Rancang Bangun Stasiun Pemantau Cuaca Berbasis Internet of Things (IoT)

Marzuarman[1], Stephan[2], Muhammad Afridon[3], Nirwan Budianto[4], Doni Mirza Rinaldi[5], Bagas Prasetyo[6]
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis
marzuarman@polbeng.ac.id[1], stephan@polbeng.ac.id[2], afridon@polbeng.ac.id[3], donimirza877@gmail.com[5], Bagas7tyo@gmail.com[6]

Abstract

Weather information is important for humans. The high rainfall in Bengkalis Island must be predicted to prevent extreme weather phenomena such as storms, heavy rain and snow that can cause disasters. This affects the fields of education and transportation, because many students and employees are late or even get rained on on the road and also affect the safety of ship transportation on Bengkalis Island. So a system was created for real-time weather monitoring by utilizing the Internet of Things. This system consists of an Arduino Mega controller and 7 weather parameter measuring sensors (temperature, humidity, atmospheric pressure, light intensity, wind speed, wind direction, and rainfall. And this system is equipped with a SIM800L GPRS module to connect data to the Firebase real-time server to be displayed on the Android application. Based on the test results, the DHT-22 sensor produced an average error of 1.18% in temperature testing and 0.42% in humidity testing. Testing the wind speed sensor produced an average error of 4.11%. Testing the BH1750 sensor produced an average error of 3.58%, and for testing the BMP280 sensor produced an average error of 0.035%. For testing the wind direction sensor, each direction gets an angle of 44°, except for the north direction which gets an angle of 45° and the northeast direction which gets an angle of 43°. While the rainfall sensor gets an average rainfall value of 1,580 mm on each sensor tip. This research has succeeded in developing a weather monitoring system in real time at the Bengkalis State Polytechnic Campus. This system is able to facilitate users to monitor the weather at the Polbeng campus and Bengkalis Island anytime and anywhere just by using an android smartphone.

Keywords : weather station, internet of things (IOT), Bengkalis State Polytechnic

1. PENDAHULUAN

Informasi cuaca merupakan hal yang penting bagi manusia karena cuaca merupakan faktor alam yang tidak bisa dihindari juga memberi dampak negatif sekaligus positif tergantung dari cara pemanfaatan cuaca maupun pengaruh cuaca terhadap aspek pekerjaan ataupun kegiatan yang dilakukan[1][2][3]. Kegiatan tersebut seperti penggunaan sinar matahari pada industri ikan asin, vanila, tembakau, kerupuk dan sebagainya. Pada bidang pertanian seperti tanaman padi, hortikultura, khususnya sayur-sayuran dalam proses penanamannya sangat dipengaruhi iklim dan cuaca. Iklim dan cuaca yang bagus akan membuat tanaman seperti tanaman padi, hortikultura, dan sayur-sayuran tumbuh dengan subur[4]. Sebaliknya iklim dan cuaca yang tidak menentu akan membuat tanaman padi, hortikultura, dan sayur-sayuran tidak tumbuh dengan baik yang mengakibatkan gagal panen dan kerugian pada petani[5][6][7].

Menurut data DISKOMINFOTIK Kabupaten Bengkalis, tingginya curah hujan di Kabupaten Bengkalis mencapai 1734 mm/tahun. Tingginya curah hujan di pulau Bengkalis harus diprediksi untuk mencegah fenomena cuaca ekstream seperti badai, hujan deras dan salju yang dapat menyebabkan bencana, karena cuaca merupakan kondisi udara yang

berlangsung dalam jangka waktu singkat sehingga proses peramalan cuaca harus dilakukan secepat dan seakurat mungkin[8]. Selain itu padatnya lalu lintas kapal di Pulau bengkalis khususnya di perairan Selat Malaka sangat membutuhkan informasi cuaca untuk memastikan keselamatan perjalanan kapal[9][10]. Cuaca juga berpengaruh pada bidang pendidikan, seperti aktivitas sekolah dan kuliah bagi siswa, mahasiswa, guru dan dosen. Salah satunya pada aktivtitas kuliah dikampus Politeknik Negeri Bengkalis. Pada saat kondisi hujan, aktivitas belajar menjadi terhambat karena banyaknya mahasiswa dan karyawan terlambat atau bahkan kehujanan dijalan. Banyak juga mahasiswa dan dosen yang membatalkan untuk mengikuti perkuliahan akibat basah terkena hujan dan lumpur[6]. Hal ini akan bisa dihindari dengan memanfaatkan pemantauan cuaca secara real time agar mahasiswa, dosen, dan karyawan dapat memantau cuaca, dan dapat mempersiapkan jas hujan, payung atau bahkan bisa menaiki mobil saat ingin berangkat menuju kampus.

Pada penelitian ini dibuatlah suatu sistem untuk monitoring cuaca secara real time untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem ini terdiri integrasi sensor dan perangkat cerdas dengan menggunakan sensor dan Internet of Things (IoT) dengan mengirimkan data cuaca secara langsung ke platform cloud atau server untuk pemantauan dan analisis secara real-time[11][12][13]. Selain itu sistem ini mampu meningkatkan aksesibilitas dan analisis data, karena memungkinkan akses data cuaca dari berbagai lokasi dan perangkat melalui jaringan internet, serta menyediakan alat analisis untuk pengolahan data yang lebih mendalam dalam untuk mengukur berbagai parameter cuaca seperti suhu, kelembapan, tekanan atmosfer, kecepatan dan arah angin, serta curah hujan, sehingga bisa dipantau dari jarak jauh dan bisa dimonitoring kapanpun dan dimanapun[14]. Untuk dapat diakses oleh mahasiswa, dosen dan karyawan, maka sistem ini dilengkapi aplikasi android sebagai tampilan antar muka kondisi cuaca secara real time, dimana sistem ini dipasang pada gedung utama kampus Politeknik Negeri Bengkalis dan aplikasi yang di desain dapat di download di Google Play Store bagi pengguna android[15][16].

