

## **SISTEM PEMANTAUAN SUHU UNTUK PENYIMPANAN REFRIGERATED PRODUCTS**

**Cahyadi Nugraha<sup>1)</sup>**

**Yudas Nugraha<sup>2)</sup>**

**Fahmi Arif<sup>3)</sup>**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional<sup>1,2,3)</sup>

Jl. P.H.H. Mustofa No 23 Bandung

Telepon (022) 7272215 ekst 137

E-mail: cnugraha@itenas.ac.id<sup>1)</sup>

### **Abstrak**

*Beberapa jenis produk, khususnya beberapa jenis makanan dan minuman, membutuhkan refrigerasi untuk menjaga kualitas produknya dalam proses penyimpanan dan distribusi hingga sampai ke tangan konsumen. Proses ini seringkali disebut sebagai logistik rantai dingin. Dalam logistik rantai dingin ini, menjaga suhu penyimpanan agar tidak melebihi batas suhu tertentu menjadi penentu dalam menjaga kualitas produk. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan suhu dalam penyimpanan dan distribusi. Beberapa industri kecil makanan dan minuman membutuhkan sistem pemantauan tersebut dengan kendala biaya investasi yang terbatas. Makalah ini membahas tentang perancangan dan pengembangan prototipe sistem pemantauan suhu untuk rantai dingin, dengan menggunakan sensor, sistem mikrokontroler, dan sistem informasi online yang membutuhkan biaya investasi relatif terjangkau untuk industri kecil. Sistem mikrokontroler yang digunakan berbasis Arduino dan sistem informasinya berbasis web. Identifikasi kebutuhan sistem dalam perancangan dan uji cobanya dilakukan di sebuah industri kecil minuman air kelapa segar dalam kemasan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem ini telah mampu digunakan untuk tujuan mendukung penjaminan kualitas produk terkait catatan historis suhu penyimpanan setiap lot produk.*

*Kata Kunci: logistik rantai-dingin, otomasi, sistem pemantauan suhu*

### **Pendahuluan**

Logistik rantai-dingin (*cold-chain logistics*) adalah suatu sistem yang melibatkan kebutuhan suhu dingin untuk menjaga kualitas produk dari mulai penyimpanan pasca produksi, distribusi, sampai dengan produk dikonsumsi [4]. Salah satu jenis produk yang membutuhkan rantai dingin ini adalah produk makanan dan minuman. Saat ini semakin berkembang industri-industri kecil makanan dan minuman yang produknya membutuhkan logistik rantai dingin.

Dalam pengamatan pada beberapa perusahaan kecil produsen dan penjualan minuman segar dalam kemasan di Bandung, penyimpanan di produsen maupun titik penjualan telah menggunakan teknologi refrigerasi, tetapi dalam proses pengirimannya biasanya masih menggunakan alat simpan pengisolasi panas sederhana. Dengan demikian proses pengiriman yang menyebabkan produk berada di luar refrigerator menjadi celah penurunan kualitas produk. Jika waktu pengiriman terlalu lama, misal akibat kemacetan sistem transportasi, maka bisa terjadi kenaikan suhu lot produk di atas batas yang dipersyaratkan sehingga kualitas produk telah mulai berkurang saat sampai di konsumen atau di titik penjualan. Bahkan dalam penyimpanan di refrigerator, terkadang masalah pada refrigerator atau pasokan listrik bisa menyebabkan lot produk yang disimpan menurun kualitasnya. Seandainya suhu dapat dipantau selama penyimpanan dan pengiriman, tentu informasi historis suhu dapat menjadi salah satu penentu terjaminnya kualitas produk. Hal ini akan meningkatkan kepuasan pelanggan dan kredibilitas penjual. Oleh karena itu sangat diperlukan sistem pemantauan suhu yang dapat memberikan informasi historis suhu penyimpanan suatu produk sejak selesai diproduksi sampai dengan ke tangan konsumen.

Saat ini sudah ada beberapa teknologi untuk mendukung pemantauan suhu dalam logistik rantai dingin [2, 5]. Walaupun demikian, perusahaan-perusahaan kecil makanan dan minuman masih terkendala untuk menggunakan teknologi-teknologi tersebut, di antaranya adalah akibat

kurangnya ketersediaan vendor teknologi dan terbatasnya biaya investasi. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem pemantauan suhu yang mudah diperoleh dan terjangkau secara biaya.

