

MONITORING SUHU BERLEBIH PANEL ROOM PADA GTSU PLTU BABELAN BERBASIS IOT DAN LORA

¹*Leni Devera Asrar*, ²*Cahyono Kurniawan Hidayat*, ³*Junior Liku Sri Mahardhika*
^{1,2,3}*Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta*
leniasrar@gmail.com

Abstrak

PLTU mempunyai komponen penting yaitu *Grab Type Ship Unloader* (GTSU), dan komponen ini terletak dan menjadi bagian dari *Coal Handling System*. GTSU digunakan untuk pembongkaran batubara dari kapal tongkang yang tidak memiliki alat untuk membongkar batubara sendiri. Peralatan ini memiliki banyak komponen elektrik dan mekanik yang dikontrol oleh operator, semua perangkat elektrik dan perangkat pengontrolnya berada pada suatu ruangan yang disebut *Electrical Kiosk* (E-Kiosk). Di PLTU Babelan, ditemukan kerusakan komponen elektronik kontrol sistem yang ada di dalam E-Kiosk GTSU unit 1, dan menurut pengamatan disebabkan panas berlebih dari ruangan yang tiba tiba mengalami kelainan fungsi pendingin ruangan yang tidak terpantau oleh operator di E-Kiosk. Penelitian ini bertujuan untuk mencegah kelebihan panas pada ruangan E-Kiosk dengan cara monitoring suhu ruangan secara berkala dan penggunaan notifikasi alarm berbasis *IoT* (*Internet Of Things*) dan *LoRa* (*Long Range*). Dalam penelitian ini digunakan metode penelitian eksperimental kuantitatif, dan pengumpulan data yang digunakan observasi dan beberapa literatur, dan metode perancangan *prototype*. Sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu adalah Modul *DHT22* modul sebagai ADC, dan modul *IoT* yang digunakan *NodeMCU* serta data suhu di ruangan *E-Kiosk* dikirimkan ke *cloud* Thingier IO, sedangkan komunikasi data *peer to peer* antara *sensor node* dan *receiving node* menggunakan modul *LoRa*. Hasil pengujian alat diperoleh bahwa pembacaan suhu oleh modul sensor *DHT22* dan *thermocouple* type K didapatkan perbedaan atau deviasi pembacaan 0,331 °C. Nilai tersebut sesuai dengan Permendag no 52 tahun 2019 yaitu untuk *thermocouple* tipe K nilai standar deviasi nya adalah $\leq 0,3$ °C. Alarm pemberitahuan ke operator dock yang bertugas di *setting* pada suhu lebih besar dari 27 °C. Pada pengujian jarak pengiriman data *LoRa* metode *Line of sight* paling jauh adalah 500 meter dan masih terbaca oleh *receiving node* dengan nilai *RSSI* paling rendah -98 dBm, untuk *Non Line of sight* paling jauh terbaca pada jarak 1000 meter dengan *RSSI* paling rendah -112 dBm.

Kata Kunci : *Grab Type Ship Unloader*, *DHT22 Thermocouple* type K, *IoT*, *LoRa*, *NodeMCU*, *Thingier.IO*

1. PENDAHULUAN

PLTU Babelan merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang energi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mempunyai 2 unit boiler yang berkapasitas 2 x 144 MW. Pada pembangkit uap berbahan bakar batubara, diperlukan suatu sistem pemindah batu bara yang akan diteruskan menuju transportasi bahan bakar dari tongkang menuju ke tempat penimbunan (*stockpile*), dan dari penimbunan, batubara akan disalurkan ke *furnace boiler* untuk digunakan membangkitkan uap panas. Sistem pengangkut perpindahan batubara dari tongkang menuju transportasi batubara pada pembangkit listrik tenaga uap dinamakan GTSU (*Grab Type Ship Unloader*) (S. D. On et al, 1998) (Grundy, 2005). GTSU berfungsi untuk bongkar muat batubara dari tongkang, kapasitas bongkar adalah 800 t/h. Pada sistem GTSU terdapat ruang kontrol (*control room*) dan ruang kontrol utama atau yang disebut E-

