

DOI: 10.29303/jrpb.v11i1.481
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PARAMETER LINGKUNGAN
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) DI GUDANG PENYIMPANAN UNTUK
PABRIK GULA**

*Design of Environmental Parameter Monitoring System Based of Internet of Things (IoT) for
Warehouse at The Sugar Factory*

**Mareli Telaumbanua^{1,*}, Eka Yana¹, Siti Suharyatun¹, Budianto Lanya¹,
Febryan Kusuma Wisnu¹, Winda Rahmawati¹**

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jalan Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145, Indonesia

Email^{*}: marelitelaumbanua@gmail.com atau mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id

ABSTRACT

Sugar is one of the staple commodities. The production process to produce sugar in the factory consists of several stages, namely milling, refining, evaporation, crystallization, separation and sugar handling. After that, the packaged sugar is stored in a warehouse before being sent to the market. The environmental conditions of the sugar storage warehouse must comply with the standards. Environmental factors that are not suitable, can damage sugar. Several important environmental factors in storage warehouses are temperature, humidity, CO₂, and fire. The availability of portable measuring devices based on the internet of things is a form of monitoring the security of the sugar factory in the warehouse, so that the stored sugar does not agglomerate, melt and become damaged. The purpose of this research is to make a sugar factory warehouse monitoring tool using the internet of things (IoT) system. The room monitoring tool made consists of the main components Wemos D1 R2, MQ-135 sensor for CO₂ detection, DHT22 sensor for temperature and humidity detection and a fire sensor. All components are arranged in a black electronic box measuring 15 cm x 9.5 cm x 5 cm. There are 5 tools used in this study. System performance test includes, the level of stability, reliability, system response, accuracy of data transmission. the calculation of the use of electric power and the operational costs of the equipment is measured in this study. The performance test was carried out for 7 days with a distance of 50-100 meters between rooms. From the performance test results, the entire system has been working stably. The test results using Cronbach Alpha at 5% level show that tools 1 to 5 produce high reliability values. The average system response to the 5 devices is 8.28 seconds. The average accuracy of data transmission from 5 tools including temperature data is 0.00124, humidity is 0.00434, and CO₂ value is 0.00678. The performance test results show that the tool has worked well as expected.

Keywords: CO₂; humidity; IoT; system performance; temperature

ABSTRAK

Gula merupakan salah satu komoditas kebutuhan pokok. Proses produksi untuk menghasilkan gula di pabrik terdiri dari beberapa tahapan yaitu penggiingan, pemurnian, penguapan, kristalisasi, pemisahan dan penyelesaian. Setelah itu, gula yang telah dikemas, disimpan dalam

gudang sebelum di kirim ke pasar. Kondisi lingkungan gudang penyimpan gula harus sesuai dengan standar. Faktor lingkungan yang tidak sesuai, mampu merusak gula. Beberapa faktor lingkungan penting dalam gudang penyimpanan yaitu suhu, kelembaban, CO₂, dan api. Ketersediaan alat ukur portable berbasis internet of things merupakan salah satu bentuk pengawasan keamanan pabrik gula di dalam gudang, sehingga gula yang disimpan tidak menggumpal, meleleh dan menjadi rusak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat alat monitoring gudang pabrik gula menggunakan sistem internet of things (IoT). Alat monitoring ruang yang dibuat terdiri dari komponen utama Wemos D1 R2, sensor MQ-135 untuk deteksi CO₂, sensor DHT22 untuk deteksi suhu dan kelembaban dan sensor api. Semua komponen disusun di dalam kotak elektronik berwarna hitam dengan ukuran 15 cm x 9,5 cm x 5 cm. Terdapat 5 alat yang digunakan dalam penelitian ini. Uji kinerja sistem meliputi, tingkat stabilitas, Reliabilitas, respon sistem, akurasi pengiriman data. perhitungan penggunaan daya listrik dan biaya operasional alat diukur dalam penelitian ini. Uji kinerja dilakukan selama 7 hari dengan jarak antar ruang 50-100 meter. Dari hasil uji kinerja, seluruh sistem telah bekerja stabil. Hasil pengujian dengan menggunakan Cronbach Alpha taraf 5% menunjukkan alat 1 sampai 5 menghasilkan nilai reliabilitas tinggi. Rerata respon sistem ke 5 alat yaitu 8,28 detik. Rerata akurasi transmisi data dari 5 alat meliputi data suhu adalah 0,00124, kelembaban 0,00434, dan Nilai CO₂ adalah 0,00678. Hasil uji kinerja menunjukkan bahwa alat telah bekerja dengan baik sesuai harapan.