Dalam makalah ini, dikembangkan suatu sistem pemantauan suhu yang dapat digunakan oleh perusahaan-perusahaan kecil makanan dan minuman yang membutuhkan logistik rantai dingin. Sistem pemantauan ini menggunakan komponen-komponen teknologi yang mudah diperoleh dan terjangkau dari sisi biaya, yaitu sistem mikrokontroler Arduino [1] dan program berbasis web. Untuk mendapatkan masukan-masukan kebutuhan yang lebih spesifik dan melakukan uji coba, sistem dikembangkan untuk studi kasus sebuah perusahaan produsen air kelapa segar dalam kemasan di Bandung.

## **Metodologi Penelitian**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Tahap pertama adalah identifikasi masalah dan studi pustaka. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi masalah terkait kebutuhan sistem pemantauan suhu pada logistik rantai-dingin, khususnya pada studi kasus yang dilakukan di perusahaan produsen air kelapa segar dalam kemasan. Untuk mempertajam identifikasi masalah dan memberikan ide pencarian solusi, dilakukan studi pustaka yang relevan dalam bidang teknologi terkait pemantauan rantai-dingin.

Tahap kedua adalah analisis dan perancangan sistem. tahap ini terdiri dari analisis sistem, perancangan konseptual, perancangan rinci, serta implementasi rancangan. Analisis sistem adalah melakukan identifikasi sistem relevan pada studi kasus yang diamati, khususnya terkait aliran informasi. Perancangan konseptual adalah menghasilkan rancangan sistem secara global. Rancangan sistem akan dilakukan dengan metode IDEF0 [3]. Perancangan rinci adalah menghasilkan rancangan sistem mekatronika yang dibutuhkan secara rinci, serta rancangan program untuk sistem informasi berbasis web. Implementasi rancangan adalah membangun prototipe sistem sesuai dengan rancangan yang telah dihasilkan

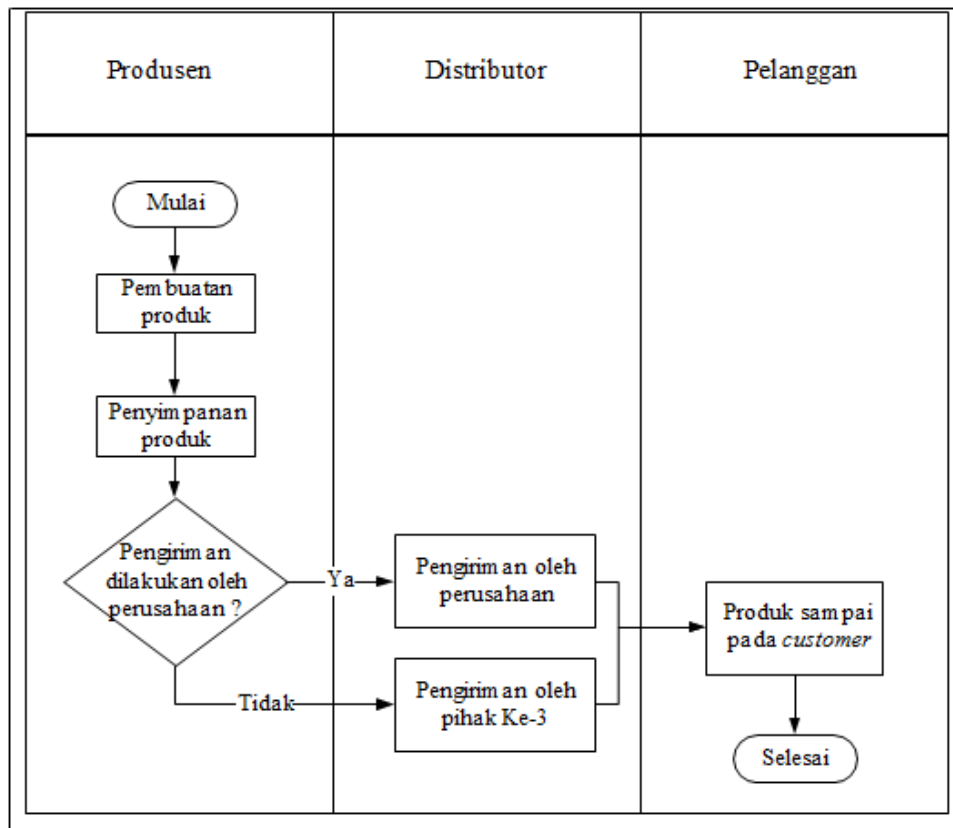
Tahap ketiga adalah pengujian sistem dan analisis hasil pengembangan. Pada tahap ini, prototipe yang telah dibangun akan diuji coba dengan menggunakan beberapa skenario, baik berupa skenario hipotetik maupun skenario implementasi di perusahaan studi kasus.

