

Pemantauan Suhu, Kelembaban dan Posisi Dari Sebuah *Cold Storage* dan *Cold Chain* Untuk Distribusi Vaksin Berbasis *IoT (Internet Of Things)*

1st Walid Ramdhani
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

walidramdhani@telkomuniversity.ac.id

2nd Asep Suhendi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

suhendi@telkomuniversity.ac.id

3rd Nurwulan
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

nurwulanf@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Cold storage adalah ruangan untuk menyimpan suatu produk yang memerlukan suhu dingin. Fungsi dari Cold storage sendiri adalah sebagai tempat penyimpanan produk, baik itu makanan maupun barang-barang tertentu yang membutuhkan suhu khusus. Pada perancangan Cold Storage, perhitungan beban pendinginan digunakan untuk menentukan kapasitas peralatan pendingin pada Cold storage. Cold chain adalah bagian dari rantai pasok (supply chain) yang bertujuan untuk menjaga suhu agar produk tetap terjaga selama proses pengumpulan, pengolahan, dan distribusi komoditas hingga ke tangan konsumen, sedangkan manajemen rantai dingin adalah seluruh aktivitas rantai pendingin yang dianalisis, diukur, dikontrol, didokumentasikan, dan divalidasi agar berjalan secara efektif dan efisien baik secara teknis dan ekonomis. Vaksin membutuhkan sistem cold chain atau rantai dingin untuk menjaga suhu penyimpanan dan distribusi sesuai yang direkomendasikan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui gambaran kesesuaian sistem cold chain vaksin dengan CDOB tahun 2012 dan Peraturan Menteri Kesehatan No. 42 Tahun 2013. Tugas Akhir ini bertujuan untuk melakukan monitoring suhu, kelembaban dan posisi dari sebuah cold storage untuk distribusi vaksin berbasis IoT. Yang nantinya vaksin akan di monitoring melalui Platform IoT secara real time.

Kata kunci— cold storage, cold chain, cold chain vaksin

I. PENDAHULUAN

Vaksin adalah suatu jenis produk biologi yang mengandung unsur antigenik berupa virus atau mikroorganisme yang mati atau dilemahkan, serta toksin dari mikroorganisme yang diolah menjadi toksin atau protein rekombinan yang telah ditambahkan zat lain. Vaksin bermanfaat untuk membangkitkan kekebalan spesifik aktif terhadap penyakit tertentu. Vaksin merupakan produk yang sensitif, masing-masing memiliki karakteristik khusus sehingga memerlukan perawatan khusus sebelum digunakan (WHO, 2015; Proverawati dan Andhini., 2010). Kualitas vaksin apa pun dipastikan jika tindakan yang tepat diambil selama pemberian rantai dingin vaksin. Pengelolaan rantai dingin vaksin yang tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku dapat menyebabkan kerusakan vaksin, sehingga kemungkinan vaksin berkurang atau hilang. Efektivitas

vaksin yang berkurang atau hilang tidak dapat lagi diperbaiki [1][2].

Potensi vaksinasi harus dipertahankan untuk mencapai manfaat yang optimal dalam program imunisasi. Vaksin dibagi menjadi vaksin yang peka terhadap panas dan cahaya serta yang peka terhadap embun beku. Vaksin memerlukan suhu yang direkomendasikan selama proses penyimpanan dan distribusi berdasarkan sensitivitas vaksin dan untuk menjaga keamanan dan kemanjuran vaksin. Vaksin memerlukan sistem penyimpanan dan distribusi yang mempertahankan suhu yang direkomendasikan untuk vaksin sejak proses pembuatan hingga penggunaan vaksin, yaitu. H. sistem rantai dingin vaksin. Indikator kualitas pengelolaan vaksin yang baik ditandai dengan tidak adanya tempat vaksinasi yang terbuka, suhu yang terjaga, vaksin tidak rusak dan tanggal kadaluarsa yang belum lewat. [1][2].