Kata kunci: CO₂; IoT; kelembaban; kinerja sistem; suhu

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gula merupakan salah satu bahan pokok yang dibutuhkan masyarakat untuk kehidupan sehari-hari. Kandungan kalori dalam gula digunakan sebagai sumber energi oleh tubuh untuk beraktivitas (Wulandari, 2022). Industri makanan dan minuman memanfaatkan gula sebagai bahan pemanis (Ismail & Budayawan, 2022). Tantangan yang dihadapi oleh industri gula yaitu pertama rendahnya kualitas dari bahan baku dan kedua rendahnya kapasitas pabrik serta efisiensi dalam penyimpanan (Dewan Gula Indonesia, 2011). Kondisi ruang penyimpanan akan mempengaruhi kualitas gula, seperti kondisi suhu dan kelembaban. Saat kondisi suhu dan kelembaban gudang penyimpanan tidak ideal, maka dapat mengakibatkan penggumpalan atau mencair (Hanafie *et al.*, 2019). Kondisi maksimal suhu gudang adalah 30 °C, nilai CO₂ adalah 400-500 ppm, dan kelembaban 67,89 %.

Fungsi gudang selain digunakan untuk penyimpanan gula yang akan diedarkan atau dijual, beberapa perusahaan gula menggunakan gudang sebagai tempat

menyimpan limbah kering dari ampas tebu. Pengolahan tebu menjadi gula menghasilkan limbah kering berupa ampas tebu. Kasus kebakaran gudang penyimpanan ampas tebu pernah terjadi pada tahun 2017 di Pabrik Perusahaan Gula PTPN X Mojokerto, karena limbah ampas tebu mengalami proses fermentasi yang menghasilkan alkohol sehingga mudah terbakar (Arivin, 2017). Berdasarkan permasalahan di atas, perlu adanya alat untuk memantau kondisi *realtime* gudang meliputi pendeteksian api, pengukuran suhu, kelembaban, dan nilai CO₂. Salah satu cara dengan menggunakan konsep *Internet of Things* (IoT) (Vadillo *et al.*, 2017). IoT adalah konsep yang dapat mengirim data tanpa menggunakan kabel (Wagya, 2019). Data hasil pembacaan dikirim *real time* secara terus menerus, sehingga diharapkan *monitoring* gudang dapat lebih efektif. Alat *monitoring* ini menggunakan WeMos D1 R2 sebagai mikrokontroler, memiliki chip ESP8266EX sehingga dapat terkoneksi dengan internet (Supegina & Setiawan, 2017). Adapun untuk sensornya yaitu modul DHT22 untuk mengukur nilai suhu dan nilai kelembaban, sensor api

(*flame sensor*) untuk mendeteksi api dan sensor MQ-135 (*air quality sensor*) untuk mengukur nilai CO₂. Penggunaan MQ-135 dan modul secara langsung tanpa tambahan rangkaian Op-Amp dapat mengukur nilai CO₂ di udara. Namun, kemampuan sensor MQ-135 ini dapat ditingkatkan untuk mendeteksi amonia dan sulfida di udara dengan tambahan penguat operasional (Op-Amp) tertentu dan *Lowpass Filter* untuk menurunkan dan menyaring *noise* pada jalur *outputnya*. Batasan dalam penelitian ini meliputi pengujian alat yang belum dapat dilakukan di dalam gudang pabrik gula secara langsung. Hal ini dikarenakan kendala izin dari perusahaan untuk menghindari dampak tingginya mobilitas peneliti saat pengujian alat. Untuk mengatasi hal tersebut, maka peneliti melakukan pengujian menggunakan jarak yang sama seperti kondisi beberapa gudang penyimpanan dengan jarak gudang penyimpanan gula, ruang operasional, dan kantor yaitu 50 – 100 meter. Sensor diletakkan pada berbagai ruangan dengan jarak 50-100 meter dan mempertimbangkan kondisi suhu agar tampak berbeda. Hal ini ditujukan karena kondisi gudang penyimpanan memiliki suhu yang berbeda di setiap titiknya, seperti di bagian gudang atas yang cenderung hangat dan bagian sudut ruangan yang cenderung lebih dingin.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah rancang bangun 5 (lima) perangkat pengukur parameter lingkungan untuk gudang pada pabrik gula. Pengujian perangkat ukur berbasis IoT meliputi, stabilitas, reliabilitas, respon sistem dan akurasi pengiriman data, dari sensor suhu, kelembaban, kondisi api dan CO₂.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop, *smartphone*, solder dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam

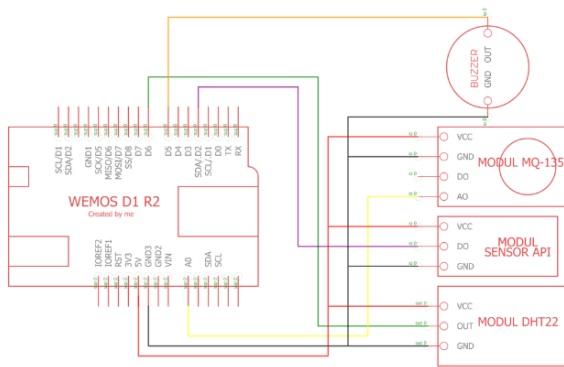
penelitian ini adalah Wemos D1 R2, kabel *jumper*, *breadboard*, sensor DHT22, sensor api, sensor MQ-135, *buzzer*, aplikasi Arduino IDE dan aplikasi Blynk.

Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini yaitu perancangan skematik sistem, perancangan kerangka alat, perakitan alat, penulisan program, uji aktivasi sensor, kalibrasi, validasi, pengujian alat, pengambilan data, lalu dilakukan analisis data. Semua komponen diletakkan dalam kotak plastik warna hitam dengan ukuran 15 cm x 9,5 cm x 5 cm. Selama 7 hari dilakukan pengambilan data pada 5 ruangan dengan jarak antar ruang 50-100 meter. Data yang diuji dan dianalisis yaitu data stabilitas alat, reliabilitas alat, respon sistem alat dan akurasi pengiriman data. Penelitian ini diharapkan dapat melakukan *monitoring* parameter pengukur lingkungan seperti nilai suhu, kelembaban dan nilai CO₂, serta deteksi kebakaran dalam suatu ruang. Alat bekerja dengan berbasis IoT terhubung melalui *hotspot* (modem) atau *wifi*. Pembacaan nilai sensor secara real time dan akan tampil di aplikasi Blynk serta menyimpan database pada Spreadsheet.

Rancangan Struktural

Proses perancangan meliputi pembuatan ruang sistem *monitoring* dan perakitan sistem. Perancangan sistem *monitoring* menggunakan kotak plastik warna hitam dengan ukuran 15 cm x 9,5 cm x 5 cm sebanyak lima kotak. Pada masing-masing kotak terpasang sistem *monitoring*, dalam kotak yang terdiri dari Wemos D1 R2 sebagai mikrokontroler, sensor DHT22, sensor api, dan sensor MQ-135. Rangkaian skematik alat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematik alat

Pengujian Alat

Setelah dilakukan perakitan, dan uji aktivasi sensor, tahap selanjutnya adalah kalibrasi dan validasi sensor. Kalibrasi dan validasi dilakukan dengan membandingkan menggunakan kalibrator. Keberhasilan kalibrasi antara rancangan sensor dengan kalibrator, dinyatakan dalam bentuk koefisien determinasi (R^2). Umumnya, nilai R^2 yang lebih dari 0,85 menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara rancangan sensor dan kalibrator. Pengujian dilakukan setelah kegiatan kalibrasi dan validasi. Pengujian meliputi pengujian stabilitas alat, reliabilitas alat, respon sistem alat dan akurasi pengiriman data. Data diambil selama tujuh hari pada ruangan dengan jarak antar ruang 50-100 meter.

Stabilitas

Stabilitas pada sistem *monitoring* adalah hal yang penting dalam pembacaan sensor karena stabilitas menunjukan pembacaan sensor yang stabil (Rahayu *et al.*, 2022). Sistem yang stabil yaitu apabila variabel kendalinya selalu berada ataupun mendekati nilai yang ditentukan sedangkan pada sistem tidak stabil dapat diakibatkan oleh kondisi tertentu, sehingga variabel kendalinya bergeser dari nilai *setpoint* (Septiani *et al.*, 2021).

Reliabilitas

Reliabilitas alat berkaitan dengan kestabilan alat dalam mengukur, sehingga alat ukur dapat diandalkan dan konsisten jika dilakukan pengukuran ulang (Suryabrata, 2004). Perhitungan uji

reliabilitas diterima, jika hasil r hitung $> r$ tabel 5% (menggunakan taraf 5%). Persamaan reliabilitas sebagai berikut (Utami, 2021):

$$R = \left[\frac{n}{n-1} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sum \sigma_t^2} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

R = Reliabilitas

n = Jumlah data

$\sum \sigma_i^2$ = Jumlah varian butir

$\sum \sigma_t^2$ = Jumlah varian total

Respon Sistem

Respon sistem menunjukkan perubahan kinerja alat dalam bentuk kurva karakteristik yang merupakan dasar untuk analisis suatu karakteristik selain dengan menggunakan persamaan matematik (Sepriyawan, 2018). Respon sistem terbagi menjadi dua, yakni respon *transient* dan *steady state*. Respon *transient* merupakan respon sistem yang digunakan untuk mengukur waktu ketika sistem baru pertama kali digunakan (pada titik 0) hingga mencapai *steady state* sedangkan respon *steady state* untuk mengukur waktu respon ketika sistem telah dalam keadaan tetap atau stabil hingga waktu yang tak terhingga (Prasetyo, 2017).

Akurasi Pengiriman Data

Akurasi pengiriman data menunjukkan persamaan atau perbedaan nilai sensor (Fitrya *et al.*, 2017). Akurasi pengiriman data dilakukan dengan memasukan nilai data yang ada pada serial monitor dengan nilai data yang ada pada google spreadsheet sehingga dapat dilihat persamaan atau perbedaan keakuratan pengiriman datanya. Perhitungan akurasi pengiriman data dapat menggunakan rumus RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE antara 0 hingga ∞ (tak terhingga) (Hodson, 2022).