Tahap keempat adalah penarikan kesimpulan dan saran. Analisis hasil pengujian akan memberikan kesimpulan terkait sistem yang dikembangkan. Berbagai kebutuhan pengembangan lanjutan akan diidentifikasi dalam bentuk saran penelitian lanjutan.

## **Perancangan dan Pengembangan Sistem**

### **1. Identifikasi Sistem**

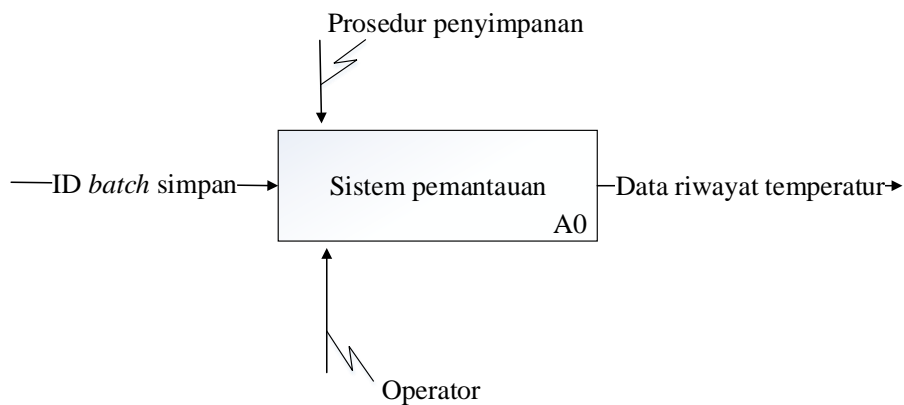
Perusahaan yang diamati merupakan produsen air kelapa segar dalam kemasan. Sistem yang diamati terdiri dari tiga pelaku utama, yaitu: produsen, distributor, dan pelanggan. Aliran informasi yang diamati dalam perusahaan studi kasus ditampilkan dalam Gambar 1. Walaupun aliran tersebut adalah spesifik untuk perusahaan yang diamati, namun diduga kuat beberapa perusahaan sejenis memiliki pola yang tidak jauh berbeda. Titik kritis rantai-dingin berada pada dua tempat, yaitu saat penyimpanan di pihak produsen, dan saat pengiriman ke pelanggan. Pelanggan yang dimaksud dapat berupa konsumen akhir, atau dapat juga berupa toko yang menjadi titik penjualan produk.



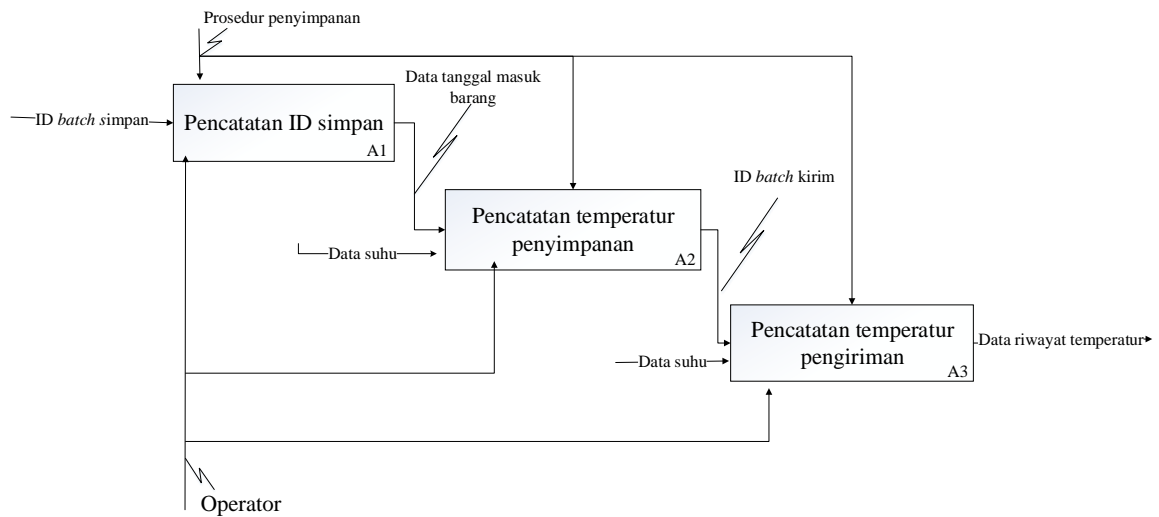
Gambar 1. Aliran informasi pada perusahaan yang diamati