Sistem pendingin saat ini banyak digunakan dalam industri pendingin dan pendingin udara. Salah satu kegunaannya adalah untuk menyimpan berbagai perbekalan kesehatan, termasuk vaksin. Vaksin disimpan pada suhu optimal karena vaksin terdiri dari berbagai mikroorganisme yang agak aktif. Oleh karena itu, cold storage diperlukan untuk menjaga kualitas vaksin [9]. Saat menyimpan obat-obatan, terutama vaksin, mendinginkan atau menjaga suhu optimal sangat membantu menjaga aktivitas vaksin agar tidak cepat rusak.. [3]

Vaksin yang sensitif terhadap suhu merupakan isu penting dalam rantai dingin vaksin. Penggunaan cold packaging sebagai media pendingin vaksin dapat dipertanyakan efektivitasnya dalam hal penyimpanan vaksin. Masalah lainnya adalah pengawasan vaksin yang masih menggunakan cara tradisional. Kontrol manual dianggap tidak efektif. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sistem pendingin yang ramah lingkungan dan dapat memudahkan pemantauan kondisi suhu vaksin. Oleh karena itu, dibuat sistem kontrol dan monitoring untuk menjaga kualitas vaksin. Beberapa vaksin, seperti B. Sinovac, memiliki suhu 2-8 °C. Alat bekerja pada saat sensor DHT berada pada suhu 22°C. [3].

II. KAJIAN TEORI

A. Cold storage

Cold storage adalah tempat penyimpanan dimana suhu dan kelembaban produk dijaga dan dikurangi untuk menjaga kualitas produk. Di tengah merebaknya pandemi virus Covid-19, vaksin menjadi kebutuhan yang paling diinginkan. Vaksinasi membutuhkan mobilisasi sumber daya yang sangat rinci dan maksimal. Penyimpanan atau penempatan vaksin sangat penting dalam proses vaksinasi. Penempatan yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan kegagalan proses vaksinasi [6]. Penempatan vaksin membutuhkan suhu rata-rata 2–8 derajat Celcius, agar komponen bioaktif yang terkandung dalam vaksin tidak rusak akibat suhu yang tidak sesuai dengan standar penyimpanan vaksin, sehingga penempatan vaksin dilakukan sesuai dengan suhu standar yang ditentukan, maka kondisi vaksin dapat digunakan dengan baik selama proses vaksinasi. [6]

B. Cold chain

Rantai dingin atau cold chain adalah suatu sistem untuk menjaga kestabilan suhu pada proses refrigerasi. Rantai dingin untuk menjaga produk beku atau dingin pada suhu tertentu selama produksi, penyimpanan, pengangkutan, pemrosesan, dan penjualan. Rantai dingin (cold chain) adalah proses menjaga kestabilan suhu vaksin selama proses distribusi, sehingga suhu dan kelembaban vaksin dapat memenuhi standar. Vaksin merupakan produk biologi yang sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban, untuk kualitas yang baik vaksin harus disimpan pada suhu 2-8°C dan suhu tersebut harus dijaga selama penggunaan. Rantai dingin vaksin adalah suatu sistem penyimpanan dan pendistribusian vaksin dalam rentang suhu standar yang ditentukan mulai dari proses produksi hingga penggunaan vaksin. Hal ini dilakukan agar kualitas vaksin tetap terjaga sebelum digunakan agar bekerja maksimal saat menggunakan fax, sehingga vaksin dapat bekerja sebagaimana mestinya. Kemudian dibentuk sistem distribusi vaksin beserta jaringan Cold chain, dan truk berpendingin untuk distribusi vaksin. untuk van Load vaksin dilengkapi dengan freezer untuk pendistribusian vaksin, pendingin, pengangkutan vaksin dan cold pack.) Ada persyaratan khusus untuk produk rantai dingin yang harus memenuhi standar, termasuk ketentuan untuk masalah suhu selama penerimaan, penyimpanan, dan transportasi. Tautan terpenting dalam vaksinasi adalah rantai dingin. Namun vaksin memiliki potensi, jika rantai dingin tidak dikelola dengan baik maka potensi vaksin akan hilang. Protokol yang dianjurkan harus diikuti dari unit produksi hingga titik penyerahan vaksin agar rantai dingin tidak terputus. Selalu ukur suhu dua kali sehari dengan termometer untuk memastikan peralatan dan rantai dingin tidak rusak. Vaksin tidak hanya kehilangan efektivitasnya, tetapi juga menimbulkan ketidakpercayaan masyarakat terhadap program vaksinasi.

