

PROTOTYPE ELECTROSTATIC PRECIPITATOR (ESP) SEBAGAI ALAT PENANGKAP DEBU BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Yunus J Matondang¹, Noverin A M Siregar², Maharani Putri³

Teknik Listrik^{1,2,3}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

yunusjefrimatondang@students.polmed.ac.id¹,

noverinalfredomarulamsiregar@students.polmed.ac.id², maharaniputri@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Salah satu teknologi yang dapat mengurangi tingkat polusi udara adalah *Elektrostatik Precipitator* (ESP). Alat ini bekerja dengan dua hal utama yaitu arus tegangan tinggi searah dan dua jenis elektroda. Kedua elektroda didekatkan satu sama lain dengan jarak tertentu, kemudian akan diberikan dua buah elektroda arus searah tegangan tinggi sehingga diantara kedua elektroda akan terjadi proses dimana polusi seperti asap atau debu lewat di antara keduanya elektroda akan terjepit dan menempel pada salah satu elektroda sehingga ruangan atau lingkungan terhindar dari polusi yang dapat mengganggu kesehatan. Alat ini hanya memiliki efisiensi rata-rata 63% dalam menyaring polusi asap karena alat ini hanya berupa miniatur dari alat yang sebenarnya. Alat ini memiliki spesifikasi tegangan 6.3 kV dan satu tahap proses penfilteran polusi, sedangkan perangkat sebenarnya memiliki spesifikasi tegangan hingga 72 kV dan proses penyaringan polusi tiga tahap. Sehingga disimpulkan bahwa untuk mencapai tingkat efisiensi yang tinggi *Electrostatic Precipitator* (ESP) yang telah dibuat harus ditambah tegangannya dan tahapan pemrosesan agar diperoleh tingkat efisiensi yang tinggi dalam menyaring polusi udara.

Kata Kunci : ESP, *Electrostatic Precipitator*, *Discharge Electrode*, *Collecting Electrode*, Tegangan Tinggi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan sangat diperlukan dipertahankan dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan dukungan bagi organisme secara optimal. Pencemaran udara secara umum didefinisikan sebagai udara yang mengandung satu atau lebih bahan kimia dalam konsentrasi yang cukup tinggi menyebabkan gangguan atau bahaya pada manusia, binatang, dan tumbuh-tumbuhan. Ada dua jenis penyebab pencemaran udara yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal (alamiah) seperti : debu yang beterbangan karena angin, abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi mengikuti gas vulkanik dan proses dpembusukan sampah organik dan lain-lain. Sedangkan faktor eksternal (disebabkan oleh manusia) seperti : hasil pembakaran bahan bakar fosil, debu/bubuk dari kegiatan industri dan penggunaan bahan kimia yang disemprotkan ke udara. (Sengkey et al., 2011) Debu merupakan salah satu bahan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*Suspended Particulate Matter*). Dalam hal terjadi pencemaran udara baik di dalam maupun di luar (*Indoor or Out Door Pollution*) debu sering dijadikan sebagai salah satu indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Partikel debu akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang-layang di udara kemudian masuk kedalam tubuh manusia melalui pernafasan. (Martadinata, 2013) Hal tersebut mendorong penulis untuk mengangkat permasalahan diatas sebagai penelitian dengan judul : ***“Prototype Electrostatic Precipitator (ESP) Sebagai Alat Penangkap Debu Berbasis Internet of Things (IoT)”***.

TINJAUAN PUSTAKA

Uraian Teori

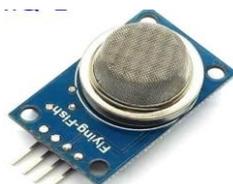
ESP32



Gambar 1. *Internet of Things* (IoT) ESP32
Sumber : (Hutasoit, 2022)

ESP32 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif Sistem dan merupakan penerus dari salah satu jenis mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip, sehingga mendukung dalam pembuatan sistem aplikasi *Internet of things*.

Sensor MQ2



Gambar 2. Sensor MQ-2
Sumber : (Setyawan et al., 2021)

Sensor MQ-2 merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta knalpot dan knalpot dibaca sebagai tegangan analog. Sensor gas asap MQ-2 bisa langsung Sesuaikan sensitivitas dengan memutar trimpot. Sensornya normal digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas baik di rumah maupun di industri. Gas yang dapat dideteksi meliputi: LPG, i-butana, propana, metana, alkohol, Hidrogen, asap. Sensor ini sangat cocok di gunakan untuk peralatan darurat sebagai pendeteksi gas, seperti pendeteksi kebocoran gas, deteksi sesegera mungkin untuk pencegahan kebakaran dan lain-lain.