## 2. Perancangan Konseptual

Rancangan konseptual sistem dalam *Integrated Definition for Function Modeling (IDEF0)* disajikan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



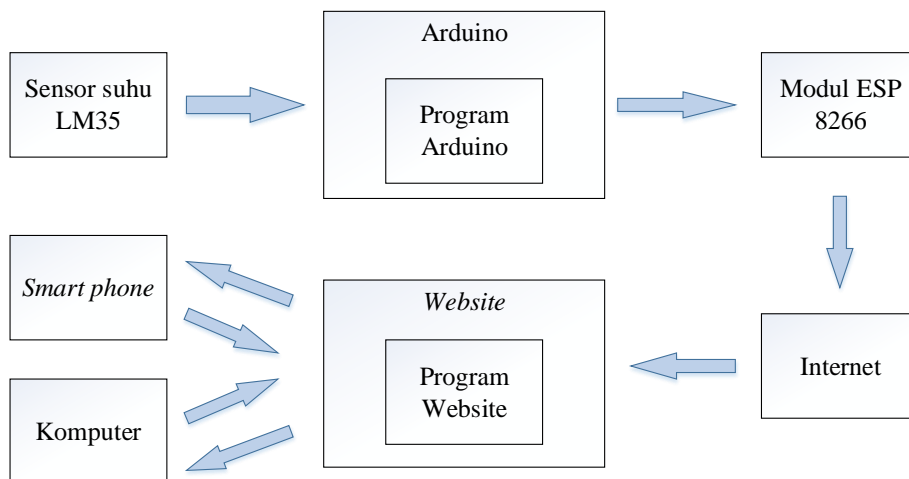
Gambar 2. IDEF0 pada level 0



Gambar 3. IDEF0 pada level 1

### 3. Rancangan Modul-modul Penyusun Sistem

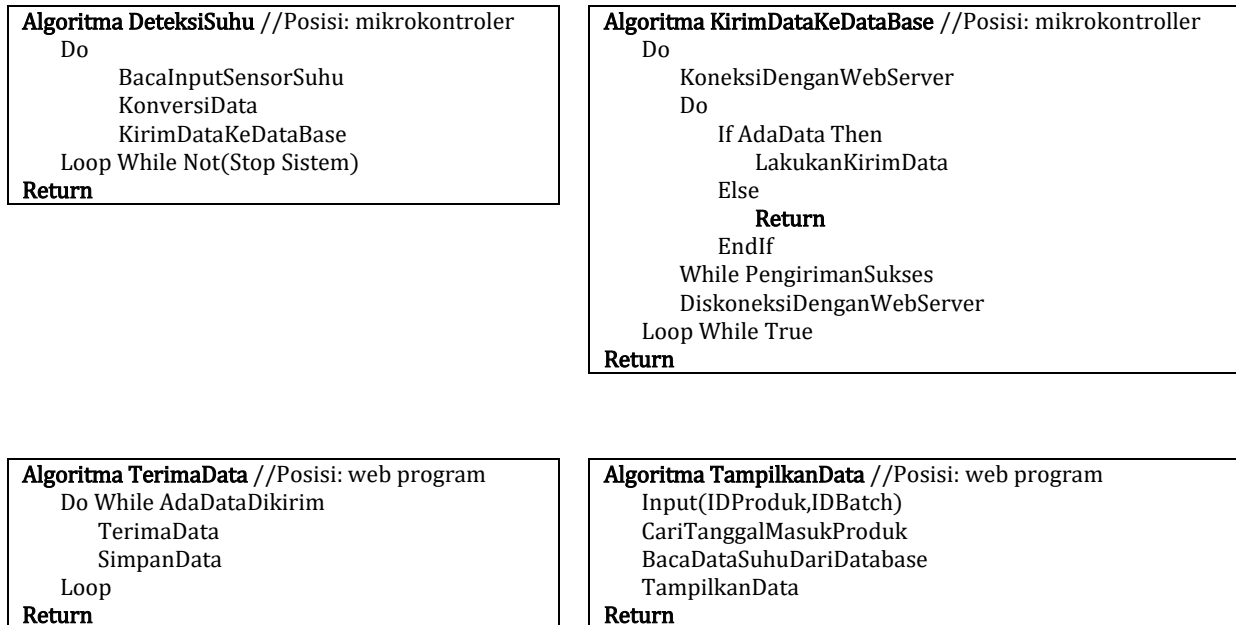
Sistem otomasi pemantauan suhu yang akan dibangun ditampilkan pada Gambar 4. Sensor suhu LM35 akan dihubungkan dengan Arduino dan akan dilakukan pemrograman agar LM35 bisa membaca temperatur. Selain LM35, Arduino juga dihubungkan dengan ESP8266 yang berfungsi untuk menghubungkan Arduino dengan internet sehingga data temperatur yang didapat oleh sensor bisa dikirim ke *website*. Selain dilakukannya pemrograman untuk Arduino dilakukan juga pemrograman untuk *website* agar dapat menerima data dari Arduino, menyimpan data, menampilkan data dan dapat diakses secara online.



