

PROTOTYPE PENGENDALI SUHU DAN KELEMBABAN UNTUK COLD STORAGE MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA328 DAN SENSOR DHT11

A Najmurrokhman^{1,*}, Kusnandar², Amrulloh³

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani,
Jl. Terusan Jend. Sudirman PO Box 148 Cimahi 40533

³PT Medion, Jl. Cibingbin Perum Pos Giro Desa Laksana Mekar Padalarang, Bandung 40553

*E-mail: asepnajmu@yahoo.com

Diterima: 15 Juni 2017

Direvisi: 21 Agustus 2017

Disetujui: 19 September 2017

ABSTRAK

Food losses didefinisikan sebagai penurunan kualitas dan kuantitas bahan pangan yang dikonsumsi oleh manusia. Hal ini terjadi karena sistem refrigerasi yang kurang baik dan pengolahan pasca panen yang kurang efektif. Salah satu komponen penting dalam sistem refrigerasi bahan makanan adalah cold storage. Dalam penelitian ini, sebuah prototipe cold storage direalisasikan menggunakan komponen utama sensor DHT11 dan mikrokontroler ATmega328 serta dikoneksikan melalui telepon genggam pengguna melalui modul GSM. Cold storage ini dirancang memiliki suhu ruangan sebesar 14°C dan kelembabannya antara 70 % dan 72 %. Data suhu dan kelembaban dapat dideteksi oleh sensor DHT11 dan nilainya ditampilkan dalam penampil LCD. Selain ditampilkan dalam penampil LCD, data sensor dan kelembaban dikirim ke telepon genggam pengguna melalui modul GSM. Jika suhu ruang atau kelembaban melebihi batas yang diinginkan, maka *buzzer* berbunyi dan pengguna dapat mematikan sistem melalui telepon genggam. Hasil pengujian menunjukkan suhu dan kelembaban dapat dijaga sesuai dengan yang diinginkan. Respon waktu untuk mencapai setpoint dari kondisi awal mulai berjalan membutuhkan 12 menit untuk suhu dan 15 menit untuk kelembaban. Suhu dan kelembaban berfluktuasi di sekitar nilai referensinya dengan nilai *steady state error* sebesar 1°C untuk suhu dan 4% untuk kelembaban.

Kata kunci: *cold storage*, mikrokontroler ATmega328, modul GSM, sensor DHT11.

ABSTRACT

Food losses is defined as the decrease in quantity or quality of food consumed by human. It happens due to an improper refrigeration system as well as an ineffective postharvest processing. The main component in refrigeration system of food is the cold storage. In this study, a prototype of cold storage is realized by using DHT11 sensor and microcontroller ATmega328 and connected to mobile phone via GSM module. Operating temperature of cold storage is set to 14°C and its humidity between 70% and 72%. Actual temperature and humidity respectively are detected by DHT11 sensor, displayed in an LCD viewer and sent to the mobile phone via GSM module. If actual temperature and/or humidity exceed the desired values, then *buzzer* will alert. User could switch the system off via mobile phone. The experimental test shows that the operating temperature and humidity can be kept around the desired values. Time response from initial condition to the reference is achieved around 12 minutes and 15 minutes for temperature control and humidity control respectively. Furthermore, the condition fluctuates around their references with *steady state error* equals to 1°C and 4 % for temperature and humidity respectively.

Keywords: *cold storage*, DHT11 sensor, GSM module, microcontroller ATmega328.

PENDAHULUAN

Food losses didefinisikan sebagai penurunan kualitas dan kuantitas bahan pangan yang dikonsumsi oleh manusia (Bellemare, Cakir, Peterson, Novak, & Rudi, 2017). *Food losses* secara global diperkirakan sekitar 25 sampai 50 persen dari volume produksi, kandungan gizi, atau nilai pasarnya bergantung jenis komoditasnya (Shreyas, Katgar, Ramaji, Goudar, & Srikanth, 2017). Organisasi resmi PBB yang membidangi pangan dan pertanian menyimpulkan bahwa *food losses* terjadi karena sistem refrigerasi yang kurang baik dan pengolahan pasca panen yang kurang efektif. Salahsatu komponen penting dalam sistem refrigerasi bahan makanan adalah *cold storage*. *Cold storage* adalah peralatan yang digunakan untuk menjaga kualitas produk pada suhu tertentu (Rahmat, 2015). Peralatan ini sangat vital dalam rantai industri makanan, minuman, obat-obatan, dan lain-lain yang melibatkan faktor suhu rendah dalam menjaga produknya. Sebuah supermarket yang menjual produk makanan olahan atau produk lainnya memerlukan *cold storage* untuk menjaga agar produk yang dijual dapat bertahan lama. Sebuah *cold storage* pada dasarnya adalah peralatan yang dibuat dengan prinsip pengendalian suhu dan kelembaban. Setiap komoditas dapat dijaga kualitasnya jika disimpan dalam suatu media penyimpan dengan kondisi suhu dan kelembaban spesifiknya, misalnya bawang di negara India pada suhu 30-35°C dan kelembaban 65-70% (Sathiyabama, Santhiya, Shivaranjani, Vennila, & Hemalatha, 2017), buah sirsak di Mexico pada suhu 15°C (Jiménez-Zurita, et al., 2017), tomat pada suhu 20-27°C dan kelembaban 65-80 % (Putra, Sutapa, & Kasmawan, 2017), dan lain-lain.