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum (x-y)^2}}{n} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

x = Nilai pada aplikasi Blynk

y = Nilai pada aplikasi Spreadsheet

n = Banyaknya data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan Daya Listrik

Menurut Rianto (2020), tegangan yang dibutuhkan untuk menyalakan Wemos D1 R2 adalah 3,3 V dengan arus maksimum yang dibutuhkan 500 mA. Arus 500 mA merupakan arus maksimum untuk catu daya USB. Daya yang digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan 3 (Kurniawan, 2012).

$$P = V \times I \dots\dots\dots(3)$$

Analisis Data

Data pengukuran suhu, kelembaban dan nilai CO₂ dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Pengolahan data menggunakan Microsoft Excel sehingga diketahui nilai stabilitas, reliabilitas, kecepatan respon alat dan akurasi pengiriman data. Data reliabilitas menggunakan *Cronbach Alpha* dengan taraf 5 %. Data akurasi pengiriman data menggunakan nilai RMSE.

Hasil dari perancangan alat pemantau ruang yaitu berupa sistem pemantau yang dapat terhubung dengan internet, data pembacaan sensor ditampilkan di aplikasi Blynk dan menyimpan database pada aplikasi Spreadsheet. Alat dirakit dalam kotak plastik warna hitam yang berukuran 15 cm x 9,5 cm x 5 cm (Gambar 2). Total rancangan sistem yang dibangun sebanyak 5 unit alat. Seluruh komponen diletakkan di dalam kotak elektronik agar terlihat rapi. Alat pemantau ruang ini didesain untuk dapat menyimpan data parameter pengukur lingkungan diantaranya data suhu, kelembaban, CO₂ dan pembacaan data sensor api.

Sebelum pengambilan data aktual, terlebih dahulu dilakukan proses kalibrasi dan validasi sensor (Tabel 1). Hasil validasi dengan nilai R² di atas 0,9 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara kalibrator dengan rancangan alat ukur.

Tabel 1. Kalibrasi Rancangan Sensor Untuk Alat Ukur

No	Suhu (°C)		Kelembaban (%)		Nilai CO ₂ (ppm)		Sensor Api	
	Kalibrator (x)	Rancangan (y)	Kalibrator (x)	Rancangan (y)	Kalibrator (x)	Rancangan (y)	Kalibrator (x)	Rancangan (y)
1	24,3	24,3	94	94	413	412	Api Terdeteksi	Api Terdeteksi
2	27	26,9	92	91	537	537	Api Terdeteksi	Api Terdeteksi
3	28,2	28,2	91	91	681	681	Api Terdeteksi	Api Terdeteksi
4	32	31,8	90	90	759	758	Api Terdeteksi	Api Terdeteksi
5	36	36,1	88	88	872	872	Api Terdeteksi	Api Terdeteksi
6	46	46	85	85	924	924	Api Tidak Terdeteksi	Api Tidak Terdeteksi
7	65	65	74	74	982	982	Api Tidak Terdeteksi	Api Tidak Terdeteksi
8	79	78,8	66	67	119	118	Api Tidak Terdeteksi	Api Tidak Terdeteksi
9	86	86	57	57	137	137	Api Tidak Terdeteksi	Api Tidak Terdeteksi
Kalibrasi	y = 0,9988 dan R ² = 0,9994		y = 0,9978 dan R ² = 0,9577		y = 0,9995 dan R ² = 1		y = x dan R ² = 1	
Validasi	y = 0,9992 dan R ² = 1		y = 1,0033x dan R ² = 0,9981		y = 0,9999 dan R ² = 1		y = x dan R ² = 1	

Setelah alat terhubung dengan internet alat dapat di *monitoring* secara *real time* kapanpun dan dimanapun, selanjutnya data pembacaan sensor ditampilkan melalui aplikasi Blynk dan akan disimpan pada database yaitu aplikasi Spreadsheet.



Gambar 1. Hasil rancangan alat (1) Sensor MQ-135, (2) Sensor Api dan (3) Sensor DHT22 (4) Rancang bangun 5 unit alat ukur

Pengaturan Tampilan Blynk

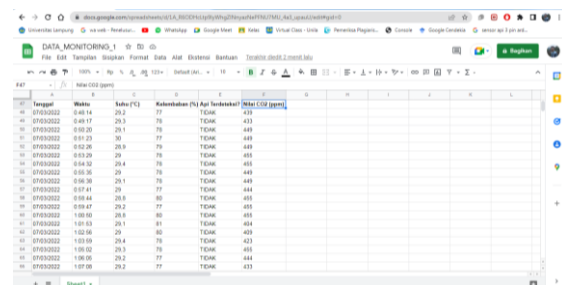
Aplikasi Blynk merupakan aplikasi gratis yang dapat diunduh di Google Play Store atau di App Store. Aplikasi Blynk dipilih untuk menjadi *interface* pertama sebelum akhirnya data disimpan ke Spreadsheet. Keunggulan dari Blynk adalah dapat dipakai untuk *monitoring* dan mudah dalam pengoperasian (Pareek *et al.*, 2017). Blynk dapat dipakai untuk berbagai proyek *Internet of Things* (IoT) dan mendukung berbagai macam *hardware* IoT seperti Wemos D1 R2, Nodemcu Esp8266, Nodemcu Esp32 dan *hardware* IoT lainnya (Gambar 3).



