

Sistem Pemantauan Debu Secara Real-Time Pada Daerah Pertambangan Batu Bara

Iswan¹, Mulyadi^{2*}

¹Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

²Fakultas Teknik, Teknik Komputer, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

Email: mulyadiubt@gmail.com

Submitted: 01/08/2022; Accepted: 26/08/2022; Published: 30/08/2022

Abstrak—Pulau Bunyu merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bulungan dan memiliki sumber daya alam berlimpah, sehingga membuat Pulau Bunyu banyak dilirik oleh perusahaan-perusahaan pertambangan besar untuk mengambil dan mengolah hasil sumber daya alam tersebut, yang mungkin dapat merubah kualitas udara disekitar area pertambangan menjadi kurang baik. Pada penelitian ini telah dibangun sebuah alat dengan sensor elektronik sebagai piranti masukan, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai piranti proses, dan penampil Aplikasi Blynk sebagai piranti keluaran. Penelitian ini dilakukan 2 tahap pengujian yaitu pada sensor GP2Y1010AU0F dan perangkat lunak Aplikasi Blynk. Pada pengujian sensor dilakukan dengan cara menguji error alat dan dilanjutkan menguji tegangan menggunakan 3 sampel berupa asap, abu kertas, dan debu untuk menguji tegangan terhadap dust density. Pada pengujian error didapatkan hasil yang tidak terlalu besar yaitu 1,43% dan 1,67% nilai error, dan pada pengujian tegangan didapatkan hasil yang berbeda-beda pada pengujian sampel sesuai dengan kepadatan masing-masing sampel. Sedangkan pada tahap pengujian perangkat lunak aplikasi Blynk dilakukan didalam ruangan dan di luar ruangan, pada pengujian perangkat lunak didapatkan hasil yang baik dimana aplikasi Blynk akan menampilkan notifikasi apabila debu yang terbaca berada diatas ambang batas.

Kata Kunci: Kualitas Udara; Debu (TSP); NodeMCU ESP8266; Aplikasi Blynk

Abstract—Bunyu Island is one of the districts in Bulungan Regency and has abundant natural resources, thus making it much ogled by large mining companies to extract and process these natural resources. However, it may change the air quality around the mining area to be poor. This research developed a device that had an electronic sensor as an input device, a NodeMCU ESP8266 microcontroller as a process device, and Blynk Application viewer as an output device. This research was carried out in two stages of testing, namely the GP2Y1010AU0F sensor and the Blynk Application software. In sensor testing, it was done by testing the tool error and continuing to test the voltage using 3 samples in the form of smoke, paper ash, and dust to test the voltage against dust density. In the error test, the result were nit too large, namely 1.43% and 1.67% of the error value, and in the stress test, different results were obtained in the sample test according to the density of each sample. While at the stage of testing the Blynk Application software, it was carried out indoors and outdoors. In software testing good results were obtained where the Blynk application displayed a notification when the read dust was above the threshold.

Keywords: Air Quality; Dust (TSP); NodeMCU ESP8266;

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara merupakan keadaan udara disekitar kita yang mengacu pada udara bersih atau tercemar. Salah satu parameter pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara adalah Total Suspended Particulate (TSP) atau debu [1].

Pertambangan adalah cara untuk mengambil mineral dan sumber energi yang tersimpan di bawah tanah yang kita pijak ini [2],[3]. Seperti batu bara, minyak, emas, kapur, dan sejenisnya. Saat ini, industri pertambangan mineral dan sumber energi sudah dilakukan hampir di seluruh dunia [4], [5].

Pulau Bunyu yang merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara memiliki sumber daya alam yang sangat berlimpah, menyebabkan pulau ini menjadi salah satu sasaran bagi perusahaan perminyakan maupun pertambangan batu bara untuk mengelola hasil sumber daya alamnya.