Makalah ini menguraikan tentang prototipe *cold storage* untuk menjaga kualitas telur agar kandungannya dapat dimanfaatkan dalam industri vaksin. Telur tersebut harus disimpan dalam ruang yang suhu dan kelembabannya dijaga pada nilai tertentu. Nilai referensi suhunya sekitar 14°C dan nilai referensi kelembabannya berada pada rentang 70 % sampai 72 %. Untuk menjaga suhu dan kelembaban *cold storage* agar berada dalam nilai *setpoint*-nya, sebuah sistem kendali dirancang dengan memanfaatkan komponen-

komponen sistem kendali yang ada di pasaran. Sensor suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT11. Sensor tersebut sudah banyak digunakan oleh para peneliti dalam merancang sistem kendali suhu dan kelembaban (Harika, Srikanth, & Vikram, 2017), (Kodali & Mahesh, 2016), (Sheikh, Kommera, & Quazi, 2017), (Akash & Birwal, 2017). Harika *et al.* (2017) menggunakan sensor DHT11 dalam sistem deteksi kebakaran di industri. Sementara itu, Kodali & Mahesh (2016) memanfaatkan sensor DHT11 dalam sistem monitoring suhu dan kelembaban di suatu tempat, sedangkan Sheikh *et al.* (2017) merealisasikan sistem rumah cerdas berbasis *internet of things* dengan memfungsikan sensor DHT11 dalam deteksi suhu dan kelembaban di rumah tersebut. Sementara itu, Akash & Birwal (2017) menggunakan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban dalam sistem monitoring suhu dan kelembaban di lingkungan pertanian.

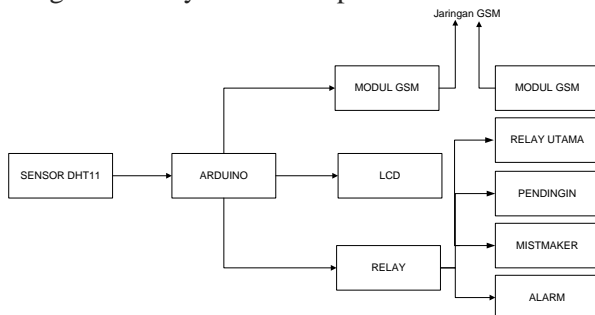
Komponen pemroses utama dalam penelitian ini adalah mikrokontroler ATMega328 atau yang lebih dikenal dengan mikrokontroler Arduino Uno. Mikrokontroler ini sudah banyak digunakan dalam implementasi sistem pengendali atau monitoring sistem karena kepraktisan dalam memprogram, kapabilitas dalam mengolah sinyal, dan kemampuan komputasinya yang handal (Zakzouk, Elsharty, Abdelsalam, Helal, & Williams, 2016), (Wang & Chi, 2016), (Vijayalakshmi & Priya, 2016), (Goeritno, Ritzkal, & Johan, 2016), (Muchtar & Hidayat, 2017). Zakzouk *et al.* (2016) memanfaatkan kemampuan pemrosesan yang cepat dan kemudahan dalam implementasi algoritma dari Mikrokontroler ATMega328 untuk merancang sistem penjejakan (*tracking*) sistem fotovoltaik sebuah panel surya sehingga tercapai kondisi *maximum power point tracking* (MPPT). Wang & Chi (2016) mengeksplorasi kemampuan komputasi Mikrokontroler ATMega328 dalam sistem monitoring suhu dan kelembaban secara nirkabel, sedangkan Vijayalakshmi & Priya (2016) menggunakannya dalam penerapan alat untuk membantu terapi bicara bagi pasien yang mengalami gangguan berkomunikasi. Sementara itu, Goeritno dkk. (2016) menggunakan mikrokontroler tersebut dalam sistem pemantauan kondisi instalasi listrik, sedangkan Muchtar & Hidayat (2017)

memanfaatkannya dalam monitoring pemakaian beban listrik dari data yang dikirim dari kWh meter analog.