Gambar 3. Desain Tampilan Blynk

Pengaturan Tampilan Spreadsheet

Spreadsheet merupakan aplikasi web sekaligus fitur tambahan dari Google, data spreadsheet akan di simpan di akun Google Drive pengguna (Perdana *et al.*, 2022). Spreadsheet juga berfungsi mengolah data yang dapat diakses secara online (Mabruri, 2022). Pada penelitian ini spreadsheet berfungsi sebagai database untuk pembacaan seluruh sensor, data yang masuk ke dalam lembar kerja akan masuk dan tersusun rapi sesuai baris yang ditentukan dan kolom yang telah diperbaiki pada ekstensi program bawaan Spreadsheet (Gambar 4).



Gambar 4. Tampilan Spreadsheet

Penggunaan Daya Listrik

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 3 maka hasil yang didapatkan penggunaan daya selama satu jam adalah 0,00165 kWh. Jika

menggunakan daya listrik 900 VA dengan tarif Rp 1.362 per kWh, maka biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan 1 alat selama 7 hari atau 168 jam adalah :

Biaya = kWh x Waktu dalam jam x Tarif
 Biaya = 0,00165 kWh x 168 jam x Rp 1.352
 Biaya = 374,7744 Rupiah
 Biaya = 375 Rupiah / 7 hari / 1 alat
 Jadi, biaya yang harus dikeluarkan untuk 1 alat selama 7 hari adalah Rp 375. Jika 5 alat dipasang selama 7 hari akan menghabiskan biaya Rp 1.875.

Penggunaan Kuota Blynk

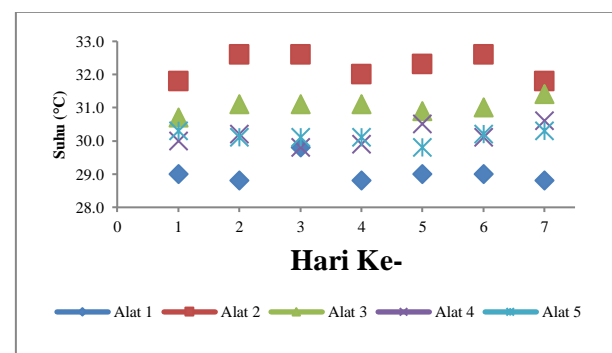
Hasil rerata penggunaan kuota untuk membuka aplikasi Blynk adalah 15,16 KB dan jika dirupiahkan berdasarkan *provider* Indosat yaitu hanya Rp 0,0361. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kesimpulan bahwa semakin lama aplikasi dijalankan atau dibuka maka pemakaian kuota akan semakin besar. Sesuai pernyataan Ardyanto (2020) menjelaskan bahwa banyaknya kuota terpakai sama dengan lama waktu menggunakan aplikasi tersebut.

Pengujian Stabilitas

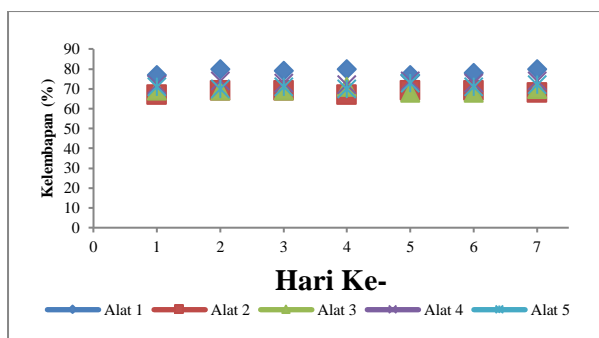
Gambar 5, 6 dan 7 adalah tampilan grafik stabilitas pembacaan sensor suhu, kelembaban dan nilai CO₂. Hasil nilai pembacaan suhu pada ruang 1 sampai dengan 5 ditunjukkan pada Gambar 5, pembacaan sensor stabil pada suhu kamar 28 sampai dengan 33 °C. Hasil pembacaan pada alat 1 hingga 5 berbeda, karena lokasi peletakan alat dan pengamatan juga berbeda. Jarak masing-masing alat diletakkan pada kisaran 50-100 meter, dengan berbagai variasi suhu. Hal ini didesain agar dapat merepresentasikan ketidakhomogenan suhu pada kondisi langsung di gudang pabrik gula. Umumnya, suhu udara di atas gudang lebih hangat dibandingkan suhu di sekitar lantai gudang.