Menurut Undang-Undang Pokok Pengolahan Lingkungan Hidup No.4 tahun 1982 [6], polusi udara adalah masuknya atau dimasukkannya, zat energi [7], dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya [8],[9]. Pihak perusahaan mengatasi debu yang berlebihan ini dengan cara menyemprot jalanan dengan air ketika melihat debu mulai terlihat banyak [10],[11]. kondisi yang seperti ini menjadi pertimbangan penulis untuk merancang sebuah alat yang dapat memantau kadar debu di sekitar wilayah kerja pertambangan Bunyu.

Penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang akan dibangun pertama menurut Fahri dkk (2021), yang berjudul “Sistem Pemantauan Ketebalan Debu & Suhu pada Rungan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis IoT”, pemanfaatan teknologi *Internet Of Things* (IoT) di buatlah sistem pemantauan debu dan suhu menggunakan Telegram. Tujuan dari perancangan ini sendiri untuk memudahkan memantau ruangan yang kosong dari jarak jauh dengan menggunakan aplikasi yang biasa digunakan sehari-hari, dimana hasil dari alat ini berupa tampilan besaran jumlah ketebalan debu dan suhu yang dikeluarkan pada aplikasi Telegram [12]. Selanjutnya penelitian menurut Rika dan Irwan(2018), yang berjudul :Perkembangan Rancangan Skema dan Struktur *Real-time Monitoring System* di Tambang Batubara”. Tujuan untuk membahas perkembangan penggunaan *real-time monitoring system* di tambang batubara, dan manfaat yang diharapkan adalah mendapatkan ide atau gagasan baru

dalam mengatasi permasalahan yang ada di industri pertambangan dengan menggunakan pengaplikasian *realtime monitoring system* dengan berbagai metode atau pendekatan yang baik [13]. Penelitian menurut Ahmad dkk (2022), yang berjudul “MONARBU: Sistem *Monitoring* Partikel Debu di Area Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia”. Memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) dan menggunakan ESP8266 dengan interface menggunakan *Android Studio*. Tujuan pengiriman data secara real time ke *Thingspeak* dan *Firestore* [14].

Perangkat keras yang dibutuhkan terdiri dari sebuah sistem minimum mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor debu dan penampil untuk menunjukkan hasil pemantauan kualitas debu yang dilakukan oleh sistem mengacu pada [15] yang terintegrasi dengan Aplikasi *Blynk*.

Pada penelitian ini telah dibangun sebuah alat dengan sensor elektronik sebagai piranti masukan, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai piranti proses, dan penampil Aplikasi *Blynk* sebagai piranti keluaran. Penelitian ini dilakukan 2 tahap pengujian yaitu pada sensor GP2Y1010AU0F dan perangkat lunak Aplikasi *Blynk*. Aplikasi *Blynk* akan menampilkan notifikasi apabila debu yang terbaca berada diatas ambang batas dan membantu sistem dalam pemantauan debu secara real-time.

2. METODOLOGI PENELITIAN

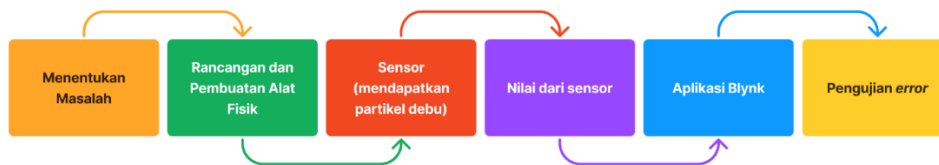
Dalam penelitian ini, menggunakan metode kualitatif dengan melakukan penelitian deskriptif. Yang dimana metode kualitatif sendiri merupakan suatu metode di mana peneliti memanfaatkan peneliti sebagai instrument utama untuk meneliti keadaan alam tanpa berusaha menentukan pengaruh faktor-faktor tertentu terhadap variabel lain [16].