C. Sarana distribusi penyimpanan

Peralatan rantai dingin adalah bagian dari sistem manajemen rantai dingin, tanpa peralatan rantai dingin persiapan vaksin rantai dingin tidak mungkin dilakukan. Vaksinasi harus dapat menyimpan vaksin pada suhu yang direkomendasikan sepanjang tahun. Kapasitas penyimpanan bervariasi berdasarkan level. Meskipun beberapa perangkat menggunakan daya AC untuk mempertahankan suhu yang

disarankan, beberapa perangkat dapat mempertahankan suhu penyimpanan tanpa daya AC untuk jangka waktu tertentu. [5]. Ruang dingin adalah ruang vaksin dengan volume (volume) 5.000 liter (5 m³) sampai dengan 100.000 liter (100 m³). Suhu internal bervariasi antara 2 °C dan 8 °C. Vaksin BCG, Campak, DPT, TT, DT, Hepatitis B dan DPT-HB disimpan di ruangan berpendingin ini. [5]

Freezer adalah tempat penyimpanan vaksin dengan volume 5.000 liter (5 M³) hingga 100.000 liter (100 M³) dengan suhu internal -15 °C hingga -25 °C. Freezer terutama digunakan untuk menyimpan vaksin polio. [5]

D. Freezer vaksin

Freezer vaksin adalah tempat penyimpan vaksin dengan suhu 2 derajat celcius sampai dengan 8 derajat celcius [5]



Gambar 2. 1
Freezer vaccine

E. Vaccine carrier

Vaccine carrier adalah tempat untuk menyimpan vaksin saat mobilisasi vaksin sedang berjalan, didalam vaccine carrier ada ice gel yang bisa membuat suhu konstan untuk vaksin tertentu. Wadah vaksin ini adalah untuk menyimpan dan mengirim vaksin ke puskesmas atau rumah sakit saat vaksininasi.



Gambar 2. 2
Vaccine carrier

E. Cold pack

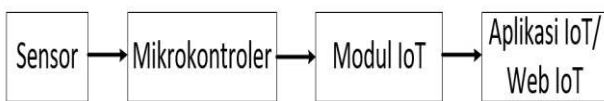
Cold pack adalah wadah plastik yang dimana didalamnya berisi air yang nantinya akan disimpan di kulkas sampai beku, dan nanti cold pack ini akan dimasukkan kedalam wadah vaksin untuk menjaga suhu di dalam wadah vaksin.



Gambar 2. 3
Cold pack

F. Internet of things

Internet of Things atau IoT adalah sebuah konsep dan/atau program dimana objek dapat mengirimkan informasi melalui Internet tanpa komputer dan perangkat manusia. Prinsip kerja perangkat IoT adalah objek di dunia nyata diberi identitas unik dan dapat diperbanyak oleh sistem komputer dan direpresentasikan sebagai informasi dalam sistem informasi. Sistem IoT bekerja dengan argumen pemrograman, di mana setiap argumen perintah menghasilkan interaksi antar mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan pada jarak berapa pun. Internet merupakan faktor penting dalam sistem IoT karena mewakili hubungan antara dua mesin yang berinteraksi.

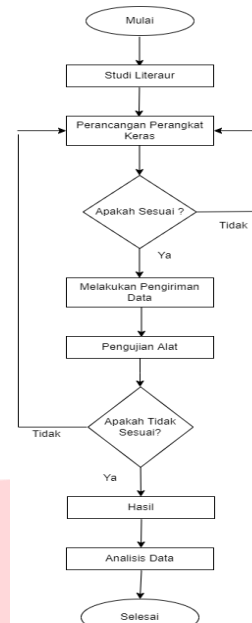


Gambar 2. 4
Internet Of things

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini, beberapa penelitian terkait dievaluasi untuk melakukan penelitian dan pengembangan. Pada penelitian ini, perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian utama yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Bagan alir penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