Exhaust Fan



Gambar 3. *Exhaust Fan*
Sumber : (Yunus, 2023)

Alat ini berfungsi untuk menyedot udara panas di dalam ruangan dan membuangnya di luar dan pada saat yang sama menyedot udara segar di luar ke dalam ruangan. Fungsi lain dari *exhaust fan* adalah untuk mengatur volume udara yang akan disirkulasikan ruang. Agar sehat, setiap ruangan membutuhkan sirkulasi udara yang berbeda sesuai dengan fungsinya. Pada tugas akhir ini *exhaust fan* digunakan untuk mengalirkan udara untuk distribusi. Kipas angin atau blower banyak digunakan di industri untuk memindahkan volume udara atau gas melalui saluran tetapi juga digunakan untuk memasok udara dalam proses pengeringan, penghilangan zat tersuspensi dalam aliran gas, penghilangan asap, kondensasi menara, suplai udara untuk pembakaran boiler, penghilangan debu, aerasi limbah, pengering pendingin proses industri, sistem ventilasi dan aplikasi sistem aliran tinggi dan tekanan rendah. (Achmad, 2023)

Flyback Trafo



Gambar 4. *Flyback Trafo*
Sumber : (Yunus, 2023)

Flyback Transformer (FBT), juga disebut "*Line Output Transformer*" (LOPT) adalah transformator khusus yang digunakan untuk menghasilkan sinyal tegangan tinggi (HV) pada frekuensi yang relatif tinggi. Itu dibuat sebagai perangkat untuk mengontrol gerakan horizontal berkas elektron dalam tabung sinar katoda (CRT). Seperti halnya semua *transformator step up*, ia menerima tegangan rendah dan mengubahnya menjadi tegangan tinggi. (Fathony, 2021)

Collecting Electrode (CE)



Gambar 5. lembar aluminium
Sumber : (Yunus, 2023)

Collecting electrode atau pelat pengumpul merupakan komponen utama ESP berupa pelat aluminium yang membentuk saluran sesuai ukuran diameter pipa, yang diberi muatan positif. *Collecting plate* berfungsi menarik partikel debu bermuatan sehingga debu akan menempel pada pelat. (Matondang, 2023)

Discharge Elektrode (DE)



Gambar 6. Kawat Baja
Sumber : (Yunus, 2023)

Discharge electrode (DE) merupakan bagian dari ESP yang berupa kawat baja yang dibentuk sesuai ukuran diameter pipa dan diletakkan didalam pipa berdekatan dengan *collecting plate*. DE akan diberi arus listrik searah (DC) bermuatan negatif dengan tegangan yang tinggi sebesar KvDC. DE memiliki muatan negatif yang dipakai untuk menyebarkan elektron bebas yang berfungsi memberi muatan (*charging*) kepada partikel debu.

Modul *Stepdown* LM2596



Gambar 2. 1 Modul *Stepdown* LM2596
Sumber : (Anggraini, 2015)

Trafo *stepdown* adalah trafo yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik dan menyesuaikannya kebutuhan elektronik. *Transformator* ini melakukan aksinya dengan mengubah tegangan dan arus tanpa menyebabkan perubahan frekuensi. Modul trafo *step down* LM2596 adalah sirkuit terintegrasi yang berfungsi sebagai konverter DC step down dengan rating arus 3A. Ada beberapa varian modul seri ini yang bias dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu versi adjustable tegangan keluaran dapat disesuaikan, dan versi keluaran tegangan tetap adalah tegangan output tetap. Dalam penelitian ini menggunakan serangkaian modul yang dapat disesuaikan yang tegangan keluarannya dapat berubah. Keunggulan modul *step down* LM2596 dibandingkan dengan resistor /potensiometer *step down*, resistansi adalah tegangan output tidak berubah (stabil) walaupun tegangan input berfluktuasi.

Modul *Relay* 1 Channel



Gambar 7. Modul *Relay* 1 Channel
Sumber : (Anggraini, 2015)

Modul ini adalah modul relai yang dirancang untuk beralih Perangkat daya tinggi Arduino. Cara kerja relai adalah bias memutus dan menghubungkan aliran listrik pada rangkaian. Mengangkut menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik kecil (*low power*) bisa menghantarkan listrik bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relai yang menggunakan elektro magnet 5V dan mampu 50 mA pindahkan *armature relay* (yang berfungsi sebagai saklar) ke menghantarkan listrik 220V 2A. Sakelar Kontrol HIDUP/MATI (relai), sepenuhnya ditentukan oleh nilai keluaran sensor, yaitu setelah diproses mikrokontroler akan menghasilkan perintah ke relai untuk melakukan fungsi ON/OFF.