Untuk pembacaan kelembaban lingkungan, ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 5 dan 6, kelembaban udara dipengaruhi oleh suhu dalam ruangan. Hal ini sesuai dengan pernyataan

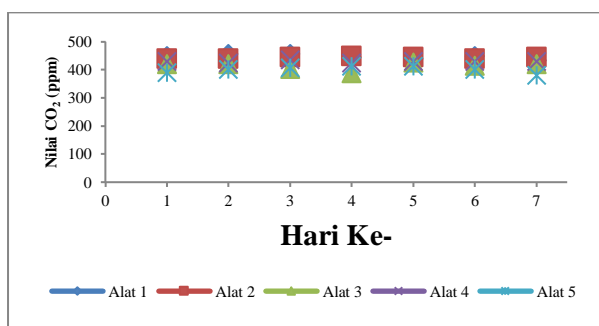
Kanginan (2000) bahwa kelembaban udara dipengaruhi oleh suhu udara dan hasilnya akan berbanding terbalik dengan perubahan kelembaban udara, sehingga apabila udara panas maka kelembaban akan menurun begitu juga sebaliknya. Selanjutnya untuk pembacaan stabilitas nilai CO₂ ditunjukkan oleh Gambar 7, grafik nilai CO₂ mengalami kenaikan dan penurunan namun masih stabil, kenaikan dan penurunan nilai CO₂ dalam ruangan dipengaruhi oleh ruangan yang berada di pinggir jalan sehingga menyebabkan gas emisi pembakaran fosil mudah masuk dalam ruangan. Namun, untuk kesehatan nilai CO₂ masih baik sebagaimana dijelaskan oleh (Arjani, 2011), standar batas konsentrasi CO₂ di dalam ruang tidak melewati 1.000 ppm. Jika kadar CO₂ melebihi batas 1.000 ppm akan memberikan indikasi jumlah udara segar yang masuk melalui sistem ventilasi tidak mencukupi. Selama pengambilan data, sensor api (*flame sensor*) tidak mendeteksi api atau sumber panas yang berada di sekitarnya. Berdasarkan perhitungan, sensor api telah bekerja stabil dalam meneruskan informasi “api tidak terdeteksi” pada form Blynk. Uji stabilitas hanya dapat dilakukan dari sensor api, karena tidak terdapat keragaman data pengukuran selama 7 hari.



Gambar 5. Grafik stabilitas pembacaan suhu



Gambar 6. Grafik stabilitas pembacaan kelembaban



Gambar 7. Grafik stabilitas pembacaan nilai CO₂

Pengujian Reliabilitas

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan nilai R hitung lebih besar daripada nilai nilai R tabel sehingga dapat dinyatakan pembacaan sensor alat 1 sampai dengan 5 data valid. Menurut pernyataan Arikunto (2020), menjelaskan bahwa jika nilai R hitung lebih besar daripada nilai R tabel maka terdapat korelasi antar variabel. Selain itu, dengan menggunakan *Cronbach Alpha* maka didapat nilai sebesar 0,9992 dibandingkan nilai koefisien r sebesar 0,8 maka alat 1 sampai dengan 5 reliabilitas sangat tinggi. Reliabilitas dalam instrumen menunjukkan hasil pengukuran yang reliabel dalam artian dapat dipercaya (Budiastuti & Bandur, 2018).

Tabel 2. Reliabilitas alat

Alat	Nilai R Hitung			Nilai R Tabel (5%)	Ket
	Suhu Kelembaban Nilai CO ₂				
	Suhu	Kelembaban	Nilai CO ₂		
1	0,9936	1	0,7821	0,1273	Valid
2	0,9996	1	0,7918	0,1273	Valid
3	0,9996	1	0,8088	0,1273	Valid
4	0,9996	1	0,7998	0,1273	Valid
5	0,9996	1	0,8205	0,1273	Valid

Alat	Nilai R Hitung			Nilai R Tabel (5%)	Ket
	Suhu Kelembaban Nilai CO ₂				
	Suhu	Kelembaban	Nilai CO ₂		
Cronbach Alpha	0,9992	1	1	-	-
Nilai Koefisien r	0,8	0,8	0,8	-	-

Respon Sistem

Pada Tabel 3 menunjukkan kecepatan respon sistem dari pertama kali alat dihidupkan sampai terkoneksi ke internet. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap alat. Waktu yang dibutuhkan alat dari pertama kali alat dihidupkan sampai terkoneksi ke internet yaitu 5,92 detik.

Tabel 3. Kecepatan respon dari pertama kali alat dihidupkan sampai terhubung ke internet.

Uji	Alat				
	1	2	3	4	5
detik.....				
1	6	5	5	6	6
2	6	7	6	5	6
3	6	8	6	6	6
4	6	5	7	6	5
5	5	6	5	7	6
Rata-rata	5,8	6,2	5,8	6,0	5,8

Hasil pengujian 5 alat sebanyak masing-masing 5 kali uji menunjukkan bahwa kecepatan tertinggi alat mengirimkan 1 data yaitu 2 detik dengan waktu terlama adalah 3 detik. Namun apabila dirata-ratakan secara keseluruhan kecepatan respon sistem dari terhubung internet sampai mengirimkan data yaitu 2,36 detik (Tabel 4).