Gambar 4. Modul-modul penyusun sistem

### 4. Rancangan Algoritma Program

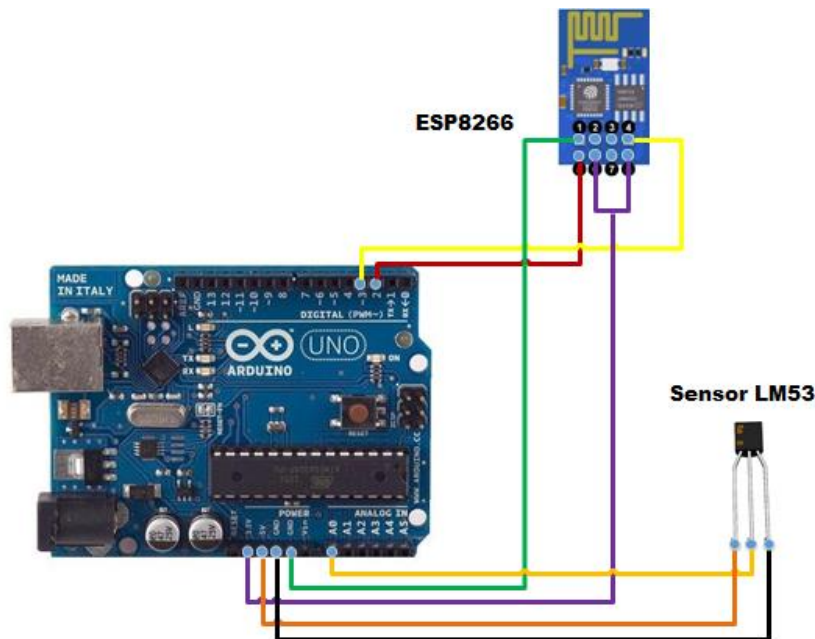
Rancangan program terdiri dari program untuk mikrokontroler dan program untuk web. Program untuk mikrokontroler terdiri dari program pendektasian suhu dan program pengiriman data. Program untuk web server terdiri dari program penerimaan data dan program penampilan data. Rancangan algoritma program dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Algoritma program

### 5. Rancangan Sistem Mekatronika

Sistem ini dibangun menggunakan sistem mikrokontroler Arduino Uno karena ketersediaannya di pasar dengan harga yang relatif terjangkau. Idealnya, untuk ukuran yang lebih kompak, dapat digunakan Arduino Nano atau Arduino Micro dengan biaya yang tidak jauh berbeda dengan Arduino Uno. Wiring diagram sistem Arduino yang dikembangkan ditampilkan dalam Gambar 6. Sensor LM53 berfungsi sebagai sensor suhu, sedangkan modul ESP8266 adalah sistem Wi-Fi mikro untuk menghubungkan Arduino dengan internet. Sebagai alternatif, ESP8266 dapat diganti dengan modul Arduino GSM Shield untuk komunikasi melalui jaringan telepon seluler.