Dengan adanya sistem pemantau cuaca ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh semua mahasiswa, karyawan, dosen, serta masyarakat umum atau instansi pemerintah untuk memeproleh informasi atau data perkiraan cuaca dan juga sebagai media informasi untuk keselamatan perjalanan kapal yang ada di Pulau Bengkalis secara real time melalui layar smartphone android atau smart TV android. Selain itu data dari sistem ini juga diharapkan dapat digunakan oleh mahasiswa dan dosen sebagai media penelitian sehingga sistem ini bisa dikembangkan secara berkelanjutan dan dapat digunakan sebagai pusat data stasiun pemantau cuaca khususnya di pulau Bengkalis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Cuaca

Informasi cuaca merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan kehidupan sehari-hari. Suhu udara, kecepatan dan arah angin dan kelembaban udara merupakan faktor yang paling penting. Suhu, kelembaban, arah angin, dan kecepatan angin dapat diaplikasikan secara luas di berbagai keperluan.

Secara umum, cuaca diartikan sebagai kondisi perubahan suhu, angin, curah hujan, dan juga sinar matahari yang mana berlangsung singkat. Di Indonesia lembaga yang khusus membidangi cuaca adalah Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atau disingkat BMKG. Menurut Peraturan Kepala BMKG nomor 009 tahun 2010, pengertian cuaca adalah kondisi atmosfer yang terjadi pada waktu dan tempat tertentu. Selain cuaca, juga sering terdengar istilah iklim yang berarti kumpulan dari cuaca itu sendiri. Saat diartikan lebih ringkas iklim juga dapat diartikan sebagai keadaan cuaca rata-rata yang terjadi dalam kurun waktu satu tahun[1].

Unsur unsur cuaca adalah suhu, kelembaban, curah hujan, intensitas cahaya, tekanan udara, Kecepatan angin dan arah angin.

Sensor Anemometer

Modul sensor Anemometer adalah sensor kecepatan angin (transduser) yang mengadopsi struktur sensor kecepatan angin tiga-baling tradisonal. Sensor ini dipilih karena memiliki keluaran digital dan sudah kompatibel dengan mikrokontroler yang digunakan. Sensor ini memiliki cangkir angin terbuat dari bahan serat karbon, yang memiliki kekuatan tinggi berbobot ringan dan bersifat anti korosi[17]. Bentuk sensor Anemometer dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Fisik Sensor Anemometer

Sensor *Wind Vane Direction*

Wind Vane Direction adalah modul sensor yang berfungsi menunjukkan 8 - 16 arah angin yang sering digunakan, Sensor ini menggunakan masukan tegangan 12 V dan mengeluarkan sinyal 0-5 V yang akan berubah seiring putarannya berubah. Perubahan putaran ini mengubah tegangan yang nanti akan dikalibrasi di saat program dibuat.

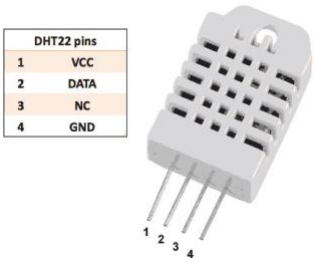
Struktur dasar dari modul sensor ini adalah memiliki sirip yang dihubungkan dengan batangan besi yang ujungnya runcing. Sirip ini akan selalu berada berlawanan dengan besi runcing. Bagian besi runcing menunjukkan arah angin sebenarnya. Perputaran angin akan menyebabkan batang besi ini juga bergerak sehingga tegangan berubah. Seiring perubahan itu, maka arah yang ditunjuk juga berubah[18]. Bentuk fisik sensor wind direction dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Fisik *Wind Vane Direction*

Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah perangkat elektronik yang sering digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor ini mampu memberikan data yang cukup akurat dengan rentang pengukuran suhu dari -40 °C hingga 80 °C dengan akurasi ±0.5 °C, serta rentang pengukuran kelembaban dari 0 hingga 100 %RH dengan akurasi ±2 %RH. DHT22 beroperasi pada tegangan antara 3.3 V hingga 6 V dan memiliki konsumsi daya maksimal 2.5 mA saat melakukan pengukuran[19].



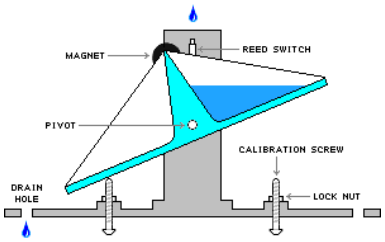
Gambar 3. Bentuk Fisik Sensor DHT22

Waktu sampling sensor ini adalah sekitar 2 detik, yang berarti data baru tersedia setiap dua detik sekali. Sensor ini terdiri dari elemen penginderaan kapasitif untuk kelembaban dan termistor untuk suhu, serta modul *analog to digital converter* (ADC) untuk menghasilkan data digital yang mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler atau komputer.

Sensor *Tipping Bucket*

Tipping bucket sensor adalah sensor yang paling umum digunakan untuk mengukur curah hujan. Sensor ini bekerja dengan cara mengukur jumlah air yang ditampung oleh sebuah wadah. Wadah tersebut dibagi menjadi dua bagian yang sama ukurannya. Ketika air mencapai bagian atas salah satu wadah, wadah tersebut akan terbalik dan air akan mengalir ke wadah lainnya. Satu kali *tipping bucket* terbalik mewakili satu unit pengukuran curah hujan.

Keunggulan dari *tipping bucket sensor* memiliki akurasi yang tinggi sekitar ±2 %. Memiliki rentang pengukuran yang luas. *Tipping bucket sensor* dapat mengukur curah hujan dari ringan hingga berat, yaitu dari 0,01 mm hingga 250 mm[20]. Selain itu, *tipping bucket sensor* juga memiliki harga yang terjangkau sehingga dapat membuat efisiensi dalam biaya pembuatan.



Gambar 4. Struktur *Tipping Bucket Sensor*

Sensor BH1750

Sensor BH1750 adalah sensor cahaya digital yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya (*illuminance*) dalam satuan lux. Sensor ini terdiri dari sebuah fotodioda yang sensitif terhadap cahaya. Ketika cahaya mengenai fotodioda, elektron akan dilepaskan dan menghasilkan arus listrik. Arus listrik ini kemudian dikonversi menjadi nilai digital yang mewakili intensitas cahaya.