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berdasarkan Gambar 1 tahapan penelitian yang akan di lakukan beberapa tahap yang pertama analisis dimana menganalisis tempat yang akan diteliti dan kedua menentukan permasalahan yang ada dengan literatur yang ada dan ketiga merancang alat yang akan digunakan untuk penelitian dan yang terakhir adalah hasil & kesimpulan yang digunakan untuk memberi solusi dengan masalah yang ada.

2.1 Rancangan Penelitian



Gambar 2. Rancangan Penelitian

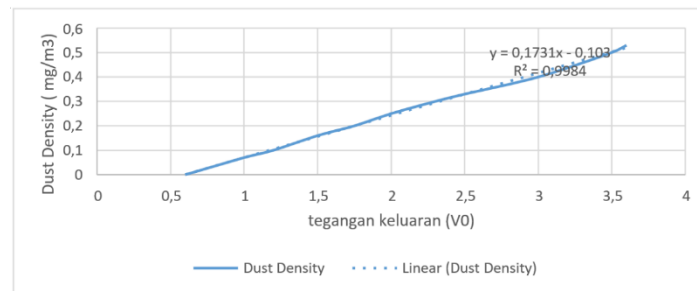
Pada Gambar 2 menjelaskan rancangan penelitian ini memiliki tahapan dan ada enam tahapan sebagai berikut :

- Menentukan masalah
Masalah yang terjadi di Pulau Bunyu adalah mengatasi debu yang berlebihan
- Rancangan dan pembuatan alat fisik
Rancangan alat dan pembuatan sensor GP2Y1010AU0F
- Sensor (mendapatkan partikel debu)
Sensor GP2Y1010AU0F bekerja dengan cara memantulkan cahaya pada partikel debu ke *photodiode*
- Nilai dari sensor
Kemudian oleh *photodiode* akan dirubah menjadi nilai tegangan
- Aplikasi *Blynk*
Nilai tegangan akan diolah menggunakan aplikasi *Blynk*
- Pengujian *error*.
Dilakukan pengujian

2.2 Kalibrasi Sensor

Sensor GP2Y1010AU0F bekerja dengan cara memantulkan cahaya pada partikel debu ke *photodiode*, kemudian oleh *photodiode* akan dirubah menjadi nilai tegangan. Adapun karakteristik dari sensor ini yaitu dimana semakin tinggi tegangan keluaran, maka akan semakin tinggi *Dust Density* yang terbaca. Adapun data tabel hubungan antara antara tegangan keluaran dan *Dust Density* seperti yang tertera pada *datasheet* [17].

Untuk mendapatkan suatu persamaan linier perbandingan antara tegangan keluaran dan *Dust Density*. Perlu untuk dirubah menjadi suatu grafik dengan menggunakan *software office* sehingga didapatkan hasil seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara tegangan keluaran (V_0) dan *Dust Density* (mg/m^3)

Setelah memasukkan angka pada tabel menjadi sebuah grafik maka akan didapatkan persamaan linier yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\text{Dust Density } (\text{mg}/\text{m}^3) = 0,17x - 0,1 \quad (1)$$

dimana

x = tegangan keluaran (V_0)

Setelah mendapatkan persamaan untuk merubah tegangan keluaran (V_0) menjadi menjadi satuan *Dust Density* (mg/m^3), selanjutnya satuan *Dust Density* (mg/m^3) akan dikonversi ke satuan *Dust Density* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sehingga didapatkan persamaan (2).

$$\text{Dust Density Density } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = (0,17(V_0) - 0,1) * 1000 \quad (2)$$

2.3 Blynk

Blynk merupakan platform IoT agnostik perangkat keras dengan aplikasi seluler, *cloud* pribadi, manajemen perang- kat, analisis data, dan pembelajaran mesin. Dengan *Blynk*, pengguna dapat mengontrol perangkat keras dari jauh, dapat menam- pilkan data sensor, dapat menyimpan data, memvisualisasikannya dan masih banyak hal lainnya [15].