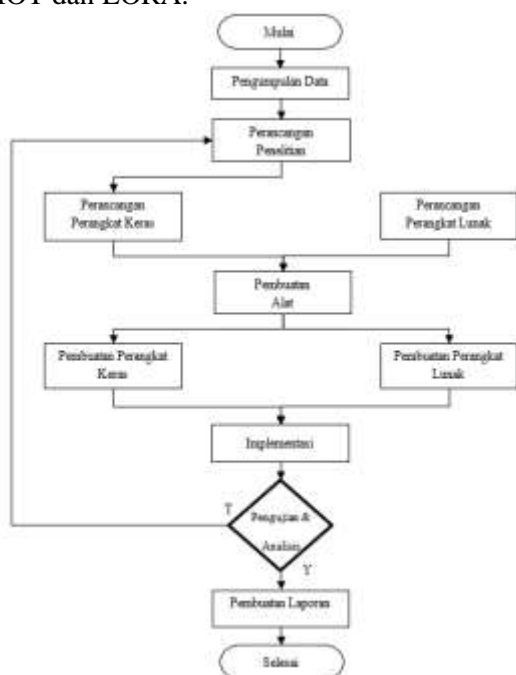
kiosk yang digunakan untuk pengendali pergerakan GTSU.

Di dalam E-kiosk terdapat komponen utama dalam pengendalian GSTU seperti inverter, PLC dan elektrikal komponen yang digunakan untuk menunjang pengendalian GTSU. E-Kiosk yang didalamnya berisikan komponen elektronik memiliki suhu ruangan 20 – 25 ° Celcius, Operator berada di dalam *dock controller* yang berada 300 - 1000 meter dari E-kiosk yang tidak memungkinkan untuk mengetahui suhu ruangan yang berada di E-Kiosk (Grundy, 2005). Data dari operator *log book* dan *Work Order* terjadi 2 kali dalam setahun GTSU 1 tidak dapat beroperasi dikarenakan kerusakan pada komponen kontrol yang ada di E-KIOSK yang menyebabkan GTSU 1 tidak beroperasi selama 1 hari (24 jam). Berdasarkan hal ini perlu dilakukan rancang bangun sistem monitoring untuk deteksi suhu berlebih pada *E-Kiosk* sehingga dapat mencegah terjadinya *downtime*.

Penelitian dilakukan di PLTU Babelan Kab. Bekasi pada GTSU 1 dengan tujuan untuk mendapatkan akurasi pembacaan suhu ruangan E-Kiosk GTSU 1 mendekati kondisi sebenarnya serta mendapat suhu ideal berapa derajat celcius (°C) alarm di ruang operator akan berbunyi dan mendapatkan jarak ideal komunikasi data yang dikirim oleh LoRa. LoRa adalah modul komunikasi radio frekuensi yang dipatenkan oleh semtech, cara kerjanya berdasarkan modulasi chirp spread spectrum (CSS) (Seneviratne & Seneviratne, 2019). Perangkat LoRa mengacu pada peraturan PERDIRJEN SDPPI No.3 tahun 2019 tentang LPWA (*low power wide area*) wajib memenuhi karakteristik utama yaitu pita frekuensi radio rentang 920-923 MHz (Rancangan Peraturan Direktur Jenderal Sumber Daya Dan Perangkat Pos Dan Informatika Nomor Tahun 2018 Tentang Persyaratan Teknis Dan/Atau Perangkat Telekomunikasi Low Power Wide Area, 2018) (Informatika, 2018).

2. METODOLOGI

Penelitian ini membuat rancang bangun sistem monitoring suhu panel room berbasis IOT dan LORA.