Tabel 4. Kecepatan respon sistem dari terhubung internet sampai mengirimkan data

Uji	Alat				
	1	2	3	4	5
detik.....				
1	2	2	3	3	2
2	3	3	2	2	2
3	2	3	2	2	3
4	2	2	2	2	2
5	3	2	3	2	3
Rata-rata	2,4	2,4	2,4	2,2	2,4

Akurasi Pengiriman

Akurasi pengiriman data dari lima alat, telah ditunjukkan pada Tabel 5. Pengujian dilakukan sebanyak 18 kali didapatkan nilai RMSE dari alat 1 yaitu nilai suhu 0,0062, kelembaban 0, dan CO₂ sebesar 0,009259. RMSE dari alat 2 yaitu nilai suhu 0, kelembaban 0, dan CO₂ sebesar 0,009259. RMSE dari alat 3 yaitu nilai suhu 0, kelembaban 0,0062, dan CO₂ sebesar 0,009259. RMSE dari alat 4 yaitu nilai suhu sebesar 0, kelembaban 0,0093, dan CO₂ sebesar 0,003086. Selanjutnya, RMSE dari alat 5 yaitu nilai suhu 0, kelembaban 0,0062, dan CO₂ sebesar 0,003086. Berdasarkan hasil perhitungan nilai RMSE pembacaan suhu, kelembaban dan nilai CO₂ pada kelima alat sangat kecil. Menurut Hodson (2022), semakin kecil nilai RMSE (mendekati nol) maka semakin akurat suatu nilai.

Tabel 5. Akurasi pengiriman data

Alat	Rata-rata error			RMSE		
	Suhu	Kelembaban	CO ₂	Suhu	Kelembaban	CO ₂
1	0,011	0	-0,1667	0,0062	0	0,009259
2	0	0	-0,1667	0	0	0,009259
3	0	-0,1111	-0,1667	0	0,0062	0,009259
4	0	-0,1667	-0,0556	0	0,0093	0,003086
5	0	-0,1111	-0,0556	0	0,0062	0,003086

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Terdapat 5 alat dari hasil rancang bangun pengukur parameter lingkungan untuk gudang pabrik gula. Alat *monitoring* ini memiliki komponen sensor MQ-135, sensor DHT22 dan sensor api. Masing-masing alat disusun dalam ruangan pada lima lokasi yang berbeda dengan jarak 50-100 meter. Data hasil pengamatan ditampilkan oleh *interface* Blynk dan disimpan ke database yaitu aplikasi Spreadsheet. Biaya operasional listrik dari penggunaan dari 5 alat yang telah diuji selama 7 hari, menghabiskan biaya Rp

1.875. Rerata penggunaan data internet untuk membuka aplikasi Blynk adalah 15,16 KB. Hasil uji kinerja dari seluruh sistem yang telah dirancang, telah bekerja stabil selama 7 hari pengamatan. Hasil pengujian dengan menggunakan Cronbach Alpha taraf 5% menunjukkan alat 1 sampai 5 menghasilkan nilai reliabilitas tinggi. Uji respon sistem alat 1 sampai dengan 5 dari pertama alat dihidupkan sampai terkoneksi ke internet mendapatkan rata-rata kecepatan 5,92 detik. Waktu yang diperlukan dari terkoneksi ke internet sampai mengirimkan data ke aplikasi Blynk membutuhkan 2,36 detik, sehingga waktu respon total yaitu 8,28 detik. Rerata akurasi transmisi data dari 5 alat meliputi data suhu adalah 0,00124, kelembaban 0,00434 dan Nilai CO₂ adalah 0,00678. Hasil pengukuran dan uji kinerja menunjukkan bahwa alat monitoring gudang untuk pabrik gula telah bekerja dengan baik dan memiliki biaya operasional yang terjangkau kategori industri.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu adanya penggunaan aplikasi lain sebagai pembanding terhadap penggunaan Blynk. Selain itu, diperlukan penelitian yang melibatkan penggunaan aktuator suhu dan *exhaust*, untuk menjaga gudang penyimpanan gula.