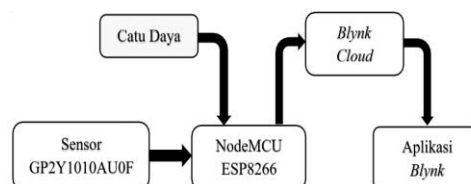
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di jalan Gunung Daeng di Pulau Bunyu. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan. Adapun alat dan bahan yang diperlukan dapat dijelaskan sebagai berikut.

3.1 Alat dan Bahan

1. Alat
 - a. Papan uji berfungsi sebagai tempat menguji rangkaian.
 - b. Multimeter berfungsi sebagai pembaca nilai tegangan listrik, arus listrik, dan hambatan listrik.
 - c. Laptop acer tipe Aspire 4738Z *processor* intel(R) Core(TM) i3 CPU M380 @2,53GHz, Memori 3 GB RAM dan sistem operasi *windows* 8 32-bit untuk membuat *sketch* program.
 - d. Solder
 - e. *Software* Arduino Ide
 - f. Aplikasi *Blynk*
2. Bahan
 - a. NodeMCU ESP8266
 - b. Sensor debu GP2Y1010AU0F
 - c. Komponen-komponen elektronika

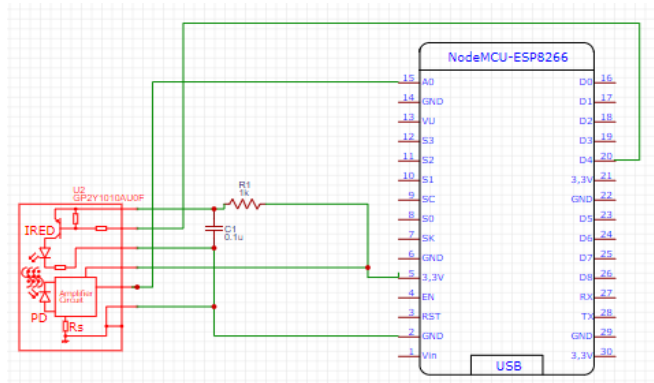
3.2 Perancangan Sistem



Gambar 4. Diagram Blok Rancang Bangun Alat

Pada Gambar 4 digunakan sebuah catu daya untuk menyalakan NodeMCU ESP8266 [5], ketika NodeMCU ESP8266 menyala maka NodeMCU ESP8266 akan secara otomatis mengolah data yang telah dibaca oleh sensor GP2Y1010AU0F. Saat data diterima maka NodeMCU ESP8266 akan mengirimkan data melalui internet ke *Blynk Cloud*, selanjutnya melalui *Blynk Cloud* data akan dikirim dan akan ditampilkan pada Aplikasi *Blynk*.

3.3 Skematik Rangkaian



Gambar 5. Skematik Rangkaian Alat

Pada Gambar 5 terhubung dengan NODEMCU seperti berikut

1. Pin 1 sensor GP2Y1010AU0F terhubung dengan masukan resistor 150 Ω serta *output* kapasitor 220 μF , keluaran resistor terhubung ke 3,3V NODEMCU.
2. Pin 2 sensor GP2Y1010AU0F terhubung ke masukan kapasitor 220 μF dan GND NODEMCU.
3. Pin 3 sensor GP2Y1010AU0F terhubung dengan pin D4 NodeMCU.
4. Pin 4 sensor GP2Y1010AU0F terhubung dengan pin GND NodeMCU.
5. Pin 5 sensor GP2Y1010AU0F terhubung dengan pin A0 NodeMCU.

3.4 Implementasi

Adapun tampilan akhir hasil pembuatan alat pemantau kualitas udara berupa debu (TSP) yang terdiri dari Sensor GP2Y1010AU0F, NodeMCU ESP8266, yang terhubung dengan aplikasi *Blynk* melalui jaringan internet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Alat Pemantau Kualitas Udara

3.5 Pengujian Sensor GP2Y1010AU0F

Sensor GP2Y1010AU0F bekerja dengan cara memantulkan cahaya pada partikel debu ke *photodiode*, kemudian oleh *photodiode* akan dirubah menjadi nilai tegangan. Adapun karakteristik dari sensor ini yaitu dimana semakin tinggi tegangan keluaran, maka akan semakin tinggi *Dust Density* yang terbaca.

