXCXYCXCXCXCXCXCXYCXCXC
-22.200001 < -20.347815 < -11.200000 compressor on: 11x, defrost: 2x,
Hari minggu adalah hari yang tidak ada tindakan buka/tutup pintu, ini adalah kondisi ideal ruang dingin.

Senin:

.\csv\192.168.1.250_2021-6-18 16-7-5.csv, 2021-06-14
arguments: 2021-06-14: 790 data
CS1: XCXCXCXC
-22.200001 < -20.326155 < -10.500000 compressor on: 5x, defrost: 1x,
Hari Senin adalah hari kerja, dan tampak CS2 dan CS3 mengalami kenaikan suhu.

Selasa:

.\csv\192.168.1.250_2021-6-18 16-7-5.csv, 2021-06-15
arguments: 2021-06-15: 806 data
CS1: CXCXYCXCXCXCXYCXCXCXCXCXYCXC
-22.200001 < -20.324226 < -11.500000 compressor on: 13x, defrost: 3x,
Hari Selasa, CS3 mengalami penurunan suhu rata-rata sedikit saja.

Rabu:

.\csv\192.168.1.250_2021-6-18 16-7-5.csv, 2021-06-16
arguments: 2021-06-16: 678 data
CS1: CXCXCXYCXCXCXCXCXCXYCXCXC
-22.200001 < -20.298000 < -10.200000 compressor on: 12x, defrost: 2x,
Hari Rabu, Suhu CS3 naik kembali, sedangkan suhu CS2 turun secara berarti.

Kamis:

.\csv\192.168.1.250_2021-6-18 16-7-5.csv, 2021-06-17
arguments: 2021-06-17: 806 data

CS1: CXCXCXYCXCXCXCXCXCXYCXYCXYC

-22.200001 < -19.069666 < -4.700000 compressor on: 12x, defrost: 4x,

Pada hari Kamis ini CS1 menerima lebih banyak proses pencairan bunga es, sehingga suhu rata-rata juga naik.

Jumat:

.\csv\192.168.1.250_2021-6-18 16-7-5.csv, 2021-06-18

arguments: 2021-06-18: 534 data

CS1: CXCXCXCXCXCXCXYC

-22.200001 < -20.888416 < -11.500000 compressor on: 8x, defrost: 1x,

Hari Jumat ini CS1 dilakukan proses pencairan sebanyak 1x, mengakibatkan suhu rata-rata turun.

Sabtu:

.\csv\192.168.1.250_2021-6-19 13-44-57.csv, 2021-06-19

arguments: 2021-06-19: 456 data

CS1: CXCXCXCXC

-22.200001 < -20.640940 < -18.000000 compressor on: 5x, defrost: 0x,

Hari Sabtu ini tidak dilakukan proses pencairan bunga es.

8. 4 KESIMPULAN

Kebutuhan akan *data logger* muncul dikarenakan rekaman suhu dan kondisi pengaturan dari kontrol elektronik dibutuhkan baik bagi teknisi maupun penjagaan kualitas. Dalam penelitian ini, kebutuhan bagi teknisi dijadikan sebagai fokus bentuk analisis. Rancangan *data logger* baik perangkat keras dan lunak telah disajikan dengan sasaran biaya rendah dan kemudahan pemrograman. Analisis dari data yang diperoleh dibuat melalui sarana bahasa AWK untuk data teks, aplikasi grafis GNUPLOT, dan bahasa pemrograman untuk manfaat umum, C++. Semuanya memanfaatkan CYGWIN skrip *shell* dan Windows Powershell juga.

Hasil dari *data logger* dan analisis yang dibuat telah disajikan pada bagian hasil, serta contoh analisis yang sudah dapat memberikan manfaat. Tanpa *data logger* yang hasilnya diwakili oleh gambar grafis atau komputasi, teknisi tidak dapat menganalisis hasil dari misalkan perubahan pengaturan kontrol elektronik. Tanpa *data logger* ini, indikasi sebelum timbulnya masalah tidak dapat diketahui. Dengan *data logger* ini, teknisi dapat mengamati perubahan parameter kerja dan mengubahnya setiap hari.

Dapat disimpulkan bahwa aneka jenis analisis masih dapat dilakukan pada penelitian berikutnya, terutama pada kesesuaian pemodelan matematik ruang dingin serta tata cara identifikasinya. Keluaran dari program komputasi misalkan yang berupa saran-saran perubahan pengaturan tentu saja disertakan pada setiap hasil analisis.