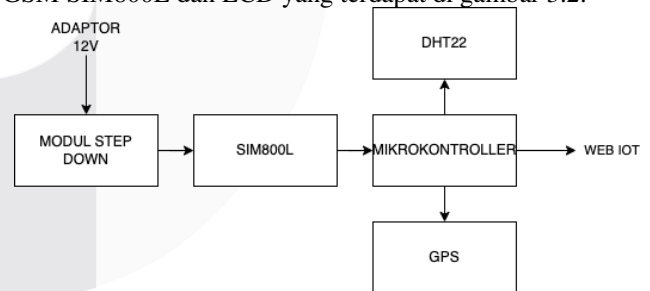


Gambar 3. 1
Diagram sistem

B. Desain sistem

Desain sistem adalah proses pembuatan dan perancangan suatu sistem yang baik dan berisi langkah-langkah sebuah sistem berjalan dari proses input dan output sebuah data dan proses pengolahan data sehingga menghasilkan sebuah sistem. Desain sistem ini akan menjadi gambaran besar dari keseluruhan sistem yang akan digunakan dan menjadi pedoman dalam pembuatan system.

Pada penelitian ini, dibuat sebuah sistem untuk melakukan monitoring suhu dan kelembaban dari sebuah posisi cold storage untuk distribusi vaksin dengan menggunakan sebuah cold box vaccine yang didalamnya terdapat komponen sensor DHT22, Mikrokontroler (Arduino ATMEGA328), GPS NEO-6M, modul Step Down Modul GSM SIM800L dan LCD yang terdapat di gambar 3.2.



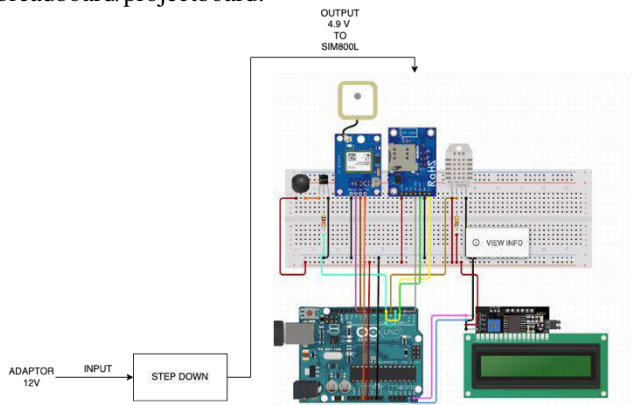
Gambar 3. 2
Desain sistem

C. Desain perangkat keras

Desain perangkat keras pada penelitian ini terdiri dari arduino dan sensor yang akan dipasang pada system monitoring vaccine. Seperti pada gambar 3.3.

Pada Gambar 3.3, merupakan desain rangkaian secara keseluruhan alat monitoring pada vaccine carrier. Dimulai dari adaptor 12 V yang menjadi sumber listrik untuk keseluruhan komponen. Adaptor 12 V memberi tegangan 12 V yang akan disambungkan ke input dari modul step down dan diatur dari step down untuk menurunkan tegangan yang diberikan dari adaptor, kemudian di outputkan tegangan 4,9 V ke modul SIM800L. Agar semua kompoonen mendapatkan

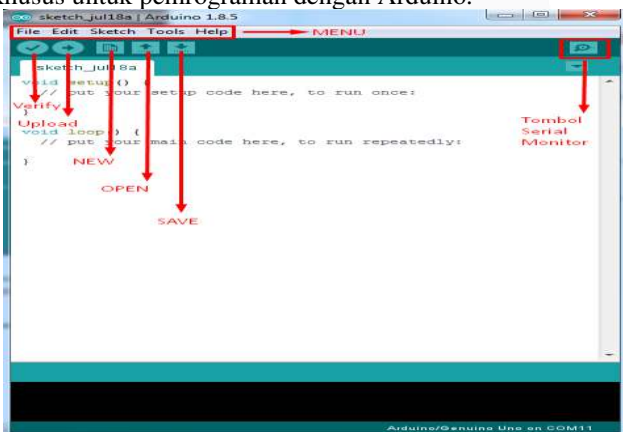
sumber tegangan, dibuatlah parallel ke breadboard/projectboard.



Gambar 3. 3
Desain perangkat keras

D. Arduino IDE

IDE itu merupakan kependekan dari Integrated Development Environment, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootlader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler Arduino dengan mikrokontroler. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut Wiring yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari software processing yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.