DAFTAR REFERENSI

- Ardyanto, F. (2020). *5 Penyebab Boros Kuota Internet, Ketahui Triknya Agar Hemat*. Diakses dari <https://hot.liputan6.com/read/4321773/5-penyebab-boros-kuota-internet-ketahui-triknya-agar-hemat>.
- Arikunto, S. (2020). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Arivin, Z. (2017, Agustus). *Kebakaran di Pabrik Gula PTPN X Diduga Kuat Akibat Fermentasi dan Cuaca*: Okezone News. Diakses dari <https://news.okezone.com/read/2017/08/28/519/1764655/kebakaran-di-pabrik-gula-ptpn-x-diduga-kuat-akibat-fermentasi-dan-cuaca>
- Arjani, I. A. M. S. (2011). Kualitas Udara Dalam Ruang Kerja. *Skala Husada*, 8(2), 178–183.
- Budiastuti, D., & Bandur, A. (2018). *Validitas dan Reliabilitas Penelitian*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Dewan Gula Indonesia. (2011). *Konsumsi Produksi dan Pemenuhan Gula dalam Negeri Indonesia Tahun 1990-2009*. Jakarta: DGI.
- Fitrya, N., Ginting, D., Retnawaty, S. F., Febriani, N., Fitri, Y., & Wirman, S. P. (2017). Pentingnya Akurasi Dan Presisi Alat Ukur Dalam Rumah Tangga. *Jurnal Pengabdian Untuk Mu NegeRI*, 1(2), 60-63. <https://doi.org/10.37859/jpumri.v1i2.237>
- Hanafie, A., Idrus, I., Achmad, W., & Al Qadri, W. (2021). Pengaruh Flokulasi Melalui Penambahan Asam Fosfat (H_3PO_4) Terhadap Kualitas Gula Rafinasi di PT. Makassar Tene. *Journal Industrial Engineering & Management (JUST-ME)*, 2(1), 31-38. <https://doi.org/10.47398/justme.v2i01.15>
- Hodson, T. O. (2022). Root-Mean-Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE): When to Use Them or Not. *Geoscientific Model Development*, 15(14), 5481-5487. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-5481-2022>
- Ismail, I., & Budayawan, K. (2022). Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Larutan Gula Menggunakan Radiasi Gelombang Mikro. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, 10(1), 20-27. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v10i1.116436>
- Kanginan, M. (2000). *Fisika 2000 Untuk SMU Kelas 2*. Jakarta: Erlangga.
- Kurniawan, F. (2012). Wattmeter Digital Berbasis Mikrokontroler. *Teknoin*, 18(1), 13-25.
- Mabruri, M. I. (2022). Simulasi Rasio dan Proporsi Menggunakan Google Spreadsheet. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 6(1), 347-368. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v6i1.643>
- Pareek, T. G., Padaki, R., Iyer, A., & Priya, G. (2017). App Based Device Controlling System. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5), 2121–2125. <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v8i5.4058>
- Perdana, F., Ardhiansyah, M., Nugraha, A. Y., Apsah, A., Rasdiyana, R., Dara, F. P., & Perdana, N. P. (2022). Pemanfaatan Aplikasi Smartphone Google Spreadsheet dan Google Drive sebagai Pengolahan Data dan Media Penyimpanan. *Jatimika: Jurnal Kreativitas Mahasiswa Informatika*, 2(1).
- Prasetyo, B. D. (2017). *Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis pH Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Rahayu, R. N., Purnamasary, I., & Nugraha, A. S. (2022). Pengembangan Indikator Bromofenol Biru dan Metil Merah pada Label Pintar sebagai Sensor Kematangan Buah Tomat. *Pustaka Kesehatan*, 10(1), 46-51. <https://doi.org/10.19184/pk.v10i1.18817>
- Rianto, Y. (2020). *Mendekteksi Gerakan Kamera Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis IoT*. Penelitian Dosen Universitas Gunadarma, 1–28.
- Sepriyawan, A. (2018). *Perancangan dan Analisis Pengaruh Sistem Kendali Fuzzy Logic Terhadap Penggunaan Daya pada Sistem Robot Mobil Line Follower*. Skripsi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Septiani, N. A., Ravy, J. U., & Wardhana, A. S. (2021). *Analisis Stabilitas Sistem Pengendalian Level Pada Fine Liquor Evaporator dengan Metode Root Locus dan Nyquist di PT. XYZ Blora*. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral* (Vol. 1, No. 1, pp. 47-59).
- Supegina, F & Setiawan, E. J. (2017). Rancang Bangun IoT Temperature Controller Untuk Enclosure BTS Berbasis Microcontroller Wemos dan Android. *Jurnal Teknologi Elektro*, Universitas Mercu Buana, 8(2), 145–150. <http://dx.doi.org/10.22441/jte.v8i2.1611>
- Suryabrata, Sumadi. (2004). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada Stoner.
- Utami, Y. (2021). *Hubungan Antara Kecerdasan Emosional Dengan Hasil Belajar Materi Persamaan Garis Lurus Pada Pembelajaran Daring Matematika Siswa Kelas VIII di Sekolah Menengah Pertama Negeri 04 Kotabumi Tahun Ajaran 2020/202*. Disertasi. Universitas Muhammadiyah Kotabumi.
- Vadillo, L., Martín-Ruiz, M. L., Pau, I., Conde, R., & Valero, M. Á. (2017). A Smart Telecare System at Digital Home: Perceived Usefulness, Satisfaction, and Expectations for Healthcare Professionals. *Journal of Sensors*, 2017, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2017/8972350>
- Wagyana, A., Zulhelman, & Rahmat. (2019). Development of Multi-Sensor Smart Power Outlet to Optimize Building Electrical Automation System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1364(1),012033. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012033>
- Wulandari, R. (2022). *Manfaat dan Khasiat Teh, Kopi, Susu dan Gula untuk Kesehatan dan Kecantikan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.