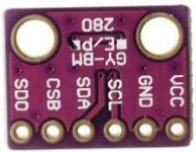
Sensor ini memiliki akurasi pengukuran yang tinggi, yaitu ±20 %. Hal ini berarti bahwa sensor dapat mengukur intensitas cahaya dengan tepat, bahkan dalam kondisi cahaya yang sangat terang atau gelap. Sensor ini juga dapat mengukur intensitas cahaya dari 1 lux hingga 65535 lux. Hal ini berarti bahwa sensor dapat digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dalam berbagai kondisi, mulai dari cahaya redup di malam hari hingga cahaya terang di siang hari. Sensor BH1750 hanya membutuhkan daya yang kecil untuk beroperasi, yaitu sekitar 0,12 mA[21]. Hal ini menjadikan sensor ideal untuk digunakan pada perangkat bertenaga baterai.



Gambar 5. Bentuk Fisik BH1750

Sensor BMP280

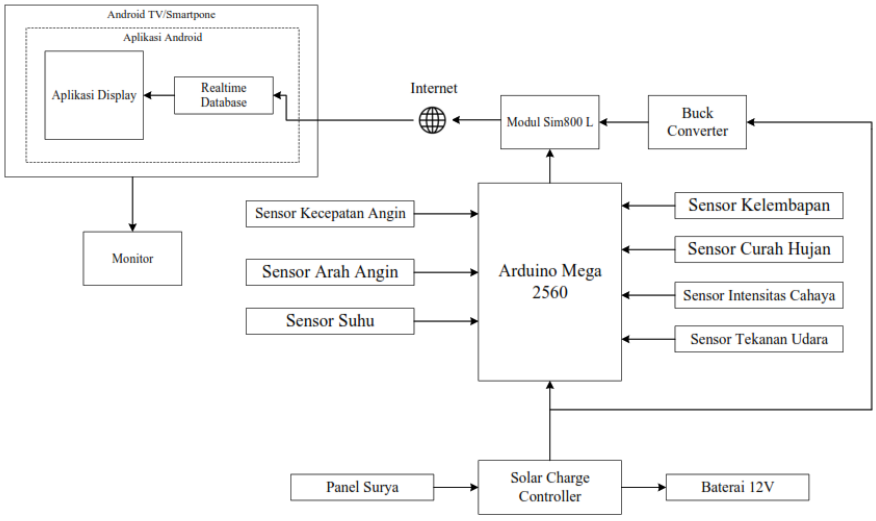
Sensor BMP280 adalah sensor digital yang berfungsi untuk mengukur tekanan barometrik dan suhu lingkungan. Sensor ini memanfaatkan teknologi micro electro mechanical systems (MEMS) yang membuatnya berukuran kecil, ringan, dan hemat daya[22].



Gambar 6. Bentuk Fisik Sensor BMP280

3. METODE PENELITIAN

Secara umum arsitektur sistem keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 7. Cara kerja sistem rancangan meliputi sensor kecepatan angin akan mendeteksi kecepatan angin, dimana pada penelitian ini menggunakan sensor kecepatan angin jenis *three-cup* anemometer karena sensor ini memiliki desain sederhana dan kokoh, tingkat akurasi yang tinggi, respon cepat, pengukuran yang konsisten, mudah dipasang dan mudah di integrasikan pada sistem lain. Sensor arah angin akan mendeteksi arah angin menggunakan tipe NX- RK110-01 karena sensor ini memilki bodi yang kuat, tahan korosi dan tahan terhadap cuaca apapun mulai dari suhu -20 °C sampai 60°C serta kelembaban mulai dari 10% hingga 95% serta sensor ini tahan terhadap interensi elektromagnetik. Sensor DHT-22 akan mendeteksi suhu dan kelembaban karena sensor DHT-22 memiliki tingkat akurasi yang baik berkisar antara ±0.5°C, dan akurasi kelembapan sekitar ±2-5% RH, rentang pengukuran yang luas, konsumsi energi yang rendah, mudah dioperasikan dan memiliki harga yang terjangkau. Sensor curah hujan akan mendeteksi besarnya curah hujan, pada penelitian ini menggunakan sensor *tipping bucket* yang memiliki kelebihan tingkat akuasi yang tinggi karena jika wadah berisi air hujan mencapai kapasitas tertentu, ia akan tipping, sensor ini juga memiliki tingkat presisi yang tinggi karena mampu mengukur curah hujan yang sangat kecil, pemasangan yang relatif mudah, durabilatas yang tinggi, serta pemasangan yang relatif mudah.

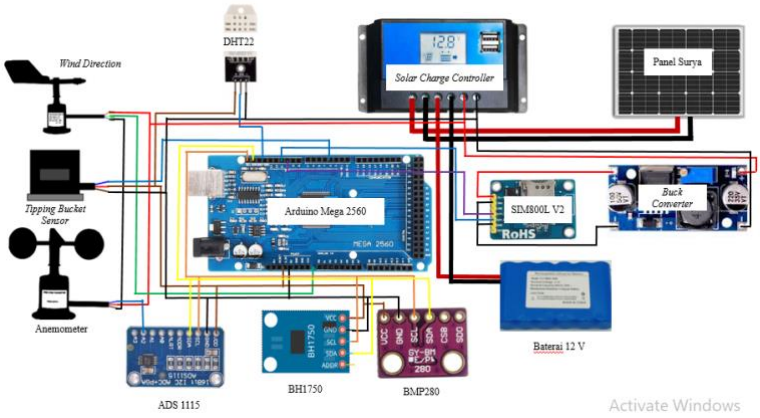


Gambar 7. Blok Diagram Penelitian

Penggunaan sensor BH1750 mendeteksi intensitas cahaya, karena sensor BH1750 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, rentang pengukuran yang luas dari 1 lux hingga 65535 lux, dilengkapi oleh kominikasi I2C sehingga mudah dikomunikasikan pada arduino atau Raspberry Pi, konsumsi daya rendahm respon cepat dan kontruksi tahan lama. Sensor BMP280 untuk mendeteksi tekanan udara, karena sensor BMP280 memiliki tingkat akurasi