Gambar 3. 4
Arduino IDE

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Pengujian Sistem

Pada bab ini akan membahas mengenai sistem monitoring sensor suhu DHT-22 dan sensor GPS-Neo 6m, GSM Module yang akan terintegrasi dengan mikrokontroler arduino uno. Untuk menggabungkan komponen tersebut, dimasukan kedalam Black Box Electronic yang di simpan bersama dengan vaccine carrier. Setelah itu akan dilakukan

pengambilan data secara real time ke platform iot (Internet Of Things).

System monitoring cold storage & cold chain di realisasikan menggunakan komponen, sensor DHT-22, GSM module sim 800-L, GPS neo-6m, LCD i2c, step down module LM2596, mikrokontroler Arduino uno dan Buzzer. Tipe Sensor suhu yang digunakan yaitu DHT-22 AM2302 yang di integrasikan dengan LCD i2c untuk display suhu dan mengatur set point suhu. Dan sensor GPS neo-6m akan mengirimkan titik kordinat longitude dan latitude. Ketika set point diatur, Sensor DHT-22 akan mengirimkan sinyal ke LCD i2c Dan buzzer akan menyala apabila tidak sesuai.



Gambar 4. 1
Realisasi system monitoring

1. Kalibrasi DHT-22

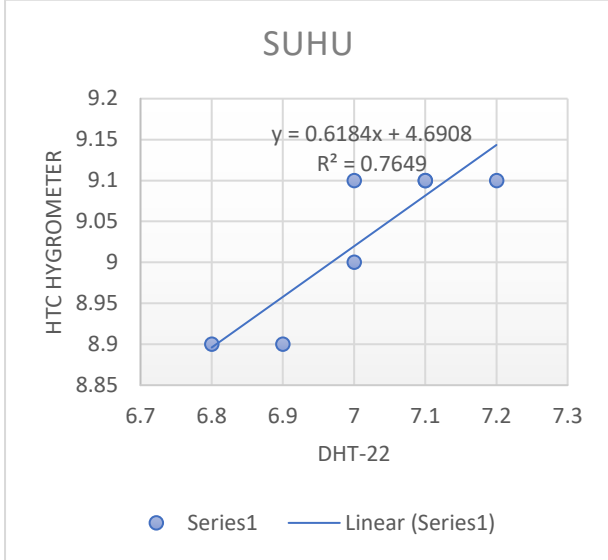
Pada penelitian ini memanfaatkan sensor DHT-22 yang akan dibandingkan dengan alat ukur Hygrometer HTC-2, dimana dari beberapa hasil penelitian sensor DHT-22 diklaim memiliki nilai akurasi hasil lebih baik. Penelitian-penelitian tersebut membandingkan nilai akurasi antar sensor. Sedangkan akan lebih baik jika ditambahkan dengan pembanding berupa alat yang standar yang memiliki sertifikat kalibrasi. Pengujian sensor DHT-22 dan Arduino yang sudah dirangkai di atas breadboard dihubungkan dengan laptop. Data suhu dan kelembaban tampil di serial monitor perangkat lunak Arduino IDE dan LCD. Komunikasi yang digunakan menggunakan komunikasi serial.