Pada perancangan alat tegangan keluaran dari sensor GP2Y1010AU0F akan terhubung dengan A0 dari NodeMCU ESP8266, dan pada NodeMCU ESP8266 tegangan keluaran sensor akan dikonversi langsung menjadi nilai ADC, sehingga perlu dilakukanya lagi konversi dari nilai ADC menjadi tegangan analog. Agar nilai dari sensor dapat diolah dan deprogramkan ke software Arduino Ide. Setelah merubah nilai ADC kedalam nilai tegangan dengan satuan volt dan didapatkannya persamaan untuk merubah merubah tegangan keluaran (V_0) menjadi menjadi satuan *Dust Density* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) seperti pada persamaan 2, selanjutnya persamaan ini akan dimasukkan ke dalam pemrograman pada Arduino ide dengan *coding* sebagai berikut,

$$\text{Teg} = v_0 * (3.3/1024);$$

$DustDensity=(0.17*Teg-0.1)*1000;$

Setelah memasukkan semua persamaan kedalam program selanjutnya akan dilakukan pengujian *error* dengan cara membandingkan hasil bacaan dari sensor dengan *datasheet*.

Tabel 1. Data perbandingan error sensor dengan datasheet

No	Datasheet		Sensor		Error %
	Tegangan keluaran (V)	Dust Density ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tegangan keluaran (V)	Dust Density ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
1	1	70	1	69	1,43%
2	1,2	100	1,18	100	1,67%

Berdasarkan data hasil perbandingan *error* dari alat dengan *datasheet* didapatkan *error* dengan nilai 1,43% pada saat tegangan 1 volt dan pada saat *dust density* 100 didapatkan nilai *error* sebesar 1,67%. Setelah melakukan uji *error* pada alat dengan cara membandingkan nilai bacaan dari sensor selanjutnya dilakukan pengujian tegangan dengan menggunakan *serial monitor* dari software Arduino ide.

Tabel 2. Pengujian tegangan keluaran terhadap *dust density*

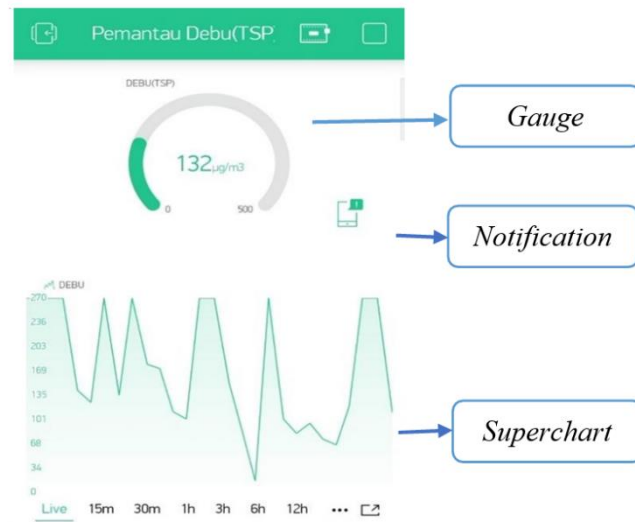
No	Bahan Uji	Tegangan keluaran (V)	Dust Density ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Asap	2,17	268
2	Abu kertas	1,37	132
3	Debu	2,18	270

Berdasarkan hasil pengujian alat menggunakan 3 sampel yaitu asap, abu kertas, dan debu. Didapatkan *dust density* dan tegangan yang berbeda, hasil ini memiliki nilai yang berbeda karena masing-masing bahan pada saat melewati lubang dari sensor memiliki kepadatan yang berbeda-beda. Pengujian tegangan ini dilakukan dengan cara mendekatkan dan menghembuskan sampel uji ke lubang pada sensor GP2Y1010AU0F sehingga sensor dapat membaca tegangan dan *dust density* dari sampel.