yang tinggi untuk mengukur tekanan udara hingga ±1 hPa, rentang pengukuran yang luas mulai dari 300 hPa hingga 1100 hPa, konsumsi daya rendah, doube komunikasi menggunakan I2C dan SPI, mampu mengukur ketinggian, konstruksi tahan lama. Data sensor akan dibaca oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560, kemudian mikrokontroler mengirim data tersebut ke internet *server* menggunakan modul GPRS SIM800L karena modul ini mendukung jaringan GSM dan GPRS yang memungkinkan komunikasi suara, SMS, dan data melalui jaringan seluler, serta modul ini mengkonsumsi daya yang relatif rendah[23]. adapun *server* yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan realtime database dengan platform Firebase karena sistem ini memungkinkan aplikasi untuk memperbarui data di semua klien secara instan, ideal untuk aplikasi yang memerlukan interaksi langsung, seperti chat atau aplikasi berbasis data secara *realtime*[24]. Setelah data terkirim ke *realtime database*, selanjutnya adalah menyimpan data tersebut ke *server* permanen sehingga data tersebut bisa di simpan dalam waktu waktu yang lama. Selain disimpan data tersebut juga ditampilkan pada tampilan aplikasi yang dirancang dan bisa dilihat pada *smartphone* android atau *smart* TV android. Selain itu sistem ini disuplai menggunakan tenaga baterai kering 12V yang bisa dicharger oleh panel surya menggunakan *Solar Charge Controller* (SCC).

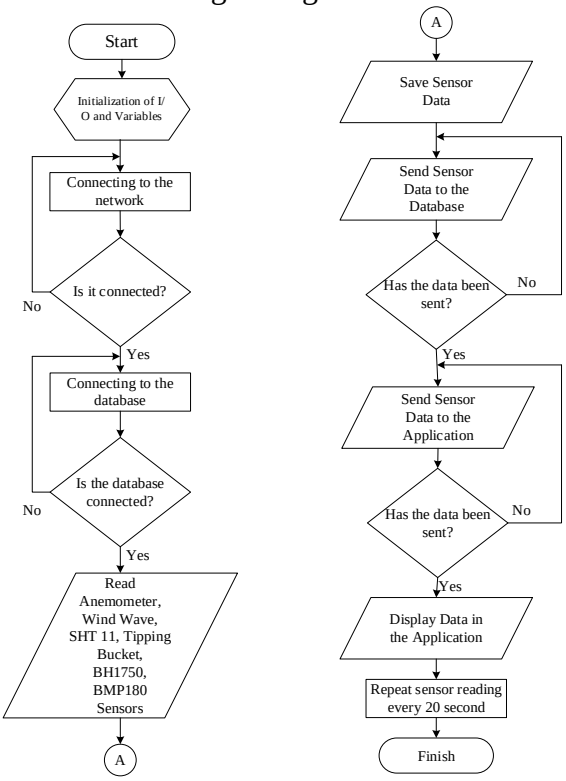
Sistem pemantau cuaca pada penelitian ini dimulai dengan membuat *wiring* diagram *hardware* seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Keseluruhan komponen yang digunakan dihubungkan pada Arduino Mega 2560. Untuk catu daya sistem dihasilkan dari 2 sumber listrik yaitu baterai dan panel surya, dimana baterai juga dapat dicharger melaui panel surya. Pada modul SIM800L dibutuhkan tegangan catu daya sebesar 3,7v yang harus dikonversikan oleh modul *buck* konverter. Pada sensor kecepatan angin dan sensor arah angin menghasilkan data analog sehingga harus dihubungkan ke pin analog arduino, namun pada sensor kecepatan angin dihubungkan pada modul *analog to digital converter* (ADC) tipe ADS1115 terlebih dahulu, karena sensor kecepatan angin menghasilkan *output* sinyal yang sangat sensitif sehingga harus membutuhkan modul ADS1115 yang memiliki resolusi tinggi sebesar 16 bit. Sedangkan data pada sensor curah hujan terhubung pada pin digital *interupt* yaitu pada pin 2, data sensor DHT-22 terhubung pada pin 13, dan untuk sensor BMP280 dan BH1750 terhubung melalui komunikasi I2C (pin SDA dan SCL).



Gambar 8. *Wiring* Diagram

Setelah melakukan perancangan *wiring* diagram selanjutnya adalah melakukan perencanaan pembuatan *software* yaitu seperti ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 9. Adapun diagram diawali dengan perintah Mulai yang merupakan tahap awal permulaan dari sistem kerja alat, setelah itu inisialisasi adalah bagian untuk mengecek semua perangkat *hardware* dan *input* serta *output* dari perangkat sehingga dapat dipastikan bahwa alat yang akan digunakan semua dalam keadaan baik dan bisa dijalankan sesuai yang diharapkan. Untuk mendapatkan hasil atau data sesuai yang diharapkan, maka perlu adanya beberapa langkah yang harus dilakukan mulai dari pemilihan sensor yang tepat dengan pertimbangan

spesifikasi dan harga, kemudian perlu adanya kalibrasi sensor sesuai dengan standar alat ukur pabrikan yang telah memenuhi standar, proses dan posisi pemasangan sensor juga mempengaruhi tingkat akurasi, maka instalasi dan peletakan sensor harus dilakukan dengan baik dan tepat, selalu melakukan pengecekan dan pembersihan sensor secara berkala, kemudian diperlukan validasi data secara berkala untuk memastikan hasil pengukuran tetap akurat, serta lakukan audit berkala terhadap sistem pengumpulan data untuk memastikan bahwa prosedur diikuti dan sensor berfungsi dengan baik.

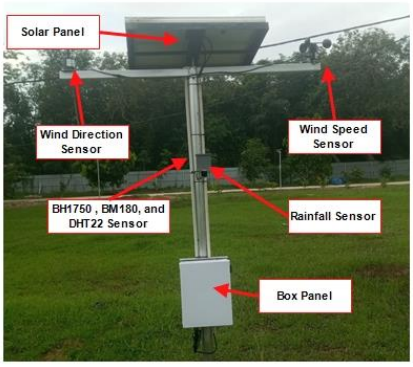


Gambar 9. *Flowchart Software*

Pada tahap selanjutnya adalah menghubungkan ke jaringan dimana itu adalah proses Arduino Mega terhubung ke jaringan GPRS guna untuk terhubung ke internet. Proses menghubungkan ke jaringan menggunakan SIM800L yang menggunakan kartu SIM. Jika tekah berhasil menghubungkan ke jaringan maka tahap selanjutnya adalah menghubungkan ke realtime database. Setelah terhubung ke *real time* database selanjutnya adalah mulai membaca sensor anemometer, sensor *wind direction*, sensor DHT-22, sensor curah hujan, sensor BH1750, dan sensor BMP280. Selanjutnya adalah menyimpan data sensor, mengirimkan data sensor ke *database*, dan menampilkan data sensor ke aplikasi dan mengulang mengirim tiap 20 detik. Serta tahap terakhir adalah selesai untuk mengakhiri program.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Rancangan *hardware* yang dibuat dipasang pada gedung utama kampus Politeknik Negeri Bengkalis tepatnya disamping Jurusan Teknik Elektro.