9. PUSTAKA

- Ahmed, Minhaj and Fahad Hossen, Md. and Emdadul Hoque, Md. and Farrok, Omar and Mynuddin, Mohammed. 2016. *Design and Construction of a Magnetic Levitation System Using Programmable Logic Controller*, American Journal of Mechanical Engineering (4, no. 3 (99-107), 2016, issn= 2328-4110, (Online), (<http://www.sciepub.com/AJME/abstract/5951>, diakses 16 Juni 2021)
- Autonics, Seri TF3: Refrigeration Temperature Controller, (Online), (<https://www.autonics.com/series/3000394>, diakses 16 Juni 2021)
- Awk, The GNU Awk User's Guide, (Online), (<https://www.gnu.org/software/gawk/manual/gawk.html>, diakses 16 Juni 2021)
- Bindu.J., Nikitha, Namitha, Pradeep.H., 2018, WSN based Online Parameter Monitoring in Cold Storage Warehouses in Cloud using IOT concepts, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol 5, (<https://www.irjet.net/archives/V5/17/IRJET-V5I7131.pdf>, diakses 21 Juni 2021)
- Eliwell, IDPlus 900: IDPlus 974 NTC, (Online), (<https://www.eliwell.com/en/Products/Refrigeration/Supermarket-counters/IDPlus-900.html>, diakses 16 Juni 2021)
- Gnuplot, Gnuplot homepage, (Online), (<http://www.gnuplot.info/>, diakses 16 Juni 2021)
- He, Zhilong and Li, Dantong and Ji, Lantian and Wang, Xiaolin and Wang, Tao, 2020, Investigation on the Mass Flow Rate of a Refrigerator Compressor Based on the p-V Diagram, *Applied Sciences*, (10), 2020, (Online), (<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/19/6650>, diakses 21 Juni 2021)
- Kaliwo, A, Jonathan Pinifolo, Chomora Mikeka, Real-Time, Web-based Temperature Monitoring System for Cold Chain Management in Malawi, 2017, Journal of Wireless Networking and Communications, (<http://article.sapub.org/10.5923.j.jwnc.20170703.01.html>, diakses 21 Juni 2021)

- Naidu, Desineni and Rieger, Craig, 2011 (02):2-21, Advanced control strategies for heating, ventilation, air-conditioning, and refrigeration systems—An overview: Part I: Hard control, Vol=17, *Hvac&r Research*, doi = 10.1080/10789669.2011.540942, (Online),
(https://www.researchgate.net/publication/254306419_Advanced_control_strategies_for_heating_ventilation_and_refrigeration_systems-An_overview_Part_I_Hard_control, diakses 21 Juni 2021)
- Padmaja, B., Vijayakumar Ch, E Krishna Rao Patro, B Shashirekha, 2021, A Smart IoT System for Remote Refrigeration Monitoring, Research Square, DOI:10.21203/rs.3.rs-432649/v1, (Online),
(<https://www.researchsquare.com/article/rs-432649/v1>, diakses 21 Juni 2021)
- Pritoni, Marco and Graziano, Marco, 2014, *Cloudfridge: A Cloud-Based Control System for Commercial Refrigeration Systems*, *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 2014(1), (Online),
(https://www.researchgate.net/publication/277327109_Cloudfridge_A_Cloud-Based_Control_System_for_Commercial_Refrigeration_Systems, diakses 21 Juni 2021)
- Rasmussen, B.P. and A. G. Alleyne, 2006, Dynamic Modeling and Advanced Control of Air Conditioning and Refrigeration Systems, *Air Conditioning and Refrigeration Center*, ACRC TR-244, (Online)
(<https://core.ac.uk/download/pdf/4821552.pdf>, diakses 21 Juni 2021)
- Reddy, D V and Panitapu, Bhramara, 2013, Application of Soft Computing Techniques for Analysis of Vapour Compression Refrigeration System, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 2013 (01):368-373, (Online),
(https://www.researchgate.net/publication/270549869_Application_of_Soft_Computing_Techniques_for_Analysis_of_Vapour_Compression_Refrigeration_System, diakses 21 Juni 2021)
- Siemens Basic, "Logo! logic module." Website, (Online),
(<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo.html>, diakses 23 Mei 2021)
- Siemens Expansion, *LOGO! AM2 RTD expansion module*, (Online),
(<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ED1055-1MD00-0BA2>, diakses 16 Juni 2021)
- Siemens Soft Comfort, Logo Software, (Online),
(<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-software.html>, diakses 16 Juni 2021)
- Sousa, P.J., M. R. Quintas, P. Abreu, Modular System for Cold Storage Monitoring, 2016, *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)* – eISSN: 2626-8493, (Online), (<https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5127>, diakses 21 Juni 2021)
- Ovcharenko, I. K. et al 2018, Modelling of single-stage refrigerating machine of provision chamber, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*: 194 022027 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/194/2/022027>, diakses 21 Juni 2021)
- Tasić, Olivera & Tasic, Visa & Brodic, Darko & Despotović, Vladimir & Pavlov-Kagadejev, Marijana & Milivojevic, Dragan. (2013). *PC and microcontrollers applications in the laboratory exercises of the electrical engineering*, (Online),
(https://www.researchgate.net/publication/253233768_PC_and_microcontrollers_applications_in_the_laboratory_exercises_of_the_electrical_engineering, diakses 16 Juni 2021)
- Tsang, Y,P, KL Choy, CH Wu, GTS Ho, HY Lam, PS Koo, 2017, An IoT-based cargo monitoring system for enhancing operational effectiveness under a cold chain environment, *International Journal of Engineering Business Management*, Vol 9, (Online), (<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1847979017749063>, diakses 21 Juni 2021)
- Umamaheswari, K., M. Susneha and B. S. Kala, "IoT based Smart Cold Storage System for Efficient Stock Management," 2020 *International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 2020, pp. 0051-0055, doi: 10.1109/ICCSP48568.2020.9182426, (Online),
(<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9182426>, diakses 21 Juni 2021)
- Xu, Z. and Y. Wang, "Research on Auto-monitoring System for Cold Storage Temperature Based on VB," 2011 *Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 2011, pp. 689-691, doi: 10.1109/ICICTA.2011.179, (Online),
(<https://ieeexplore.ieee.org/document/5750713/authors#authors>, diakses 21 Juni 2021)
- Zong, X., H. Shao, 2017 Design of Cold Chain Logistics Remote Monitoring System based on ZigBee and GPS Location, *AIP Conference Proceedings*, 1820, 090013, 2017, (Online),
(<https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4977397>, diakses 21 Juni 2021)