3.6 Perangkat Lunak Blynk

Pada Penelitian ini penulis menggunakan aplikasi *Blynk* untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor GP2Y1010AU0F yang telah diproses oleh NodeMCU ESP8266 kemudian mengirimkan data tersebut melalui jaringan internet ke *smartphone android*.

Aplikasi *Blynk* ini dapat di unduh melalui aplikasi *playstore* pada *smartphone android*. Pengguna aplikasi *Blynk* diwajibkan membuat akun terlebih dahulu, pengguna juga dapat *log in* menggunakan email atau menggunakan facebook pribadi. Pada tahap ini peneliti menggunakan email pribadi untuk *log in*. Setelah berhasil *log in*, tampilan pada aplikasi *Blynk* akan berubah tampilan yang akan muncul 3 pilihan yaitu *new projek*, *my apps*, dan *community*. Peneliti menggunakan pilihan *new projek* untuk membuat projek baru. Setelah memilih *new projek* akan muncul tampilan Pembuatan *New Project*. peneliti memberikan nama projek “Pemantau Debu (TSP)”, menu *choose device* menggunakan pilihan ESP8266, menu *connection type* menggunakan pilihan WiFi, dan untuk menu *them* menggunakan pilihan *light*. Setelah pengguna menekan menu “*create*”, pengguna akan diteruskan ke halaman projek kosong. Pada tampilan halaman ini terdapat 4 pilihan menu yaitu *exit*, *setting*, *add*, dan *play*. Untuk memilih komponen-komponen yang ingin digunakan, maka pengguna dapat memilihnya menggunakan ikon *add*. Pada ikon *add* terdapat banyak pilihan komponen yang ingin ditampilkan pada layar penampil. Pada pilihan ikon *add* ini peneliti menggunakan pilihan komponen *gauge*, *superchart*, dan *notification* untuk ditampilkan pada aplikasi *Blynk* seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Projek Pemantau Kualitas Udara

Untuk dapat menggunakan komponen-komponen ini perlu dilakukannya pengaturan pada komponen tersebut seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Penggunaan Komponen Pada *Blynk*

Komponen	Input
Gauge	Virtual V0
Superchart	Virtual V1

Setelah melakukan pengaturan pada komponen-komponen di aplikasi *Blynk*, selanjutnya pengguna perlu melakukan pemrograman pada *software* Arduino ide sebagai berikut:

1. *Gauge*
Blynk.virtualWrite(V0,d ustDensity);
2. *SuperChart*
Blynk.virtualWrite(V0,d ustDensity);
3. *Notification*
if (dustDensity > 230){ Blynk.notify(" Debu Diambang Batas");

Setelah program diupload pada NodeMCU ESP8266 perlu dilakukannya tahap pengujian dan pengambilann data, pada tahap peneliti melakukan pengujian dan pengambilan data di jalan gunung daeng Pulau Bunyu untuk mengetahui apakah setiap komponen yang ada pada aplikasi *Blynk* dapat berfungsi seperti yang sudah direncanakan. Adapun hasil pengujian dan pengambilan data.

Tabel 4. Pengujian Dan Pengambilan Data di Jalan Gunung Daeng

No	Waktu	Cuaca	Dust Density ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Notifikasi
1	14:10	Cerah	128	Tidak aktif
2	14:15	Cerah	28	Tidak aktif
3	14:20	Cerah	47	Tidak aktif
4	14:25	Cerah	273	aktif
5	14:30	Cerah	34	Tidak aktif
6	14:35	Cerah	30	Tidak aktif
7	14:40	Cerah	29	Tidak aktif
8	14:45	Cerah	31	Tidak aktif
9	14:50	Cerah	29	Tidak aktif
10	14:55	Cerah	38	Tidak aktif
11	15:00	Cerah	25	Tidak aktif
12	15:05	Cerah	30	Tidak aktif
13	15:10	Cerah	272	aktif