Gambar 10. Hasil Perancangan *Hardware*

Sistem dibuat menggunakan pipa besi bulat galvanis ukuran 2 inchi sebagai tiang. Pada bagian tiang dipasang lengan yang terbuat dari besi *hollow* sebagai dudukan sensor-sensor. Pada bagian puncak tiang dipasang panel surya. Pada bagian tengah tiang dipasang *box panel* yang berisikan Arduino Mega 2650, modul SIM800L, baterai, dan SCC seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

Pengujian Sensor Anemometer

pengujian sensor kecepatan angin. hasil pengujian sensor dibandingkan dengan alat ukur multifungsi merk Peaktech 5170 yang dilengkapi anemometer. Adapun hasil pengujian tegangan keluaran sensor kecepatan angin ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian *output* sensor anemometer

No.	Anemometer Peaktech 5170 (m/s)	Tegangan Sensor (mV)	Nilai Data ADC
1	1,4	51	692
2	1,6	58	760
3	1,8	65	852
4	2,0	76	995
5	2,2	86	1142
6	2,4	92	1214
7	2,6	103	1354
8	2,8	116	1543
9	3,0	143	1894
10	3,2	197	2588
11	3,4	268	3514
12	3,6	346	4538

Berdasarkan data pada Tabel 1 maka dibuatkan persamaan regresi linier antara pengukuran menggunakan anemometer dan hasil pembacaan dari ADC Arduino yang nanti akan dimasukkan kedalam kode program arduino sebagai penghitung hasil pengukuran kecepatan angin dalam satuan m/s. Adapun persamaan regresi linier yang didapatkan dari data pada Tabel 2 adalah *v=1,5626+(0,000533 x ADC value)*.

Setelah persamaan regresi linier yang telah didapatkan dimasukkan kedalam program arduino selanjutnya adalah pengujian hasil pembacaan sensor kecepatan angin dan membandingkan hasil pengukuran dengan anemometer. Adapun data hasil pengujian sensor kecepatan angin ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian sensor anemometer

No.	Anemometer Peaktech 5170 (m/s)	Sensor Anemometer (m/s)	Error (%)
1	1,4	1,27	9,28
2	1,6	1,44	10
3	1,8	1,59	11,66

4	2,0	1,91	4,5
5	2,2	2,17	1,36
6	2,4	2,31	3,75
7	2,6	2,58	0,76
8	2,8	2,76	1,42
9	3,0	2,93	2,33
10	3,2	3,13	2,18
11	3,4	3,33	2,05
12	3,6	3,54	1,66
Error Rata-rata			4.11

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan nilai *error* yang semakin kecil jika kecepatan angin meningkat. Untuk nilai *error* rata-rata pengukuran sensor adalah sebesar 4,11%. *Error* terbesar pengujian kecepatan angin adalah sebesar 11,66% pada kecepatan 1,8m/s, hal ini disebabkan oleh pengaruh peletakan sensor pada saat pengujian yang tidak simetris dengan alat ukur anmeometer Peaktech 5170 yang dapat menghambat kemampuan sistem untuk berfungsi secara sinergis.

Pengujian Sensor Arah Angin

Pengujian sensor arah angin dimana keluaran sensor yaitu berupa data analog mulai dari 0-5 volt. Pada pemrograman arduino data ADC yang beresolusi 10 bit (0-1023) dipetakan menjadi 0° sampai 360 °. Posisi pemasangan sensor mempengaruhi sudut arah mata angin. untuk itu dibutuhkan sebuah kompas untuk kalibrasi arah mata angin. kompas yang digunakan adalah kompas yang tersedia pada aplikasi smartphone android dengan tipe Xiaomi Redmi Note 8. Sudut arah mata angin di bagi menjadi 8 arah yang masing-masing mendapatkan sudut sebesar 45°. Adapun data kalibrasi sensor ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian sensor arah angin

No.	Kompas (°)	Sensor Arah Angin (°)	Arah Angin
1	0-44	> 337 & <= 23	Utara
2	45-89	> 23 & <= 67	Timur Laut
3	90-134	> 67 & <= 112	Timur
4	135-179	> 112 & <= 157	Tenggara
5	180-224	> 157 & <= 202	Selatan
6	225-269	> 202 & <= 247	Barat Daya
7	270-315	> 247 & <= 292	Barat
8	315-359	> 292 & <= 337	Barat Laut

Berdasarkan data pengujian perbandingan sudut kompas dan sudut sensor arah angin maka masing-masing arah angin menghasilkan sudut yang berbeda dengan sudut pada kompas. Pada arah utara memiliki *range* sudut sebesar 45°, pada arah timur laut memiliki range sudut sebesar 43°, pada arah sudut yang lainnya memilki range sudut sebesar 44°.