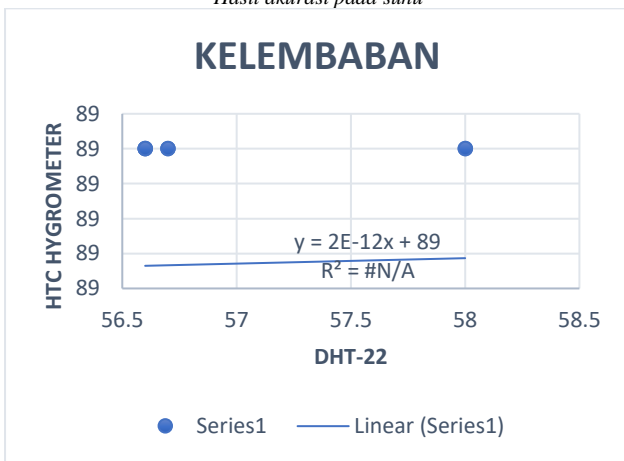
Gambar 4. 2
Kalibrasi DHT-22

a. Hasil kalibrasi suhu dan kelembaban

Untuk pengujian suhu DHT-22, Ketika sensor DHT-22 dimasukan ke wadah vaccine carrier yang di set point suhunya 2-6 derajat celcius. Ketika dikalibrasi untuk tingkat ke akurasiannya 80% dengan pembanding alat ukur suhu hygrometer HTC-2. Pada gambar 4.3, bahwa Ketika kalibrasi suhu dht22 dengan pembanding, di DHT-22 dimulai dari 6,8 derajat celcius dan di hygrometer HTC-2, 8,9 derajat celcius.



Gambar 4. 3 Hasil akurasi pada suhu



Gambar 4. 4 grafik kelembaban

Pada gambar 4.4, dijelaskan bahwa Ketika kalibrasi kelembaban dengan pembanding, di DHT-22 didapat kelembaban 56,6% dan didapatkan dari HTC hygrometer yaitu 89%.

2. Penngambilan data saat mobilisasi wadah vaksin

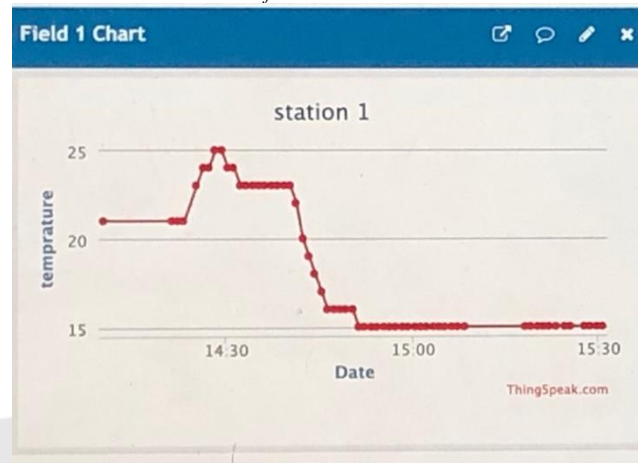
Pada pengujian akurasi alat ini digunakan modul GPS yang dirangkai dengan mikrokontroler Arduino Uno. Tujuan dari pengambilan data saat mobilisasi wadah vaksin ini adalah untuk mengetahui apakah alat ini dapat memberikan nilai kecepatan yang sesuai jika dibandingkan dengan nilai kecepatan yang aktual. Alat diletakkan pada bagasi/keranjang depan motor dan smartphone diletakkan bersampingan dengan speedometer dengan bantuan perekat.

Ketika pengambilan data saat mobilisasi wadah vaksin ini membutuhkan 2 orang untuk mendapatkan data. Pada pengambilan data saat mobilisasi wadah vaksin alat disimpan di dashboard motor, dan kemudian ada penumpang

yang akan memegang laptop untuk memastikan data suhu kelembaban dan posisi sudah terkirim ke Thingspeak. Dan kemudian data tersebut terekam dan tersimpan di thingspeak. Pada gambar 4.12, di chart 1 ada grafik suhu dan di chart 2 ada grafik kelembaban. Kemudian pada chart 3 telah terkirim titik kordinat latitude dan di chart 4 telah terkirim titik kordinat longitude. Pada table 4.1 adalah rekaman dan hasil simpan data yang terkirim dari thingspeak.



Gambar 4. 5 Grafik DHT-22 dan GPS



Gambar 4. 6 Grafik suhu di thingspeak

Percobaan pengambilan data suhu yang dikirim ke thingspeak dimulai dari 20 derajat celcius di jam 14.30 sampai dengan suhu 15 derajat celcius di jam 15.30.

3. Hasil save data dari thingspeak

Pada table 4.1 adalah hasil simpan data dari thingspeak pengambilan data saat mobilisasi wadah vaksin. Entry 260 menunjukkan titik awal borma toserba baleendah (-6.985080, 107.632975) sampai dengan titik akhir entry 279 di transmart bojongsoang (-6.977508, 107.6348. Dan ini adalah data titik kordinat yang akan di masukan kedalam google maps atau aplikasi maps lainnya.