Makalah ini disusun empat bagian. Bagian pertama tentang pendahuluan yang memuat latar belakang dan review literatur terkait penelitian yang diuraikan dalam makalah. Bagian kedua berisi tentang metode penelitian yang berisi tentang perancangan sistem, komponen yang digunakan, dan algoritma pengendalian yang disusun dalam penelitian. Bagian ketiga memuat hasil-hasil perancangan dan pengujian kondisi suhu dan kelembaban aktualnya. Makalah ditutup bagian keempat yang menyimpulkan dan memberi catatan untuk pengembangan lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

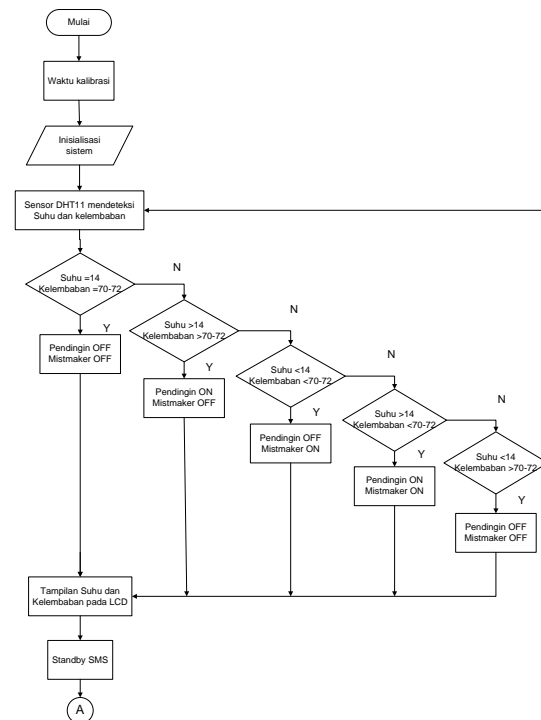
Dalam penelitian ini, sebuah prototipe pengendali suhu dan kelembaban dirancang dan direalisasikan dengan menggunakan komponen sensor, mikrokontroler, penampil LCD, pendingin, *mistmaker*, dan modul GSM. Diagram bloknya diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem

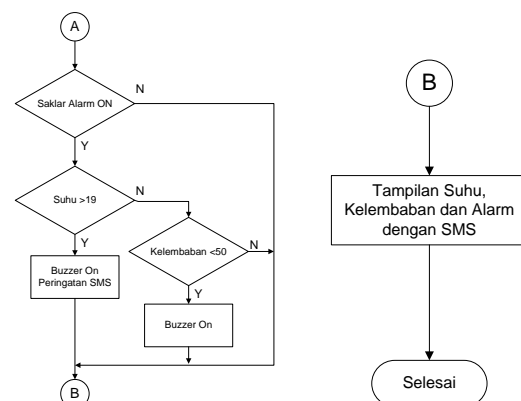
Prototipe ini menggunakan sensor DHT11 sebagai sensor suhu dan kelembaban. Data sensor dan kelembaban kemudian dikirim ke mikrokontroler untuk diproses dan diteruskan ke beberapa bagian yaitu modul GSM, penampil LCD, dan relay pengatur suhu dan kelembaban. Setiap data suhu dan kelembaban akan ditampilkan dalam penampil LCD secara *real time*. Data tersebut juga dikirim melalui jaringan komunikasi ke telepon genggam pengguna. Jika kondisi suhu atau kelembaban suatu saat tidak sesuai dengan nilai yang ditetapkan, maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke bagian relay sesuai

dengan algoritma pengendalian suhu dan kelembaban yang diinstalasi dalam mikrokontroler. Prototipe ini didesain untuk menjaga suhu *cold storage* kurang dari 14°C dan kelembabannya antara 70 % dan 72 %. Rangkaian relay terhubung kepada empat bagian, yaitu relay utama, pendingin, *mistmaker*, dan alarm. Algoritma pengendalian suhu dan kelembabannya diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Algoritma pengendalian suhu dan kelembaban dalam prototipe.

Jika data suhu lebih dari 19°C atau kelembabannya kurang dari 50 % maka relay akan menyalakan *buzzer* seperti diperlihatkan pada algoritma dalam Gambar 3.



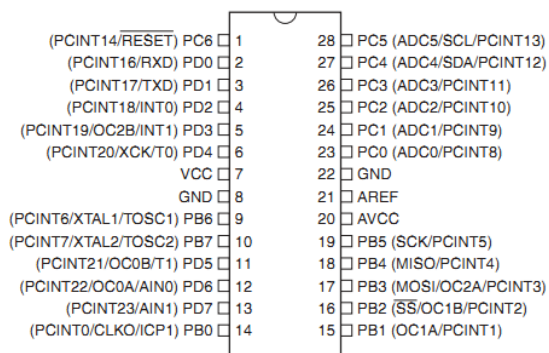
Gambar 3. Algoritma penyalakan *buzzer*

Dalam prototipe ini, data suhu dan kelembaban ruang dideteksi oleh sensor DHT11. Keluaran sensor DHT11 berupa sinyal digital yang sudah terkalibrasi. Jangkauan pengukuran temperatur dari sensor ini adalah 0-50°C dan jangkauan pengukuran kelembaban relatif sebesar 20-90%. Sensor DHT11 membutuhkan catu daya sebesar 3 sampai 5,5 Volt DC. Keakuratan untuk kelembaban relatifnya sebesar $\pm 4\%$ dan keakuratan untuk temperatur sebesar $\pm 2^\circ\text{C}$. Bentuk fisik dari sensor DHT11 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor DHT11 (Akash & Birwal, 2017).