Pengujian Sensor DHT-22

Untuk dapat membaca suhu dan kelembaban pada sensor di program sesuai library arduino dengan file DHT.h dan hasil pembacaan dibandingkan dengan alat ukur hygrometer yang terdapat pada alat ukur merk Peaktech 5035. Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian sensor DHT-22

No.	Sensr DHT-22		Higrometer		Error (%)	
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu	Kelembaban
1	25,9	80,4	25,7	80,3	0,78	0,12
2	25,9	80,9	25,7	81,0	0,78	0,12
3	25,8	81,3	25,8	81,6	0	0,37

4	25,8	82,1	25,9	82,6	0,39	0,61
5	25,7	83,0	25,8	84,9	0,39	2,24
6	25,7	85,0	25,8	85,3	0,39	0,35
7	25,6	85,6	25,8	85,8	0,78	0,23
8	25,6	85,5	25,8	85,9	0,78	0,47
9	25,5	85,7	25,8	85,8	1,16	0,12
10	25,5	85,5	25,8	85,7	1,16	0,23
11	25,4	85,5	25,7	85,2	1,17	0,35
12	25,4	85,5	25,8	85,2	1,55	0,35
13	25,4	85,2	25,8	84,8	1,55	0,47
14	25,3	85,7	25,8	85,2	1,94	0,59
15	25,3	86,0	25,7	85,6	1,56	0,47
16	25,3	86,3	25,6	86,0	1,17	0,35
17	25,3	86,5	25,9	86,2	2,32	0,35
18	25,5	85,6	25,8	85,9	1,16	0,35
19	25,2	86,1	25,9	86,3	2,70	0,23
20	25,4	86,0	25,9	86,1	1,93	0,12
Error Rata-rata					1,18	0,42

Berdasarkan data pengujian sensor DHT-22 pada Tabel 4 menunjukkan *error* pengukuran rata-rata dengan sampel sebanyak 20 data pengujian memperlihatkan pada pengukuran suhu mendapatkan *error* rata-rata sebesar 1,18%, sedangkan untuk *error* rata-rata pengukuran kelembaban adalah sebesar 0,42%. Error terbesar pengukuran suhu adalah 2,70% dan *error* terbesar pengukuran kelembaban adalah 2,24%. Besarnya *error* disebabkan faktor ekternal seperti gaangguan udara dari luar pada saat pengujian. Karena seharusnya pengujian dilakukan pada tempat yang tertutup yang memiliki suhu dan kelembaban konstan. Untuk menghindari gangguan pengujian sebaiknya dilakukan secara berulang untuk mendapatkan validasi data yang lebih akurat.

Pengujian Sensor BMP280

Pembacaan nilai tekanan udara menggunakan sensor BMP280 didapatkan dari library arduino dengan nama Adafruit_BMP280.h. Hasil pembacaan tekanan udara oleh sensor dibandingkan dengan alat ukur barometer. Adapun hasil pengujian sensor BMP280 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian sensor BMP280

No.	Barometer (hPa)	Sensor BMP280 (hPa)	Error (%)
1	1011,5	1011,75	0,024
2	1010,3	1010,92	0,061
3	1009,4	1009,93	0,052
4	1007,9	1008,53	0,062
5	1007,3	1007,91	0,060
6	1007,2	1007,05	0,014
7	1006,3	1006,51	0,020
8	1005,8	1005,95	0,014
Error Rata-rata			0,035

Berdasarkan data pengujian sensor BMP280 pada Tabel 5 menunjukkan pengujian nomor 1 pada lokasi terendah yaitu lantai 1 gedung Jurusan Teknik Elektro Polbeng hingga posisi pengujian terus naik menuju kegedung lantai 2 memperlihatkan tekanan udara terus menurun pada daerah yang lebih tinggi. Untuk rata-rata *error* pengukuran menunjukkan hasil yang baik dan hanya menghasilkan 0,035% error.

Pengujian Sensor BH1750

Dalam membaca nilai intensitas cahaya menggunakan arduino, maka dibutuhkan library pada program arduino dengan nama BH1750.h. kemudian hasil pengujian dibandingkan dengan alat ukur multifungsi Peaktech 5035 yang dilengkapi dengan pengukuran Luxmeter. Pengujian dilakukan pada *box* tertutup yang didalamnya dilengkapi lampu yang intensitasnya dapat di atur menggunakan AC *voltage regulator*, dimana didalam *box* tersebut juga sensor dan Luxmeter ditempatkan. Adapun data hasil pengujian sensor BH1750 ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian sensor BH1750

No.	Luxmeter (lux)	Sensor BH1750 (lux)	Error (%)
1	0	0	0
2	345	310,45	10,01
3	769	725,23	5,69
4	1034	1096,75	6,06
5	1678	1771,26	5,55
6	2557	2530,65	1,03
7	3380	3321,86	1,72
8	3758	3841,82	2,23
9	4683	4732,02	1,04
10	5297	5193,22	1,95
Error Rata-rata			3,58

Berdasarkan data pada Tabel 6 memperlihatkan nilai error rata-rata pengujian sensor BH1750 adalah 3,58%. Pada pengujian 2 dan pengujian 5 menghasilkan *error* yang lebih besar karena adanya pengaruh sebaran cahaya pada ruang uji yang posisi sensor sedikit berbeda dengan alat ukur luxmeter serta pengaruh sumber cahaya tidak konsisten dari fluktuasi intensitas cahaya lampu yang berkedip sehingga menangkap cahaya yang tidak relevan dan menghasilkan pembacaan yang lebih tinggi atau lebih rendah dari yang sebenarnya.

Pengujian Sensor *Tipping Bucket*

Pada sensor curah hujan digunakan menggunakan prinsip *tipping bucket* yang didalamnya telah terpasang sensor *magnetic* efek Hall, dimana luas penampang sensor sebesar 19,25 cm^2. Untuk menghitung besar curah hujan, maka dihitung jumlah *tip* sensor yang terkena jumlah tetesan air hujan. Hasil perhitungan curah hujan dalam satuan cm dikonversi kedalam satuan mm. Adapun persamaan untuk menghitung curah hujan berdasarkan jumlah tip ditunjukkan pada persamaan 1, dan data pengujian sensor *tipping bucket* ditunjukkan pada Tabel 7.

$$Rainfall = \frac{\left(\frac{the\ volume\ of\ water\ held\ in\ the\ container}{Tip\ amount}\right)}{wide\ of\ the\ sensor\ housing} \quad (1)$$

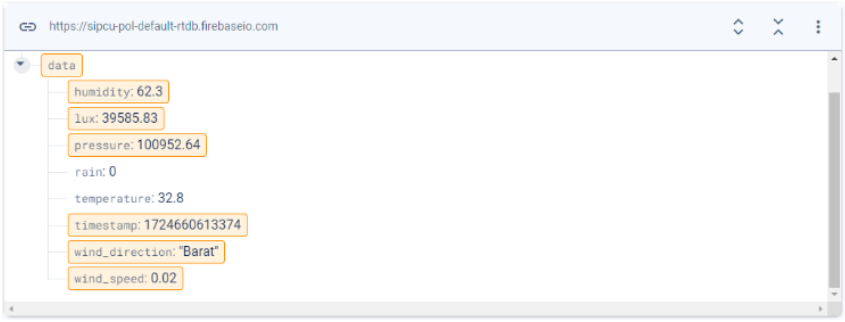
Tabel 7. Pengujian sensor *tipping bucket*