Pada Tabel 4. Pengujian dan Pengambilan Data di Jalan Gunung Daeng alat serta perangkat lunak aplikasi *Blynk* berjalan dengan baik, pada tahap ini dilakukan pengujian sebanyak 13 kali saat cuaca cerah di jalan gunung daeng pulau bunyu didapatkan hasil *dust density* yang berbeda-beda dan terdapat 2 kali notifikasi aktif berupa peringatan dalam bentuk tulisan “Debu Diambang Batas” yang tampil pada layar penampil aplikasi *Blynk*, serta 11 kali notifikasi tidak aktif sesuai dengan *dust density* yang terbaca. Notifikasi menjadi aktif pada saat pengujian

karena adanya kendaraan yang melintasi jalan sehingga debu yang berada disekitar alat menjadi meningkan dan membuat notifikasi aktif.

Tabel 5. Pengujian Dan Pengambilan Data di Dalam Ruangan

No	Waktu	Cuaca	Dust Density ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Notifikasi
1	14 : 25	Cerah	16	Tidak aktif
2	14 : 30	Cerah	23	Tidak aktif
3	14 : 35	Cerah	16	Tidak aktif
4	14 : 40	Cerah	20	Tidak aktif
5	14 : 45	Cerah	15	Tidak aktif
6	14 : 50	Cerah	18	Tidak aktif
7	14 : 55	Cerah	20	Tidak aktif
8	15 : 00	Cerah	23	Tidak aktif
9	15 : 05	Cerah	18	Tidak aktif
10	15 : 10	Cerah	16	Tidak aktif
11	15 : 15	Cerah	19	Tidak aktif
12	15 : 20	Cerah	19	Tidak aktif
13	15 : 25	Cerah	22	Tidak aktif

Pada Tabel 5. Pengujian Dan Pengambilan Data di dalam ruangan alat serta perangkat lunak aplikasi *Blynk* berjalan dengan baik, pada tahap ini dilakukan pengujian sebanyak 13 kali saat cuaca cerah didalam ruangan didapatkan hasil *dust density* yang berbeda-beda dengan kisaran angka $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, serta pada percobaan ini notifikasi tidak ada yang aktif sesuai dengan *dust density* yang terbaca.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian serta pengujian pada alat ini dapat disimpulkan bahwa alat dapat berjalan dengan baik sesuai dengan data-data yang tertera baik pada sensor maupun pada aplikasi *Blynk*. Pada pengujian sensor dilakukan dengan cara menguji *error* alat kemudian dilanjutkan dengan menguji tegangan dengan menggunakan 3 sampel yaitu berupa asap, abu kertas, dan debu. Dari pengujian *error* alat didapatkan hasil yang tidak terlalu jauh antara pembacaan alat dan *datasheet* yaitu dengan kisaran 1,43% dan 1,67% nilai *error*. Dan berdasarkan pengujian tegangan dari 3 sampel didapatkan nilai tegangan dan *dust density* yang berbeda-beda sesuai dengan kepadatan masing-masing sampel. Sedangkan untuk pengujian perangkat lunak aplikasi *Blynk* dilakukan diluar ruangan dandidalam ruangan. Pada peguian perangkat lunak aplikasi *Blynk* didapatkan hasil bahwa alat dapat berfungsi sesuai dengan yang telah diprogramkan seperti pada saat *dust density* berada diambang batas maka pada aplikasi *Blynk* akan memberikan notifikasi berupa tulisan peringatan “Debu diambang Batas”.