Table 4. 1 Data save dari thingspeak

Created At	entry	T	H	long	latt
2023-02-07T16:31:11+00:00	260	2	82	-6.985080	107.632976
2023-02-07T16:31:58+00:00	261	2	82	-6.984604	107.633060
2023-02-07T16:32:34+00:00	262	2	82	-6.984604	107.633060
2023-02-07T16:33:16+00:00	263	2	82	-6.984255	107.633170
2023-02-07T16:33:40+00:00	264	2	82	-6.983825	107.633287
2023-02-07T16:33:57+00:00	265	2	82	-6.983507	107.633409
2023-02-07T16:35:10+00:00	266	2	82	-6.982940	107.633557
2023-02-07T16:35:27+00:00	267	2	82	-6.982601	107.633644
2023-02-07T16:36:04+00:00	268	2	82	-6.981974	107.633863
2023-02-07T16:36:22+00:00	269	2	82	-6.981554	107.634041
2023-02-07T16:36:40+00:00	270	2	82	-6.980871	107.634128
2023-02-07T16:37:34+00:00	271	2	82	-6.980532	107.634031
2023-02-07T16:37:50+00:00	272	2	82	-6.979865	107.634266
2023-02-07T16:38:06+00:00	273	2	82	-6.979450	107.634393
2023-02-07T16:38:31+00:00	274	2	82	-6.979065	107.634490
2023-02-07T16:39:08+00:00	275	2	82	-6.978731	107.634602
2023-02-07T16:39:29+00:00	276	2	82	-6.978352	107.634617
2023-02-07T16:40:38+00:00	277	2	82	-6.978248	107.634709
2023-02-07T16:40:55+00:00	278	2	82	-6.978248	107.634709
2023-02-07T16:42:04+00:00	279	2	82	-6.977508	107.634886

B. Hasil Analisis

Pengujian sensor suhu dilakukan menggunakan platform IoT agar memudahkan dalam pengelolaan datanya. Gambar 4.5 memperlihatkan skematis sistem pengujian yang dilakukan. Arduino UNO terhubung dengan sensor suhu dan kelembaban, DHT22. Selanjutnya, Arduino UNO mengirimkan data suhu dan kelembaban via protokol message queue telemetry transport (MQTT) ke layanan awan (cloud) ThingSpeak menggunakan jaringan internet yang disediakan oleh GSM SIM800L. Pengguna dapat mengakses data suhu dan kelembaban sensor pada platform ThingSpeak dalam bentuk grafik yang mudah dipahami.

Sebelum dilakukan uji kinerja sensor suhu, pengujian dilakukan terhadap sistem akuisisi data dengan platform ThingSpeak. Platform menyediakan dua buah field yang menampung data suhu dan kelembaban dari sensor DHT22. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan data dari sensor ke cloud ThingSpeak. Tidak ada data yang hilang selama pengujian. Untuk chart 1 menunjukkan rata-rata suhu dari 20 derajat celsius sampai dengan 15 derajat celsius. Untuk chart 2 menunjukkan kelembaban bernilai 58%.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Melakukan monitoring suhu, kelembaban dan posisi pada wadah vaksin saat pengiriman vaksin. Dapat memonitoring pembacaan nilai suhu, kelembaban dan posisi dari cold storage dan cold chain secara real time. Dapat memberikan informasi terkait sistem monitoring suhu, kelembaban dan posisi dengan adanya platform IoT untuk pemantauan secara real time.

B. Saran

Melakukan pengujian cold storage dan cold chain dengan menggunakan vaksin didalamnya. Membuat aplikasi IoT pada Mobile apps untuk proses pemantuan cold storage dan cold chain. Melakukan pengujian suhu menggunakan sensor DS18B20. Membuat aplikasi IoT dan Platform IoT