Sementara itu, mikrokontroler yang digunakan untuk merealisasikan prototipe ini adalah mikrokontroler ATmega328. Mikrokontroler ini mempunyai fitur yang cukup lengkap, mulai dari kapasitas memori program dan memori data yang cukup besar, interupsi, *timer/counter*, PWM, USART, TWI, analog komparator, EEPROM internal, dan ADC internal. Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega328 diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi pin ATmega328

Mikrokontroler ATmega328 menyediakan saluran input/output sebanyak 23 buah yang diberi identitas *port B*, *port C*, dan *port D*. Saluran untuk pemrosesan sinyal analog ke digital berjumlah 6 buah dan dikumpulkan

dalam sebuah *port C*. Selain itu, mikrokontroler tersebut memiliki tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan, prosesor utamanya terdiri atas 32 buah register, *Watchdog Timer* dengan osilator internal, dan memori bertipe SRAM dengan kapasitas 2 KB. Sementara itu, kemampuan komputasinya didukung oleh kapasitas *Flash Memory* sebesar 32 KB dengan kemampuan *Read While Write* dan sistem mikroprosesor RISC dengan kecepatan maksimal 20 MHz. Selain itu, mikrokontroler tersebut dilengkapi dengan unit interupsi internal dan eksternal, port antarmuka SPI, EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB yang dapat diprogram saat operasi, antarmuka komparator analog, dan *port USART* untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.

Dalam prototipe yang dibuat, pengendalian kelembaban dilakukan dengan mengatur kadar uap air yang ada dalam *cold storage*. Jika nilai kelembaban yang dideteksi oleh sensor berada di bawah nilai kelembaban *setpoint*-nya, maka uap air ditambahkan oleh perangkat yang disebut dengan *mistmaker* (mesin kabut). *Mist maker* ini merupakan suatu alat yang bisa menghasilkan embun atau uap yang tidak panas ataupun dingin. Alat ini bisa digunakan untuk hiasan akuarium, taman dan dapat pula difungsikan sebagai aroma terapi jika diberikan cairan aromaterapi ke dalam air. Fungsi dan spesifikasinya adalah menghasilkan embun atau uap air yang embun itu tidak menguap ke atas melainkan berputar-putar di mesin. Dalam peralatan tersebut, sebuah *transduser* berupa *piezoelektrik* beresonansi 1,6 MHz menghasilkan energi yang cukup tinggi sehingga molekul uap air dapat dilepaskan ke udara. Partikel air dalam kabut berukuran kurang dari 5 μm atau kurang, sehingga kemungkinan besar tidak terjadi kondensasi pada permukaan atau media yang digunakan. *Mistmaker* ultrasonik yang digunakan tidak boleh aktif pada keadaan kering, sehingga alat ini membutuhkan air yang cukup untuk bekerja. Sebuah sensor *built-in* mendeteksi keberadaan air dan mengaktifkan pelat *transduser*. *Transduser* bergetar menyebabkan air berubah menjadi tetesan yang menguap berubah menjadi partikel kabut. *Mistmaker* ini memiliki adaptor

AC *external* untuk catu dayanya. Sebuah *mistmaker* yang digunakan dalam prototipe diberikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Mistmaker (mesin kabut) (Park & Kang, 2011)

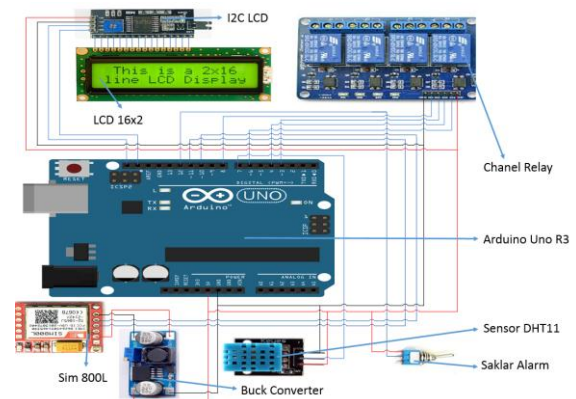
Selain penampil LCD dan relay, output mikrokontroler dikirim ke modul GSM. Modul ini berfungsi sebagai media perantara proses pengiriman data dari mikrokontroler ke telepon genggam pengguna atau sebaliknya. Data suhu dan kelembaban yang tertulis dalam penampil LCD dikirimkan juga ke telepon genggam pengguna sehingga operator atau pengguna dapat memantau datanya secara *real time*. Modul tersebut juga dapat memproses instruksi yang diketikkan dari telepon genggam untuk menjalankan proses dalam prototipe, seperti meminta data, menonaktifkan pengiriman data, mematikan *buzzer*, dan lain-lain. Modul GSM yang digunakan dalam prototipe ini diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Modul GSM SIM800L

Interkoneksi antar bagian yang merealisasikan prototipe diberikan pada Gambar 8. Mikrokontroler ATmega 328 yang ditandai dengan Arduino Uno R3 pada Gambar 8

berfungsi sebagai pemroses utama dari sistem yang direalisasikan.