REFERENCES

- [1] Presiden Republik Indonesia, “Pp Ri No 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara,” *Peratur. Pemerintah no. 41 tentang Pengendali. Pencemaran Udar.*, p. 18, 1999.
- [2] A. Ismuhadi, “Pemantauan Efektivitas Water Truck Dalam Melakukan Penyiraman Jalan Tambang Di PT. Amman Mineral Nusa Tenggara,” vol. 1, no. 1, pp. 20–24, 2020.
- [3] L. Wang, Y. Wang, and J. Pei, “Based on the Fuzzy Control,” pp. 181–186, 2013.
- [4] K. Lora, F. M. Ikhsan, and M. Rivai, “50701-110082-1-Pb,” vol. 9, no. 1, 2020.
- [5] K. Trianisa, E. P. Purnomo, and A. N. Kasiwi, “Pengaruh Industri Batubara Terhadap Polusi Udara dalam Keseimbangan World Air Quality Index in India,” *J. Sains Teknol. Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 156–168, 2020, doi: 10.29303/jstl.v6i2.154.
- [6] UU NO 04 TAHUN 1982, “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1982 Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Idup,” *Peratur. Pemerintah Republik Indones. Nomor 26 Tahun 1985 Tentang Jalan*, no. 1, pp. 1–5, 2004.
- [7] R. Awalananda and E. Rusdiana, “Efektivitas Penegakan Hukum Terhadap Pencemaran Udara Di Kecamatan Gresik Dan Kecamatan Kebomas,” *Novum J. Huk.*, vol. 6, no. 1, pp. 36–45, 2019.
- [8] Menteri Negara Lingkungan Hidup, “Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No . 45 Tahun 1997 Tentang : Indeks Standar Pencemar Udara,” no. 45, 1997.
- [9] R. Bangun Sistem Pemantauan Terpadu Keselamatan Kerja Tambang Bawah Tanah Menggunakan Sistem Kabel Dan Telemetry and H. ASTIKA dan ZULKIFLI PULUNGAN Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara Jalan Jenderal Sudirman, “Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-NC (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) Development of Integrated Monitoring System for Underground Mine Safety Using Cable and Telemetry System,” *J. Teknol. Miner. dan Batubara*, vol. 13, no. 3, pp. 185–196, 2017.
- [10] Mutmainah and M. Sari, “Perancangan Alat Bantu Alat Pemantau Area PRoduksi Yang Ergonomis Dengan Metode Value Engineering (Studi Kasus PT BT),” *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 58–68, 2018.
- [11] E. T. J. Sembiring, “Risiko Kesehatan Pajanan Pm2,5 Di Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima Di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta,” *J. Tek. Lingkung.*, vol. 26, no. 1, pp. 101–120, 2020, doi: 10.5614/j.tl.2020.26.1.7.
- [12] A. P. Pratama, F. S. Maulana, and R. S. Kusumadiarti, “Sistem Pemantauan Ketebalan Debu & Suhu Pada Ruangan

- Menggunakan Aplikasi Telegram berbasis IoT,” *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 4, pp. 2198–2211, 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i4.1191.
- [13] I. Munandar, T. B. Tanah, and W. I. Satria, “Bd T Bt . E Sd M Bd T Bt . E Sd M,” no. 010, 2017.
- [14] H. Setiawan, A. Khodi Inzaghi, A. Faisaldinatha, and I. Agung Adhavian, “MONARBU: Sistem Monitoring Partikel Debu, Studi Kasus di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia,” *Ajie*, vol. 6, no. January, pp. 21–28, 2022, doi: 10.20885/ajie.vol6.iss1.art3.
- [15] A. Pratama and M. Mulyadi, “Rancang Bangun Prototype Sistem Pemantauan Potensi Kebakaran Gambut dengan Multi Sensor,” *J. Elektron. List. Telekomun. Komputer, Inform. Sist. Kontrol*, vol. 2, no. 2, 2021, doi: 10.30649/j-eltrik.v2i2.122.
- [16] R. S. Kusumadiarti and H. Qodawi, “Implementasi Sensor Water Level Dalam Sistem Pengatur Debit Air Di Pesawahan,” *J. Petik*, vol. 7, no. 1, pp. 19–29, 2021, doi: 10.31980/jpetik.v7i1.957.
- [17] C. Optical and D. Sensor, “GP2Y1010AU0F,” pp. 1–10, 2006.