Gambar 6. Wiring diagram sistem mekatronika pendeteksi suhu

## 6. Pengembangan Prototipe

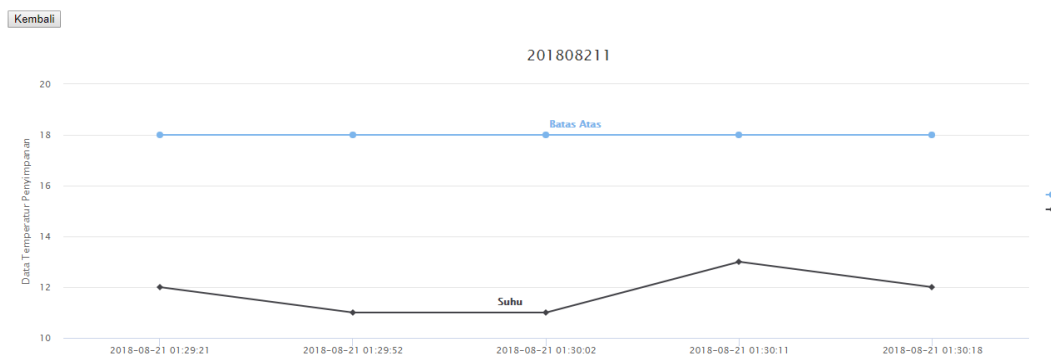
Program untuk mikrokontroler diimplementasikan melalui Arduino IDE dengan bahasa C++ untuk Arduino. Untuk program web, digunakan basis data MySQL dan pemrograman menggunakan perangkat lunak Sublime Text. Web program dapat diakses menggunakan browser standar, baik pada PC maupun pada *smartphone*. Beberapa contoh tampilan web program dapat dilihat di Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

### Data Produk

ID  Jumlah Produk

Produk Dalam Lemari Pendingin				
ID	Tanggal	Jumlah	Data	Kirim
201808081	2018-08-08 04:18:57	300	Suhu	<input type="button" value="kirim"/> Jumlah Produk Dikirim
201808082	2018-08-08 04:20:04	400	Suhu	<input type="button" value="kirim"/> Jumlah Produk Dikirim
201808083	2018-08-08 04:20:37	250	Suhu	<input type="button" value="kirim"/> Jumlah Produk Dikirim

Gambar 7. Tampilan laman penyimpanan produk

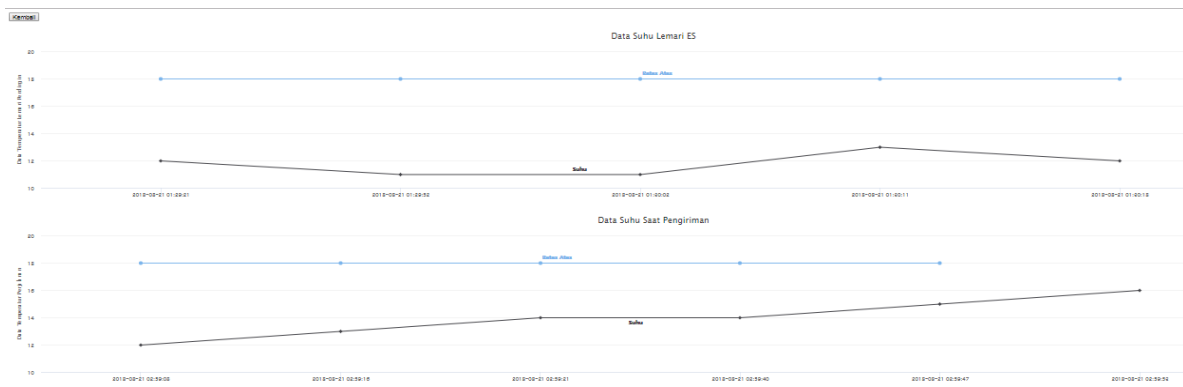


Gambar 8 Tampilan grafik suhu penyimpanan

### Barang Siap Dikirim

ID	Tanggal Masuk Barang	Tanggal Keluar Barang	Kirim Barang
201808331	2018-08-08 04:18:57	2018-08-08 04:21:56	<input type="button" value="kirim Melalui Fasilitas Perusahaan"/> <input type="button" value="Kirim Melalui Pihak Ke-3"/>
201808311	2018-08-08 04:20:37	2018-08-08 04:22:03	<input type="button" value="kirim Melalui Fasilitas Perusahaan"/> <input type="button" value="Kirim Melalui Pihak Ke-3"/>