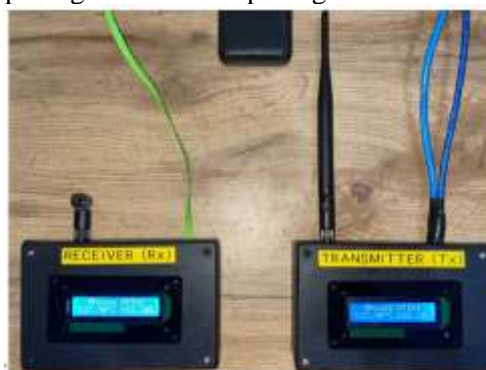
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Peralatan Sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu adalah Modul *DHT22* modul sebagai ADC (Liu, 2013), Modul *IoT* adalah *NodeMCU* data suhu di ruangan *E-*

Kiosk (Adnan & others, 2019) sedangkan komunikasi data *peer to peer* antara *sensor node* dan *receiving node* menggunakan modul *LoRa*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

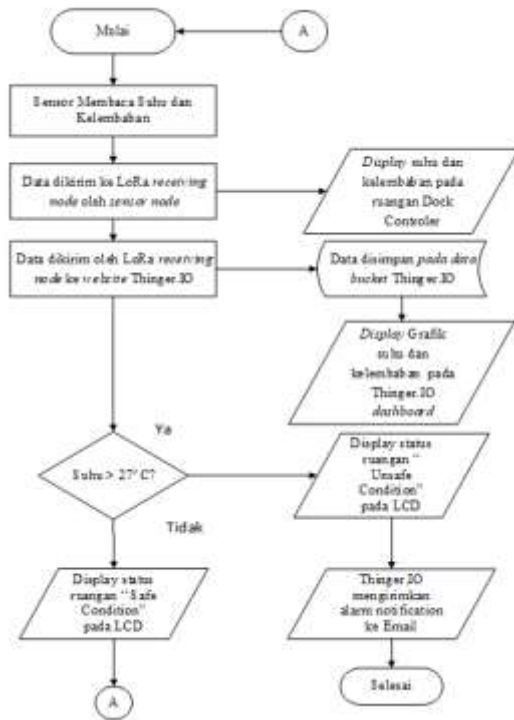
Rancang bangun pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.



Gambar 2. Prototype Rancang Bangun Monitoring Suhu E-Kiosk GTSU 1 Babelan
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Pada gambar 2 menunjukkan *receiving node* (*receiver*) dan *sensor node* (*Transmitter*) yang telah disusun dan dirangkai menjadi box dengan antenna yang dilengkapi dengan LCD 16x2 untuk menampilkan nilai dari *sensor*.

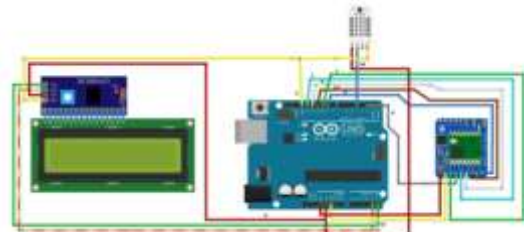
Rancang bangun monitoring suhu pada *Grab Type Ship Unloader* (GTSU) memiliki prinsip kerja secara otomatis ketika semua peralatan bekerja dengan menyalakan semua power untuk semua perangkat keras. Secara singkat alur kerja alat seperti terlihat pada Gambar 3.



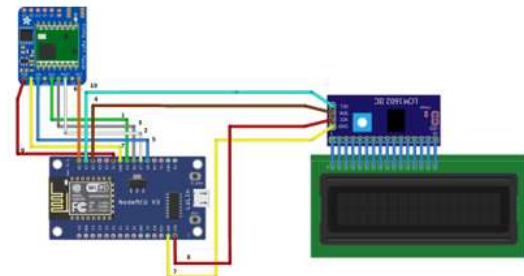
Gambar 3. Diagram Alir Prinsip Kerja Rancang Bangun Alat
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Diagram alir diatas dimulai dari sensor membaca ambient suhu dan kelembaban kemudian dikirim ke *receiving node* melalui *sensor node*, kemudian data yang diterima ditampilkan pada LCD display di *Dock Controller room*, data dari sensor juga dikirim ke *website* Thingier.IO, data tersebut disimpan di *database data bucke*, *display* sensor akan ditampilkan pada *dashboard* di Thingier.IO. Masuk menuju flowchart pilihan apakah suhu melebihi suhu standar ruangan yaitu lebih besar dari 27 °C, jika Ya maka flowchart akan melanjutkan pada proses selanjutnya yaitu *alarm* suhu di ruangan *dock controller* display LCD menampilkan "Unsafe Condition" dan notifikasi email oleh Thingier.IO terkirim ke email yang dituju dengan itu Operator akan lebih cepat untuk pengambilan tindakan yaitu membuat report kepada departemen terkait untuk proses cek dan perbaikan.