Gambar 8. Interkoneksi antar komponen dalam sistem

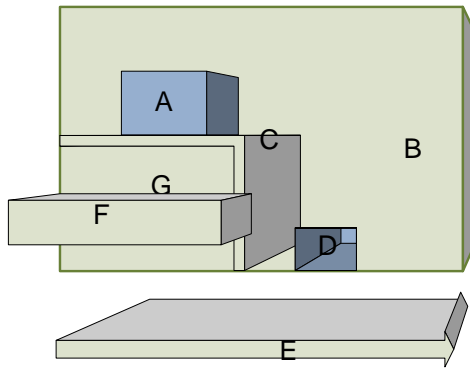
HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi prototipe diberikan pada Gambar 9. Setiap komponen diletakkan dalam sebuah kotak berdimensi 45 cm × 30 cm × 42 cm di lokasi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tata letak komponen dalam prototipe

Denah lokasi penempatan komponen dalam prototipe diberikan pada Gambar 10 dan keterangan gambarnya diberikan dalam Tabel 1.



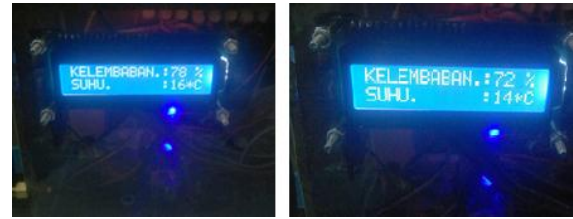
Gambar 10. Denah lokasi komponen
Tabel 1. Komponen dalam Gambar 10.

Kode	Keterangan
A	kipas dan evaporator
B	ruang simpan telur
C	sensor DHT11
D	mistmaker
E	kondensor dan ekspansi sistem pendingin
F	sistem mikrokontroler ATmega328
G	kompresor dan catu daya

Untuk memperoleh informasi tentang performansi sistem, pengujian dilakukan untuk beberapa hal yang mencakup pengujian akurasi sensor, koneksi mikrokontroler dengan telepon genggam melalui modul GSM, dan pengujian sistem keseluruhan. Pengujian akurasi sensor dilakukan dengan cara membandingkan hasil tampilan LCD dari pemrosesan data suhu dan kelembaban oleh mikrokontroler dengan alat ukur suhu dan kelembabannya. Beberapa tampilan hasil pengukuran sensor diberikan dalam Gambar 11 dan Gambar 12.



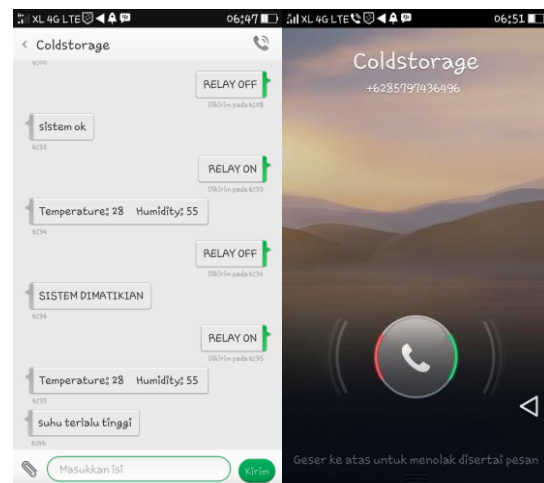
Gambar 11. Tampilan LCD untuk suhu 14°C dan kelembaban 58 %.



Gambar 12. Tampilan LCD untuk suhu dan kelembaban yang lain.

Dari hasil perbandingan antara nilai suhu dan kelembaban yang terlihat dalam LCD dengan yang terbaca melalui instrumen ukur besaran fisis, akurasi sensor dan akuisisi data oleh mikrokontroler bekerja dengan baik.