Gambar 9 Tampilan laman pengiriman barang



Gambar 12 Tampilan laman data pemantauan suhu untuk rangkaian seluruh kegiatan

## Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan mengembangkan beberapa skenario-skenario di antaranya sebagai berikut:

- Skenario pertama adalah perusahaan mendapatkan pemesanan produk dari tiga konsumen. konsumen pertama memesan 100 produk. Konsumen kedua 150 produk dan konsumen ketiga adalah 50 produk dalam waktu bersamaan. konsumen pertama dan kedua dikirim dengan menggunakan fasilitas perusahaan sedangkan konsumen ketiga dikirim melalui pihak ketiga.
- Skenario kedua adalah ketika proses pengiriman mengalami kemacetan dan suhu melebihi batas maka akan ada peringatan yang muncul berupa suara. Selain itu tindakan untuk mencegah kenaikan temperatur tidak bisa dilakukan, sehingga perusahaan akan menyampaikan data tersebut kepada konsumen.
- Skenario ketiga dijalankan dengan menjalankan sistem pada sampel sistem nyata di perusahaan, dari mulai suatu lot selesai produksi (pengemasan), penyimpanan, sampai dengan pengiriman lot produk.

Hasil dari pengujian yang dilakukan pada skenario pertama menunjukkan bahwa sistem dapat memisahkan lot simpan (ID *batch* simpan) menjadi beberapa lot kirim (ID *batch* kirim). Pada skenario kedua menunjukkan bahwa sistem akan mengeluarkan pemberitahuan berupa suara ketika temperatur di atas batas atas. Pada pengujian ketiga percobaan dilakukan di perusahaan pada saat pengiriman sistem telah berjalan dengan baik, data suhu tercatat secara otomatis, sistem menyediakan informasi seperti jumlah produk dalam lemari pendingin, tanggal produk masuk pada lemari pendingin, tanggal produk sampai pada konsumen. Data dapat diakses secara *online* sehingga dapat mempermudah pemantauan dan penggunaannya untuk analisis kondisi kualitas produk.

## Kesimpulan

Penelitian ini telah menghasilkan sistem pemantauan suhu secara otomatis pada saat penyimpanan produk maupun pengirimannya dengan menggunakan sensor suhu yang terintegrasi dengan Arduino serta menampilkan data melalui laman web. Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan, sistem dapat melakukan pemantauan pada saat penyimpanan dan perjalanan distribusi produk dan berhasil melakukan pengiriman data suhu pada web. Data penyimpanan maupun pengiriman dapat dipisahkan sesuai dengan lot simpan dan lot kirim. Pengembangan dan pengujian yang dilakukan di sebuah perusahaan produsen minuman air kelapa segar dalam kemasan menunjukkan bahwa perusahaan dapat menggunakan sistem yang dikembangkan.

Penelitian yang disajikan dalam makalah ini masih membutuhkan beberapa penelitian lanjutan, di antaranya sebagai berikut:

- Rancangan fisik sistem yang lebih kompak dan rigid untuk penggunaan yang lebih praktis dan handal.
- Pengembangan sistem dengan menggunakan RFID.
- Pengembangan sistem dengan menggunakan teknologi berbasis *Internet of Things*, sesuai dengan perkembangan industri dalam era Revolusi Industri 4.0.
- Penelitian dalam bentuk eksperimen tentang pengaruh suhu dan lama waktu berlangsung suhu-suhu tersebut terhadap kualitas produk.
- Integrasi sistem pemantauan dengan hasil-hasil penelitian tentang pengaruh suhu dan lama waktu terhadap kualitas produk.

### **Daftar Pustaka**

- [1] Badamasi, Y.A., 2014, The working principle of an Arduino, *The 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*.
- [2] Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J., dan Villalba, J.I.R., 2018, New trends in cold-chain monitoring applications – A review, *Food Control* 86, 170-182.
- [3] Kim, S-H., dan Jang, K-J., 2002, Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR, *International Journal of Production Economics* 76 (2), 121-133.
- [4] Montanari, R., 2008, Cold chain tracking: a managerial perspective, *Trends in Food Science and Technology* 19, 425-431.
- [5] Wang, L., Kwok, S.K., dan Ip, W.H., 2010, A radio frequency identification and sensor-based system for the transportation of food, *Journal of Food Engineering* 101, 120-129.