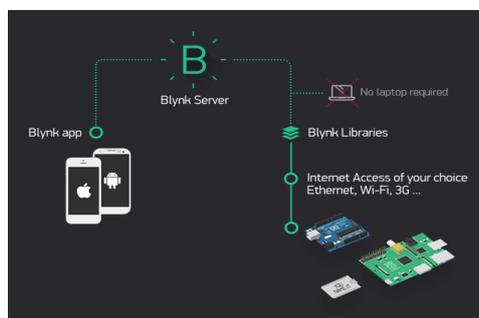
Push Button



Gambar 8. *Push Button*
Sumber : (Pradinova, 2017)

Sakelar tombol tekan (*push button*) adalah perangkat / sakelar yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutus aliran arus listrik dengan sistem push unlock yang berfungsi (*unlocked*). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai perangkat menghubungkan atau memutus arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol ditekan tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali ke kondisi normal. Sebagai menghubungkan atau melepaskan perangkat, sakelar tombol tekan hanya memiliki 2 status, yaitu Hidup dan Mati (1 dan 0).

Aplikasi Blynk



Gambar 9. Cara Pengaplikasian *Blynk*
Sumber : (Nur & Sahrani, 2022)

Blynk adalah platform untuk aplikasi *OS Mobile (iOS dan Android)* yang bertujuan untuk kendali module *arduino, raspberry Pi, ESP32, WEMOS D1*, dan modul sejenisnya melalui internet. Cara kerja *blynk* dapat dilihat pada gambar 9, di mana pengguna dapat menggunakan imajinasi mereka untuk merancang antarmuka pengguna grafis untuk proyek yang hanya akan diimplementasikan melalui pendekatan *widget drag and drop*. Menyiapkan semuanya hanya membutuhkan beberapa menit dan sangat sederhana. *Blynk* tidak tergantung pada papan atau modul tertentu. Kami dapat mengoperasikan semuanya dari jarak jauh melalui *platform* aplikasi ini, dari lokasi mana pun, kapan pun. Sistem *Internet of Things (IoT)* adalah sistem di mana perangkat terus terhubung ke internet.

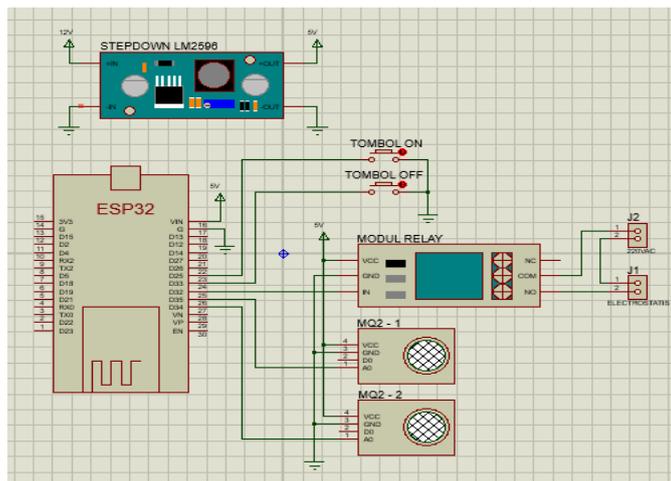
METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Pada langkah perancangan ini, metode yang digunakan dalam penelitian meliputi perangkat keras dan perancangan perangkat lunak pada sistem kontrol dan *monitoring* sistem kontrol *Electrostatic Precipitator (ESP)*. Dimana menggunakan 2 unit sensor sebagai inputan untuk mengendalikan sistem kontrol alat penangkap debu. Diproses oleh ESP-32 sebagai pusat pengendalian *input/output*-nya, menggunakan modul wifi sebagai integrasi konsep Internet of Things untuk kontrol dan monitoring jarak jauh.

Perancangan Perangkat Keras Secara Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan perangkat keras sistem pengendalian terdiri dari beberapa komponen yaitu: ESP-32, 2 buah Sensor MQ2, 2 buah *Push Button*, Modul *Relay*, *Stepdown LM2596* dan *Electrostatic Precipitator (ESP32)*.