Sementara itu, pengujian koneksi antara cold storage dengan operator atau pengguna melalui telepon genggam dilakukan dengan mengamati tampilan di layar telepon genggam dan operasi memutushubungkan relay melalui pesan yang dikirim (SMS = short message service). Tampilan pesan yang dikirim kepada telepon genggam pengguna diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan SMS pada telepon genggam pengguna

Saat pertama prototipe dioperasikan, sebuah pesan singkat bertuliskan “sistem ok” dikirim ke telepon genggam untuk menginformasikan bahwa sistem mulai berkerja dan koneksi antara mikrokontroler dan Modul GSM SIM800L sudah terkoneksi dengan benar. Ketika sistem sudah beroperasi dengan benar relay 1 (relay utama) selalu on. Relay ini dapat diatur dari jarak jauh melalui SMS. Ketika pengguna mengirim pesan singkat “RELAY

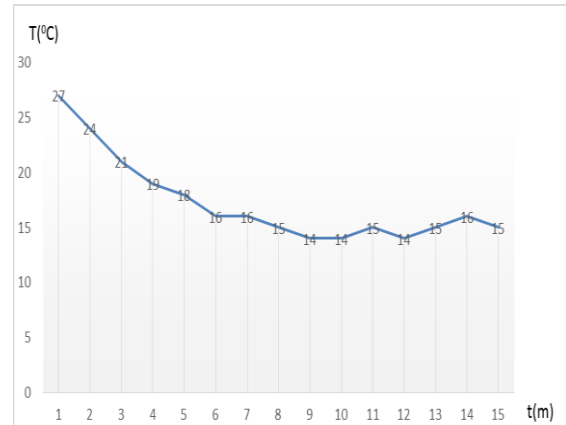
ON”, maka mikrokontroler dalam prototipe *cold storage* tersebut mengirimkan data suhu dan kelembaban aktual dalam *cold storage*. Jika kondisi suhu dan/atau kelembaban lebih tinggi atau di luar nilai *setpoint*-nya, maka muncul pesan singkat yang mengikuti data suhu atau kelembaban. Misalnya suhu aktual *cold storage* 28°C, sebuah pesan singkat berbunyi “**suhu terlalu tinggi**” mengiringi data suhu dan kelembabannya seperti diperlihatkan pada Gambar 13. Untuk mematikan sistem, pesan singkat yang dikirim berbentuk “**RELAY OFF**”. Dalam prototipe yang dirancang ini, dering telepon genggam pengguna akan berbunyi yang menandakan ada nada panggil dari prototipe jika suhu *cold storage* melebihi 19°C. Jeda antara panggilan pertama dan kedua ditentukan selama setengah menit. Konfigurasi nomor telepon penerima pesan singkat dilakukan dengan memanfaatkan library <gprs.h> dalam Arduino. Konfigurasi tersebut diperlihatkan pada Gambar 14.

```

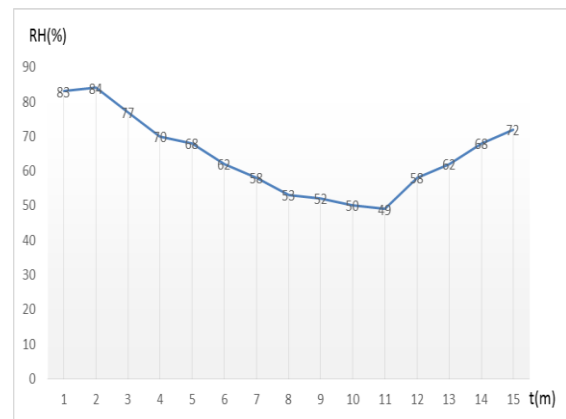
final $
digitalWrite(MERAH, StatusMerah);
if (gprs.serialSIM800.available()) {
  char lastCharRead = gprs.serialSIM800.read();
  if (lastCharRead == '\r' || lastCharRead == '\n') {
    String lastLine = String(currentLine);
    if (lastLine.startsWith("+CMT:") {
      Serial.println(lastLine);
      nextLineIsMessage = true;
    } else if (lastLine.length() > 0) {
      if (nextLineIsMessage) {
        Serial.println(lastLine);
        if (lastLine.indexOf("RELAY OFF") >= 0) {
          StatusMerah = 1;
          Serial.println("SISTEM DIMATIKAN");
          gprs.sendSMS("087722579060", "SISTEM DIMATIKAN"); //SMS
        }
      } else if (lastLine.indexOf("RELAY ON") >= 0) {
        StatusMerah = 0;
        Serial.println("MONITORING");
        gprs.sendSMS("087722579060", "monitor"); //SMS Balasan
      }
    }
    nextLineIsMessage = false;
  }
}
    
```

Gambar 14. Program Arduino untuk koneksi prototipe dengan telepon pengguna

Hasil pengujian terhadap prototipe secara keseluruhan menghasilkan data respon waktu suhu dan kelembaban seperti yang diperlihatkan pada Gambar 15 dan 16.