Diagram skematik yang digunakan pada penelitian yaitu LoRa *sensor node* atau *Transmitter* dan LoRa *receiving node* atau *Receiver* dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Skematik *Sensor Node*
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 5. Skematik *Receiving Node*
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 1. Konfigurasi Pin *Sensor Node*.

NO	Arduino Nano Pin	LoRa	DHT22	LCD
1	13	SCLK		
2	11	MOSI		
3	12	MISO		
4	2	DI01		
5	GND	GND	GND	GND
6	VCC	VCC	VCC	VCC
7	10	SS/ SEL		
8	9	Reset		
9	3			
10	4		DATA	
11	5			
12	7			
13	A5			SCL
14	A4			SDA

Tabel 1. Konfigurasi Pin *receiving node*

NO	NodeMCU	LoRa	I2C display
1	D5	SCLK	
2	D7	MOSI/SDI	
3	D6	MISO/SDO	
4	D2	DI00	
5	D8	NSS/Select	
6	D0	RST	
7	GND	GND	GND
8	3.3 Volt / 5volt	VCC (3,3V)	VCC (5V)
9	D3		SCL
10	D1		SDA
11	D4		

Pembuatan Perangkat Lunak

Rancang bangun sistem monitoring ini menggunakan perangkat lunak untuk *coding program* yang akan di *upload* ke *microcontroller*. Perangkat lunak tersebut adalah IDE (*Integrated Development Environment*), software ini digunakan untuk *compile program* menjadi kode *hexadecimal* dan *biner* untuk di *upload* ke *microcontroller*. Ada 2 program terpisah yang harus di *coding*, pertama *program* untuk *node sensor* yang diupload ke Arduino uno untuk mengirimkan data, *program* kedua di-*upload* ke NodeMCU sebagai penerima data dan sebagai pengirim data ke Thingier IO. Selanjutnya, *Board*, *port* komunikasi dan *baud rate* yang digunakan harus disesuaikan dengan *microcontroller* yang digunakan, untuk Arduino digunakan board Arduino nano dengan *port com* 8 *baud rate* 9600 dan untuk NodeMCU board yang digunakan NodeMCU 1.0 (ESP 12E Module), *port com* 10 dengan *baud rate* 115200. *Setting board*, *port* dan *baud rate* tersebut terdapat pada menu *Tools* pada *software* Arduino IDE.

Alat Pembantu dan Pengujian Sistem

Alat bantu pengujian yang dibutuhkan di dalam pengujian rancang bangun *prototype* ini, adapun alat bantu tersebut antara lain termometer dan higrometer digital serta stop watch timer. *Thermometer* digital digunakan untuk pengujian validasi dan reabilitas dari sensor suhu DHT22, sedangkan *stopwatch timer* digunakan untuk menghitung waktu pengambilan sampel data suhu dari sensor DHT22 dan *Thermometer* digital (*multifunction environment meter*). Untuk pengambilan data pertama yang dilakukan adalah memeriksa alat rancang bangun untuk hubungan pada rangkaian ke rangkaiannya kemudian melakukan pengujian pada alat secara keseluruhan dalam merespon input yang diterima dan mengeluarkan output yang sedemikian rupa. Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22 ini dilakukan dengan membandingkan 2 alat ukur suhu dan kelembaban, yaitu dengan *Termometer* dan *Higrometer* digital yang ada dalam satu alat bernama *multifunction environment meter* menurut buku manual petunjuk *thermometer* digital memiliki tingkat akurasi $\pm 0,2$ °C dan sensor DHT22, berdasarkan *datasheet* memiliki tingkat akurasi $\pm 0,5$ °C. Pengujian