No.	Volume Air (ml)	Jumlah Tip	Curah Hujan (mm)
1	100	34	1,527
2	150	48	1,623
3	200	66	1,574
4	250	81	1,603
5	300	98	1,590
6	350	116	1,567
7	400	130	1,598
8	450	147	1,590
9	500	165	1,554
Rata-rata Curah Hujan			1,580

Berdasarkan data pada Tabel 7 memperlihatkan jumlah curah hujan rata-rata pada setiap tetesan air yang menggerakkan *tip* sensor adalah sebesar 1,580 mm. Curah hujan dihitung permenit. Jika selama 1 menit sensor menghitung tip sebanyak 10 kali, maka 1,580 mm dikalikan dengan 10 menghasilkan curah hujan 15,800 mm selama 1 menit.

Pengujian *Realtime Database* dan Hasil Desain Aplikasi

Pembacaan keseluruhan sensor terintegrasi kejaringan internet menggunakan modul SIM800L yang di lengkapi dengan fitur GPRS untuk terhubung ke jaringan internet. Untuk terhubung melului internet dibutuhkan *server* sebagai media penampung data. Pada penelitian ini digunakan *realtime* database Firebase melalui website https://firebase.google.com. Fitur pada firebase didapatkan secara gratis dengan mendaftarakan melalui email. Data pembacaan sensor dikrimkan ke Firebase melalui link *host* yang telah didapatkan pada saat pembuatan *server* pada Firebase. Adapun hasil pengiriman data sensor ke *server* Firebase ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil pengiriman data sensor pada *server Firebase*

Setelah data terkirim ke *server*, maka server dihubungkan pada aplikasi android yang telah dibuat. Aplikasi dibuat secara *online* melalui platform MIT App Inventor pada website https://appinventor.mit.edu dengan bahasa pemrograman berupa kode blok. Untuk dapat menghubungkan aplikasi ke *database* Firebase, ditambahkan *toolbox* Firebase yang telah tersedia pada menu user interface MIT App Inventor, lalu masukkan firebase token yang telah didapatkan pada akun Firebase. Pada Adapun hasil desain *software* atau aplikasi ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil perancangan aplikasi

Berdasarkan tampilan visual pada Gambar 12 menunjukkan tampilan nilai intensitas cahaya, kelembaban, kecepatan angin, arah angin, tekanan udara, intensitas hujan, dan suhu. Selain itu tampilan visual juga dilengkapi waktu dan *banner* yang dapat bergeser secara otomatis.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantau cuaca secara realtime di Kampus Politeknik Negeri Bengkalis. Sistem ini mampu mempermudah user untuk memonitoring cuaca di kampus Polbeng kapanpun dan dimanapun. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan pengujian sensor DHT-22 menghasilkan *error* rata-rata sebesar 1,18% pada pengujian suhu dan 0,42% pada pengujian kelembaban. Besarnya *error* pengukuran dipengaruhi oleh faktor eksternal. Pada pengujian sensor kecapatan angin menghasilkan *error* rata-rata sebesar 4,11%. Besarnya *error* pengukuran dipengaruhi oleh penempatan posisi sensor yang tidak simetris. Pada pengujian sensor BH1750 menghasilkan *error* rata-rata sebesar 3,58%, karena besarnya *error* yang dihasilkan dipengaruhi sebaran cahaya pada ruang uji dan gangguan fluktuasi cahaya sumber. untuk pengujian sensor BMP280 menghasilkan *error* yang cukup baik dengan rata-rata sebesar 0,035%. Untuk pengujian sensor arah angin masing-masing arah mendapatkan sudut sebesar 44°, kecuali arah utara yang mendaptakan sudut 45° dan arah tiimur laut yang mendapatkan sudut 43° sesuai dengan hasil kalibrasi dengan kompas. Sedangkan Pada sensor curah hujan mendapatkan nilai rata-rata curah hujan 1,580 mm pada setiap tip sensor. Pada Pemasangan sensor kecapatan angin sebaiknya memperhatikan posisi pemasangan dan harus sesuai dengan prosedur sesuai dengan standar. Untuk kalibrasi sensor BH1750 sebaiknya menggunakan sumber cahaya konstan yang tidak menghasilkan fluktuasi dan posisi sensor harus berdekatan dengan posisi luxmeter agar mendapatkan sudut sebaran cahaya yang sama. Sensor curah hujan harus ditambahkan *Real Time Clock* (RTC) untuk mereset curah hujan agar kembali menjadi 0 pada waktu yang diinginkan. Waktu pengiriman data pada sistem ini di update setiap 20 detik, namun disarankan untuk *update* data pada saat terjadi perubahan data parameter ukur. Secara keseluruhan sistem ini berjalan dengan baik dan perlu adanya pengembangan dengan menambahkan metode *artificial intelegen* untuk klasifikasi jenis cuaca secara *realtime*.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Steinker, K. Hoberg, and U. W. Thonemann, “The Value of Weather Information for E-Commerce Operations,” *Prod. Oper. Manag.*, vol. 26, no. 10, pp. 1854–1874, 2017, doi: 10.1111/poms.12721.

[2] W. T. Chu, X. Y. Zheng, and D. S. Ding, “Camera as weather sensor: Estimating weather information from single images,” *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 46, pp. 233–249, 2017, doi: 10.1016/j.jvcir.2017.04.002.

[3] R. K. Kodali and A. Sahu, “An IoT based weather information prototype using WeMos,” *Proc. 2016 2nd Int. Conf. Contemp. Comput. Informatics, IC3I 2016*, no. 1, pp. 612–616, 2016, doi: 10.1109/IC3I.2016.7918036.