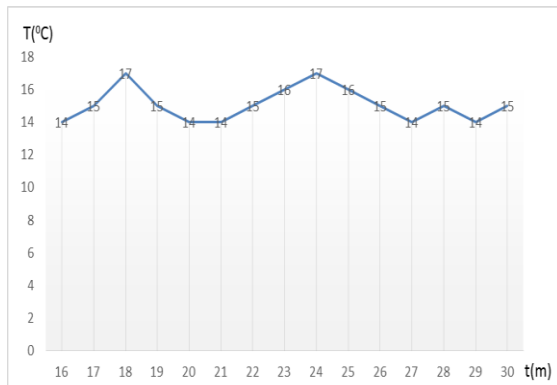
Gambar 15. Data perubahan suhu pada prototipe sampai mencapai nilai *setpoint*-nya



Gambar 16. Data perubahan kelembaban pada prototipe sampai mencapai nilai *setpoint*-nya

Hasil pengukuran suhu seperti yang diperlihatkan pada Gambar 15 menunjukkan bahwa respon transien pengendalian suhu *cold storage* ini sampai tercapai suhu 14°C membutuhkan waktu sekitar 9 menit, sedangkan kelembaban mencapai 72% tercapai sekitar 15 menit. Percobaan ini dilakukan tanpa beban di ruangan dan suhu ruang di luar *cold storage* sekitar 28°C. Suhu di area luar *cold storage* ini cukup berpengaruh terhadap sistem karena dinding prototipe ini menggunakan bahan akrilik yang kurang cocok untuk mempertahankan suhu kabin menetap di suhu yang diharapkan. Observasi lainnya yang dilakukan dalam pengujian prototipe ini adalah kondisi suhu dan kelembaban dalam kondisi mantap (*steady state*). Nilai suhu berfluktuasi di sekitar nilai

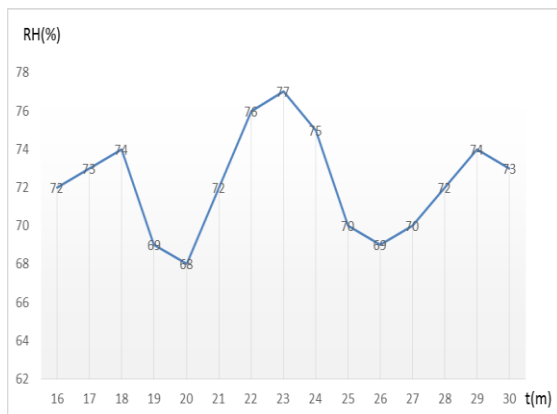
setpointnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 17.



Gambar 17. Perubahan nilai suhu di kondisi mantap (*steady state*)

Gambar 17 memperlihatkan bahwa nilai suhu pada keadaan mantap berfluktuasi dengan nilai maksimum 17°C dan semakin lama nilai suhu semakin mendekati nilai *setpoint*-nya. Nilai *steady state error* untuk suhu tersebut sekitar 1°C.

Sementara itu, nilai kelembaban di kondisi mantapnya diberikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Perubahan nilai kelembaban di kondisi mantap (*steady state*)

Berdasarkan data kelembaban yang diperoleh dalam pengujian tersebut, nilai kelembaban di kondisi mantap berfluktuasi dengan rentang nilai dari 68 % sampai 77 %. Dengan demikian, nilai *steady state error* untuk kelembaban sekitar 4 %.

Secara ringkas, hasil pengujian keseluruhan dari prototipe diberikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sistem keseluruhan

No	Kondisi	Hasil pengujian	Status
1	suhu =14 kelembaban =72	Pendingin <i>off</i> <i>Mistmaker off</i>	Ok
2	suhu >14 kelembaban >72	Pendingin <i>on</i> <i>Mistmaker off</i>	Ok
3	suhu <14 kelembaban <72	Pendingin <i>off</i> <i>Mistmaker on</i>	Ok
4	suhu >14 kelembaban <72	Pendingin <i>on</i> <i>Mistmaker on</i>	Ok
5	suhu <14 kelembaban >72	Pendingin <i>off</i> <i>Mistmaker off</i>	Ok
6	suhu > 19	<i>Buzzer on</i> Peringatan SMS <i>on</i>	Ok
7	kelembaban < 50	<i>Buzzer on</i>	Ok
8	SMS RELAY ON	Tampilan suhu dan kelembaban di SMS	Ok
9	SMS RELAY OFF	Mematikan relay utama	Ok

KESIMPULAN

Sebuah prototipe pengendali suhu dan kelembaban untuk *cold storage* telah diuraikan dalam makalah. Komponen utama dari prototipe tersebut adalah sensor DHT11 yang berfungsi mendeteksi nilai suhu dan kelembaban aktual dari *cold storage*. Pengendalian dilakukan oleh mikrokontroler ATMega328 melalui komparasi antara nilai suhu dan kelembaban aktual dengan nilai referensinya. Algoritma pengendaliannya menghasilkan pola aktuasi relay yang terhubung dengan pendingin (kipas dan evaporator) dan *mistmaker*. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa suhu dan kelembaban *cold storage* dapat dijaga pada nilai referensinya dengan nilai *steady state error* suhu sebesar 1°C dan kelembaban sekitar 4%. Respon waktu untuk mencapai *setpoint* dari kondisi awal mulai berjalan membutuhkan 9 menit untuk suhu dan 15 menit untuk kelembaban.