dilakukan menggunakan termometer dan higrometer digital dengan merk Krisbow 10176832 yang telah terkalibrasi oleh PT Delta Instrumentasi sebagai acuan standar pembacaan suhu dan kelembaban. Pengujian dilakukan dengan metode membandingkan pembacaan suhu dan kelembaban DHT22 dengan Krisbow 10176832 pada suatu ruangan atau tempat yang sama dan dipaparkan oleh media panas yaitu pemanas dalam hal ini solder ataupun heater, sampel data diambil dalam waktu 2 menit rentan 10 detik untuk mengetahui kinerja sensor pada perubahan suhu yang cepat, berikut ini adalah gambar proses pengujian. Hasil pengujian dalam pengukuran suhu antara kedua pengukur, dan didapatkan hasil pengukuran menggunakan DHT22 dan Krisbow, dan secara singkat dengan waktu 0-180 detik, diperoleh 27,8-42,4 C dengan DHT22 dan 27,5-42,7 C dengan Krisbow, serta selisih nilai 0,3-0,7. Dengan Higrometer berkisar 62,0-33,4 C dengan DHT22 dan 63,7-35,4 C dengan Krisbow.

Mengacu pada alat penguji yang telah terkalibrasi dalam kurun waktu 3 bulan sekali dengan menganut pada peraturan menteri perdagangan no 52 tahun 2019 besarnya standar deviasi untuk *thermocouple* type K adalah $\leq 0,3$ °C, dan dengan tingkat akurasi dari alat yaitu Akurasi $\pm 1,5$ °C untuk suhu dan Akurasi $\pm 3,5$ % untuk kelembaban lalu dibandingkan dengan hasil percobaan yang dimana didapatkan nilai 0,51 °C untuk suhu dan 2,1% untuk kelembaban maka pembacaan dari sensor DHT22 sudah dalam akurasi dari alat yang sudah terkalibrasi, maka dapat disimpulkan untuk pembacaan dari sensor DHT22 sudah sesuai dengan standar.

Pengujian Suhu Dan Kelembaban Pada E-Kiosk Room

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan data suhu dan kelembaban pada ruangan E-Kiosk room dengan *Termometer* dan *Higrometer* digital (*multifunction environment meter*) juga menggunakan sensor DHT22 yang telah terkalibrasi sesuai standar. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan *Termometer* dan *Higrometer* digital (*multifunction environment meter*) juga menggunakan sensor DHT22 dalam suatu tempat di dalam E-Kiosk room dalam posisi berdekatan dan diambil data dalam rentan

waktu 1 jam *interval* 5 menit untuk mendapatkan data yang cukup untuk memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan keadaan aslinya. Seluruh hasil secara ringkas dapat disampaikan bahwa pada menit 0-60, diperoleh suhu 22,3-22,6 (suhu standar 22,3-22,9 dengan kesalahan 0,1-0,6%. Untuk kelembaban diperoleh 67,2-70,1 (standar 68,2-70,4%) dengan maksimum kesalahan 2,6%.



Gambar 6. Pengambilan Data Temperatur Ruang E-Kiosk
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Pengujian Pengiriman data LoRa

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja LoRa yang digunakan dalam mengirim data sensing dari sensor node ke receiving node. Pada pengujian pertama dilakukan dengan metode *line of sight* (LOS), dimana tidak ada penghalang antara sensor node ke receiving node jarak yang diujikan yaitu 100 meter, 250 meter, 500 meter. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai data yaitu suhu dan kelembaban yang dibaca oleh *receiving node* dan melihat nilai RSSI (*Received Signal Strength Indication*). Jeda waktu pengiriman data tersebut adalah 10 detik sekali. Paket data yang dikirim pada setiap jarak tersebut kemudian diambil sebanyak 3 data.