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hanson, C. M., George, A. M., Sawadogo, A., & Schreiber, B. (2017). Is freezing in the vaccine cold chain an ongoing issue ? a literature review. *Vaccine*, 35(17), 2127–2133. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.09.070>
- [2] A. N. A. Thohari and A. B. Vernandez, "Aplikasi Monitoring Kasus Coronavirus Berbasis Android," *JTET (Jurnal Tek. Elektro Ter., vol. 9, no. 1, pp. 12–17, 2020.*
- [3] Yasni, Hasanuddin. 2017. *Cold Chain System Untuk Industri Logistik Peternakan Asosiasi Rantai Pendingin Indonesia/ Indonesia Cold Chain Association*
- [4] Fajarani, R. M., Handoyo, Y., & Rahmanto, R. H. (2019). Analisis Beban Pendinginan Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Daging. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(1), 12–22.
- [5] Hanson, C. M., George, A. M., Sawadogo, A., & Schreiber, B. (2017). Is freezing in the vaccine cold chain an ongoing issue ? a literature review. *Vaccine*, 35(17), 2127–2133. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.09.070>
- [6] Masudin, I., Ramadhani, A., Restuputri, D. P., & Amallynda, I. (2021). The effect of traceability system and managerial initiative on Indonesian food cold chain performance: a Covid-19 pandemic perspective. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 22(4), 331-356.
- [7] Supiyanto, Supiyanto, Ikhwanul Qiram, and Gatut Rubiono. "Pengaruh Pelat Pengarah (Baffle) Terhadap Distribusi Temperatur Cold Storage Skala Kecil." *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article) 2.1 (2017).*
- [8] Tafrikhatin, A., & Sugiyanto, D. S. (2020). Handsanitizer Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Atmega 328 Guna Pencegahan Penularan Virus Corona. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 4(2), 127-135.
- [9] M. R. Adani, "Mengenal Apa Itu Internet of Things dan Contoh Penerapannya," *PT Sekawan Media Informatika*, 23 November 2020.
- [9] Rohmanu, Ajar, and David Widiyanto. "Sistem Sensor Jarak Aman Pada Mobil Berbasis Mikrokontroler Arduino ATMEGA328." *Jurnal Informatika SIMANTIK 3.1 (2018): 7-14.*
- [10] Tafrikhatin, A., & Sugiyanto, D. S. (2020). Handsanitizer Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Atmega 328 Guna Pencegahan Penularan Virus Corona. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 4(2), 127-135.
- [11] Michael, Dave, and Dian Gustina. "Rancang Bangun Prototype Monitoring Kapasitas Air Pada Kolam Ikan Secara Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino." *IKRA-ITH INFORMATIKA: Jurnal Komputer Dan Informatika 3.2 (2019): 59-66.*
- [12] Noviansyah, Mohammad, and Hafdiarsya Saiyar. "PERANCANGAN ALAT KONTROL RELAY LAMPU RUMAH VIA MOBILE." *Jurnal Akrib Juara 4.4 (2019): 85-97.*
- [13] Mluyati, Sri, and Sumardi Sadi. "Internet Of Things (IoT) Pada Prototipe Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis MQ-2 Dan SIM800L." *Jurnal Teknik 7.2 (2019).*
- [14] Efendi, Yoyon. "Internet of Things (IOT) sistem pengendalian lampu menggunakan Raspberry PI berbasis mobile." *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu*

Komputer Universitas Al Asyariah Mandar 4.2 (2018): 21-27.

[15] Abdullah, A., Cholish, C., & Haq, M. Z. (2021). Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Camera Tracking. CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, 5(1), 86-92.

[16] Najmurokhman, Asep, Kusnandar Kusnandar, and Amrulloh Amrulloh. "Prototipe Pengendali Suhu Dan Kelembaban Untuk Cold Storage Menggunakan Mikrokontroler Arduino Atmega328 Dan Sensor DHT11." Jurnal Teknologi 10.1 (2018): 73-82.

[17] Fatmawati, Kiki, Eka Sabna, and Yuda Irawan. "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino." RJOCS (Riau Journal of Computer Science) 6.2 (2020): 124-134.

[18] Li, Suipeng, and Dan Shen. "Wireless Music Playing Buzzer Sensor-Assisted Music Tone Adaptive Control." Journal of Sensors 2022 (2022).

[19] Al Fani, Handri, et al. "Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruangan Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer." Jurnal Media Informatika Budidarma 4.1 (2020): 144-149.

[20] Mustika, Dian Nintyasari, and Sherkia Ichtiarsi Prakasiwi. "Vaccine Cold Chain Management at Puskesmas Level in Semarang City." Jurnal Kebidanan 11.1 (2022): 89-96.