Metode kendali yang diterapkan dalam prototipe ini relatif sederhana. Untuk memperbaiki respon waktu dan *steady state error*-nya, penelitian selanjutnya dapat

diarahkan kepada penerapan teknik pengendali PID atau kendali cerdas seperti logika fuzzy. Dengan teknik pengendali PID, respon waktu diharapkan menjadi lebih cepat, tanpa mampu menangani ketidakpresisian parameter suhu dan kelembaban yang muncul dalam sistem. Kombinasi pengendali PID dan logika fuzzy diharapkan dapat menghasilkan pengendalian lebih cepat dan akurat seperti yang dilaporkan dalam (Shuai, Wang, & Li, 2016) untuk pengendalian suhu dan kelembaban dalam sistem pengkondisi udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Goeritno, A., Ritzkal, & Johan, A. (2016). Pemantauan Pada Analogi Instalasi Listrik Fase-Tiga Berbantuan Prototipe Sistem Elektronis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016* (pp. 1-9). Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Harika, S., Srikanth, V., & Vikram, P. (2017). Fire Accident Detection System in Industries. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(4), 1-5.
- Jiménez-Zurita, J. O., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Herrera, L. M., Jiménez-Ruiz, E. I., Bello-Lara, J. E., et al. (2017). Cold Storage of Two Selections of Soursop (*Annona muricata* L.) in Nayarit, Mexico. *Journal of Food Quality*, 1-9.
- Kodali, R. K., & Mahesh, K. S. (2016). Low Cost Ambient Monitoring using ESP8266. *2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)* (pp. 779-782). Noida, India: IEEE.
- Muchtar, H., & Hidayat, A. (2017). Implementasi Wavecom dalam Monitoring Beban Listrik. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 1-5.
- Park, B. S., & Kang, S. M. (2011). Spatial Distribution of Negative Air Ions Produced by an Ultrasonic Mist Maker. *Journal of the Korean Physical Society*, 58(6), 1618-1621.
- Putra, I. G., Sutapa, I. G., & Kasmawan, I. G. (2017). Pemanfaatan Radiasi Gamma Co-60 dalam Pemuliaan Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* L.) dengan Metode Mutagen Fisik. *Buletin Fisika*, 18(1), 12-19.
- overshoot, dan nilai *steady state error* yang lebih kecil. Sementara itu, penerapan teknik kendali cerdas seperti logika fuzzy akan
- Akash, & Birwal, A. (2017). IoT-based Temperature and Humidity Monitoring System for Agriculture. *International Journal of Innovative Research in Science*, 6(7), 12756-12761.
- Bellemare, M. F., Cakir, M., Peterson, H. H., Novak, L., & Rudi, J. (2017). On The Measurement of Food Waste. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(5), 1148-1158.
- Rahmat, M. R. (2015). Perancangan Cold Storage untuk Produk Reagen. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 3(1), 16-30.
- Sathiyabama, N., Santhiya, T., Shivaranjani, R., Vennila, S., & Hemalatha, R. (2017). Long-Time Preservation and Reporting of Vegetables Rotting and Decay. *South Asian Journal of Engineering and Technology*, 3(1), 7-15.
- Sheikh, Z., Kommera, A., & Quazi, S. (2017). Intelligent Home Using Internet of Things. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 19(2), 9-13.
- Shreyas, Katgar, S., Ramaji, M., Goudar, Y., & Srikanteswara, R. (2017). Efficient Food Storage Using Sensors, Android and IoT. *International Journal of Advanced Research in Basic Engineering Sciences and Technology*, 3(23), 8-12.
- Shuai, L., Wang, X., & Li, S. (2016). Fuzzy PID Controller Design of Air Handling Unit for Constant Temperature and Humidity Air-Conditioning. *2016 8th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)*. Hangzhou, China: IEEE.
- Vijayalakshmi, R., & Priya, S. (2016). An interactive speech therapy session using linear predictive coding in Matlab and Arduino. *2016 International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT)* (pp. 217-220). Ramanathapuram, India: IEEE.
- Wang, Y., & Chi, Z. (2016). System of Wireless Temperature and Humidity Monitoring Based on Arduino Uno Platform. *2016 Sixth International Conference on Instrumentation &*

Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC)
(pp. 770-773). Harbin, China: IEEE.

Zakzouk, N. E., Elsharty, M. A., Abdelsalam, A. K., Helal, A. A., & Williams, B. W. (2016). Improved Performance Low-cost Incremental Conductance PV MPPT Technique. *IET Renewable Power Generation*, 10(4), 561-574.