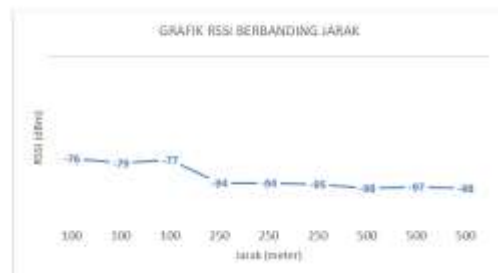
Gambar 7. Pengujian Jarak Jangkauan LoRa Pada Metode LOS (*Line OF Sight*)
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Gambar 7 menunjukkan jarak pengukuran dapat diperkirakan dengan bantuan google maps dan dapat kita lihat pada gambar bahwa tidak ada penghalang seperti gedung yang tinggi maupun tumbuh tumbuhan yang menghalangi transmisi data. Dokumentasi dari pengujian pengiriman data LoRa ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 8. Dokumentasi Pembacaan Receiver Pada Pengujian Metode LOS (*Line OF Sight*)
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Gambar 8 menunjukkan data suhu, kelembaban dan data RSSI yang diterima oleh *receiving node*, terlihat bahwa *timestamp received* paket satu dengan yang lain memiliki jarak 10 detik dan menunjukkan bahwa tidak ada delay penerimaan data, data ditampilkan dalam bentuk tabel dibawah ini. Dari gambar, terlihat bahwa jarak pengujian yaitu 100 – 500 meter, (*transmitter*) *sensor node* mengirimkan data menuju (*receiver*) *receiving node* dengan baik, dan dapat diterima baik pula.



Gambar 9. Grafik RSSI versus Jarak Pengujian Kondisi LOS (*Line OF Sight*)
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak pengujian maka semakin

menurun kualitas dari sinyal yang diterima oleh (*receiver*) *receiving node*. Pengujian kedua dilanjutkan dengan metode *non line of sight* (NLOS) dimana lokasi yang akan diuji adalah tempat yang terhalang oleh bangunan dan tumbuhan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai RSSI (*Received Signal Strength Indication*). *Interval* waktu pengiriman data tersebut adalah 10 detik sekali. Paket data yang dikirim pada setiap jarak tersebut kemudian diambil sebanyak 3 data.



Gambar 10. Dokumentasi Pengambilan Data Pada Posisi NLOS (*Non Line OF Sight*)
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Gambar 10 menunjukkan lokasi pengujian terhalang bangunan yang sangat tinggi menghalangi transmisi data, ditunjukkan data suhu, kelembaban dan data RSSI yang diterima oleh *receiver*, *timestamp received* paket satu dengan yang lain terpaut 10 detik menunjukkan tidak ada *delay* penerimaan data.



Gambar 11. Grafik RSSI versus Jarak Pengujian Kondisi NLOS (*Non Line OF Sight*)
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Dari Gambar 11 diatas dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak pengujian maka semakin menurun kualitas dari sinyal yang diterima oleh (*receiver*) *receiving node* dan pada jarak 1040 meter nilai *sensor* tidak dapat terbaca oleh *Rx* (*receiver*).

Pengujian Pengiriman Data ke Thingier.IO

Data yang telah diterima *receiver node* kemudian akan dikirimkan ke Thingier.IO sebagai data akuisisi untuk keperluan evaluasi dan analisa data, data ini juga dipergunakan oleh operator GTSU untuk memonitor tren suhu E-Kiosk *room* secara grafis. Berikut ini adalah tampilan atau dokumentasi dari pengujian pengiriman data suhu E-Kiosk *room* ke Thingier.IO. Pada gambar 4.16 terlihat bahwa *device* DHT22 (*Rx*) *receiver* terhubung dengan Thingier.IO dan terdeteksi *device* pada keadaan *online* dengan IP address 140.213.15.31. Kemudian Sensor suhu dan kelembaban pada *node sensor* disimulasikan dengan menggunakan pemanas untuk melihat tren data yang diterima oleh *receiver node* dan terhubung dengan Thingier.IO, data tersebut dapat dilihat pada *dashboard* Thingier.IO. Pada gambar 4.17 dapat dilihat bahwa pada tampilan *donut meter* suhu dan kelembaban menunjukkan perubahan setelah disimulasikan dengan pemanas dan terlihat grafik tren suhu dan kelembaban mengalami perubahan dengan interval pengecekan selama 15 menit dari pukul 14:30:00 sampai pukul 15:00:00, pada saat bersamaan pula email warning yang dikirim oleh Thingier.IO ketika suhu berada di atas 27 C° menandakan bahwa keadaan dalam ruangan E-Kiosk tidak dalam keadaan standar yaitu 22 - 27 C° email pemberitahuan tidak akan berhenti terkirim menuju email yang sudah di setting sebelumnya sampai suhu ruangan menunjukkan dibawah 27 C°. Pada gambar diatas dapat dilihat email pemberitahuan yang dikirimkan oleh Thingier.IO *bot* terus mengirimkan pemberitahuan keadaan peringatan suhu E-Kiosk GTSU 1, pemberitahuan akan berhenti ketika suhu kembali ke semula atau dibawah 27 C° atau dengan mematikan *device rx* (*receiver*). Untuk keperluan evaluasi ataupun analisa data suhu dan kelembaban dapat disimpan pada *data bucket* yang ada di dalam menu Thingier.IO yang sudah terlebih dahulu di setting interval waktu pengambilan data 1 menit sekali, data tersebut dapat di download untuk keperluan evaluasi. Pada gambar 4.19 dapat dilihat data suhu dan kelembaban dapat di export ke perangkat pribadi dengan format CSV (*comma separated value*). Data tersebut kemudian digunakan dalam evaluasi dan