[4] I. A. Ikiroma and K. G. Pollock, “Influence of weather and climate on cryptosporidiosis—A review,” *Zoonoses Public Health*, vol. 68, no. 4, pp. 285–298, 2021, doi: 10.1111/zph.12785.

[5] Ahmad Pakhrul Islam, , Lalu Puji Indra Kharisma, and Muhammad Azmi, “Internet of Things Untuk Informasi Cuaca Menggunakan Node Mcu,” *Tek. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2022, doi: 10.46764/teknimedia.v3i1.60.

[6] J. B. Bradford, W. K. Lauenroth, I. C. Burke, and J. M. Paruelo, “The influence of climate, soils, weather, and land use on primary production and biomass seasonality in the US Great Plains,” *Ecosystems*, vol. 9, no. 6, pp. 934–950, 2006, doi: 10.1007/s10021-004-0164-1.

[7] M. Bassi and A. Delle Fave, “Impact of extreme weather conditions on high-altitude climbers’ goals and quality of experience,” *J. Leis. Res.*, vol. 42, no. 3, pp. 469–488, 2010, doi: 10.1080/00222216.2010.11950213.

[8] M. Kusriyanto and A. A. Putra, “Weather Station Design Using IoT Platform Based On Arduino Mega,” *ISESD 2018 - Int. Symp. Electron. Smart Devices Smart Devices Big Data Anal. Mach. Learn.*, pp. 8–11, 2019, doi: 10.1109/ISESD.2018.8605456.

[9] M. H. bin M. Rusli, "The Application of Transit Passage Regime in Straits Used for International Navigation: A Study of the Straits of Malacca and Singapore," *Asian Polit. Policy*, vol. 4, no. 4, pp. 549–569, 2012, doi: 10.1111/j.1943-0787.2012.01374.x.

[10] Marzuarman, Muharnis, Azizul, D. M. Rinaldi, and B. Prasetyo, "Pemanfaatan Running Text Sebagai Alat Bantu Informasi Minggu Perkuliahan Di Biro Administrasi Akademik dan Kemahasiswaan (BAAK) Politeknik Negeri Bengkalis," *Tanjak J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 85–92, 2023, doi: 10.35314/tanjak.v3i1.2858.

[11] Y. Rahut, R. Afreen, and D. Kamini, "Smart weather monitoring and real time alert system using IoT," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 848, pp. 848–854, 2008, [Online]. Available: www.irjet.net

[12] N. Kumari, Sakshi, S. Gosavi, and S. S. Nagre, "Real-Time Cloud based Weather Monitoring System," *2nd Int. Conf. Innov. Mech. Ind. Appl. ICIMIA 2020 - Conf. Proc.*, no. Icimia, pp. 25–29, 2020, doi: 10.1109/ICIMIA48430.2020.9074848.

[13] P. Megantoro, B. A. Pramudita, P. Vigneshwaran, A. Yurianta, and H. A. Winarno, "Real-time monitoring system for weather and air pollutant measurement with html-based ui application," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 10, no. 3, pp. 1669–1677, 2021, doi: 10.11591/eei.v10i3.3030.

[14] A. Munandar, H. Fakhrurroja, M. I. Rizqyawan, R. P. Pratama, J. W. Wibowo, and I. A. F. Anto, "Design of real-time weather monitoring system based on mobile application using automatic weather station," *Proc. 2nd Int. Conf. Autom. Cogn. Sci. Opt. Micro Electro-Mechanical Syst. Inf. Technol. ICACOMIT 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 44–47, 2017, doi: 10.1109/ICACOMIT.2017.8253384.

[15] A. M. Zaw Lin Oo , Theint Win Lai , Su Mon Ko, "IoT based Weather Monitoring System Using Firebase Real Time Database with Mobile Application," *Int. Symp. Environ. Sci. Nanoscales Technol.*, vol. 2019, no. December, p. 6, 2019, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/338169748_IoT_based_Weather_Monitoring_System_Using_Firebase_Real_Time_Database_with_Mobile_Application

[16] S. Adhy, A. Prasetio, B. Noranita, and R. Saputra, "Usability Testing of Weather Monitoring on Android Application," *2018 2nd Int. Conf. Informatics Comput. Sci. ICICoS 2018*, pp. 81–86, 2018, doi: 10.1109/ICICOS.2018.8621752.

[17] S. Chun, S. H. Lee, and Y. M. Choi, "Calibration system for three-cup anemometers," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, vol. 34, no. 3, pp. 325–331, 2010, doi: 10.3795/KSME-B.2010.34.3.325.

[18] RIKA, "RK110-02 Wind Direction Sensor RK110-02 Wind Direction Sensor," pp. 24–26, 2020.

[19] Y. A. Sihombing and S. Listiari, "Detection of air temperature, humidity and soil pH by using DHT22 and pH sensor based Arduino nano microcontroller," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2221, no. March, 2020, doi: 10.1063/5.0003115.

[20] D. A. Segovia-Cardozo, C. Bernal-Basurco, and L. Rodríguez-Sinobas, "Tipping Bucket Rain Gauges in Hydrological Research: Summary on Measurement Uncertainties, Calibration, and Error Reduction Strategies," *Sensors*, vol. 23, no. 12, 2023, doi: 10.3390/s23125385.

[21] F. Felycia, "Solar Cell Tracking System Dengan Lux Meter Berbasis Arduino Uno R3," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 132–140, 2020, doi: 10.30656/prosisko.v7i2.2491.

[22] H. A. Kusuma, D. Oktavia, S. Nugaraha, T. Suhendra, and S. Refly, "Sensor BMP280 Statistical Analysis for Barometric Pressure Acquisition," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1148, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1148/1/012008.

[23] M. A. Desima, P. Ramli, D. F. Ramdani, and S. Rahman, "Alarm system to detect the location of IOT-based public vehicle accidents," *3rd Int. Conf. Comput. Eng. Des.*

ICCED 2017, vol. 2018-March, pp. 1–5, 2017, doi: 10.1109/CED.2017.8308118.

[24] W. Li, C. Yen, Y. Lin, S. Tung, and S. Huang, "JustIoT Internet of Things based on the Firebase Real-time Database," *Proc. - 2019 IEEE Int. Conf. Smart Manuf. Ind. Logist. Eng. SMILE 2019*, pp. 43–47, 2019.