analisa dan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Excel.



Gambar 12. Akuisisi Data Thinger.IO
Ditampilkan Dalam Grafik Excel
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dan telah diuraikan secara rinci dalam bagian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa dari alat monitoring suhu dapat bekerja dengan baik dengan menunjukkan pembacaan yang memiliki deviasi dengan standar (alat yang terkalibrasi) yaitu $0,331\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi alat yang digunakan sebagai standar Akurasinya $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan pembacaan kelembaban dengan deviasi $2,1\%$ dengan akurasi alat yang digunakan sebagai standar Akurasinya Akurasi $\pm 3,5\%$. Alarm pemberitahuan ke operator *GTSU* yang sedang bertugas di *setting* pada suhu $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sistem *monitoring* dengan konsep *internet of things* (IoT) yang terintegrasi dengan *website* Thinger.IO dapat menampilkan nilai suhu dan kelembaban Ruang *E-Kiosk GTSU 1 PLTU Babelan* dengan menampilkan data berupa grafik yang dapat mempermudah untuk melakukan monitoring maupun evaluasi nilai suhu dan kelembaban untuk pengambilan tindakan secara tepat dan cepat. Jarak terjauh yang dikirimkan oleh LoRa menurut hasil pengujian, pada metode LOS = 500 meter dengan RSSI terendah -98 dBm , dan pada metode NLOS =1000 meter dengan RSSI terendah -112 dBm sedangkan pada jarak 1050 meter hasil pembacaan sensor tidak terbaca.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A. R., & others. (2019). *Ancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Rumah Dengan Model Client-Server Menggunakan Nodemcu Esp-12e Berbasis Internet Of Things (IoT)*.
- Grundy, R. (2005). Recommended data center temperature \& humidity. *Retirado A*, 22.

Informatika, K. K. dan. (2018). *Rancangan Peraturan Direktur Jenderal Sumber Daya Dan Perangkat Pos Dan Informatika Nomor Tahun 2018 Tentang Persyaratan Teknis Dan/Atau Perangkat Telekomunikasi Low Power Wide Area. Indonesia* (p. 38).

Rancangan Peraturan Direktur Jenderal Sumber Daya Dan Perangkat Pos Dan Informatika Nomor Tahun 2018 Tentang Persyaratan Teknis Dan/Atau Perangkat Telekomunikasi Low Power Wide Area, Pub. L. No. Nomor 3 Tahun 2019, Republik Indonesia 38 (2018).

Liu, T. (2013). Digital-output relative humidity \& temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302). *Aosong Electronics Co., Ltd*.

S. D. On et al. (1998). *Training Manual Training Manual*.

Seneviratne, P., & Seneviratne, P. (2019). Introduction to LoRa and LoRaWAN. *Beginning LoRa Radio Networks with Arduino: Build Long Range, Low Power Wireless IoT Networks*, 1–22.