Gambar 10. Perancangan Perangkat Keras Secara Keseluruhan

Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak adalah proses pembuatan program ESP32 menggunakan aplikasi Arduino IDE yang dijalankan pada operating sistem windows untuk monitoring kondisi debu pada alat *Electrostatic Precipitator* (ESP) menggunakan aplikasi *blynk* iot yg di jalankan pada smartphone android. ESP-32 terhubung ke aplikasi *blynk* melalui koneksi wifi (internet) untuk keperluan pemrosesan. Arduino IDE adalah tempat untuk membuat program rangkaian masukan atau keluaran. Arduino juga dapat digunakan sebagai tempat pengembangan program objek interaktif. Untuk dapat melakukan pemrograman dengan Arduino IDE yang benar maka harus terhubung dengan ESP32. Dan dibawah ini adalah gambar tampilan dari *software* Arduino IDE dan gambar tampilan dari *software* *Blynk* IoT tersebut.

```

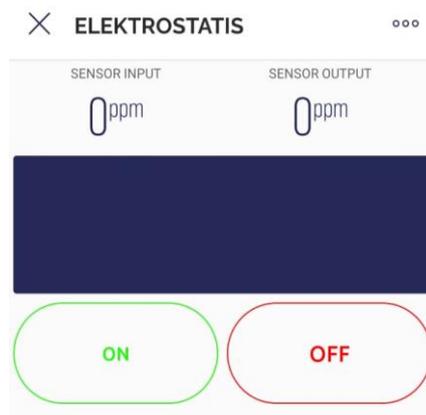
ARDUINO_ELECTROSTATIC | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help

ARDUINO_ELECTROSTATIC
#define BLYNK_TEMPLATE_ID          "IMPLEHTLIXOKK"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME       "Quickstart Device"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN          "LcPCau0JKowcskUaGKuRwr5krIk3h1W"
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <MQ2.h>
const int pinElectrostatics = 26; //32;
const int pinON = 32;
const int pinOFF = 25;
//change this with the pin that you use
int pin1 = 35;
int pin2 = 34;
int smoke1;
int pbON, pbOFF;
int blynkON, blynkOFF;
int tbON, tbOFF;
MQ2 mq2_1(pin1);
MQ2 mq2_2(pin2);
int smoke2;
char ssid[] = "Semangat TA23";
char pass[] = "WISUDA2023";
BLYNK_WRITE(V3) {
  blynkON = param.asInt();
  tbON = blynkON;
  if (tbON == HIGH) {
    digitalWrite(pinElectrostatics, HIGH);
  }
}

```

Gambar 11. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)



Gambar 12. Menu Dalam Perangkat Lunak (*Software*)

Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam melakukan penelitian untuk rancang bangun *Elctrostatic Precipitator* (ESP) adalah sebagai berikut:

1. Observasi
Observasi yang dilakukan yaitu mengamati secara langsung kondisi khususnya dilingkungan PLTU yang berada di Labuhan Angin dan penanganan dalam pengoperasian penangkapan debu hasil pembakaran batubara di boiler tersebut.
2. Studi Literatur
Pengumpulan data dengan cara mengumpulkan jurnal, paper, Laporan dan bacaan-bacaan yang ada kaitannya dengan judul penelitian yang dibuat.
3. Rumusan Masalah
Pada langkah ini menentukan suatu permasalahan yang dihadapi dalam mengintegrasikan antara ESP-32 dengan Sensor MQ2 agar dapat memantau dan mengontrol alat penangkapan debu.
4. Pengolahan data
Pada langkah ini data-data dari penelitian, pengumpulan data dan rumusan masalah yang telah didapat kemudian diolah untuk mendapatkan solusi dari permasalahan tersebut.
5. Pembuatan Alat
Pada langkah ini setelah dari data-data yang sudah didapat dan menemukan solusi, kemudian melakukan perancangan alat yang menjadi solusi dari permasalahan yang telah diamati untuk menyelesaikan permasalahan yang sudah di amati.
6. Pengujian Alat
Pada langkah yang terakhir ini, jika alat yang dibuat sudah selesai. Dilakukan pengujian alat yang dimana bertujuan apakah alat tersebut sudah berjalan sesuai dengan keinginan dan tujuan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Sehingga ketika alat sudah selesai dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan yang ada.

Lokasi Penelitian

Sekitar Area Bengkel Teknik Listrik Politeknik Negeri Medan di Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Sistem Sensor MQ2

Dalam pengujian rangkaian sensor input dan *output* MQ-2 ini hanya memperhatikan kondisi saat tidak ada asap atau saat ada asap dari pembakaran material tertentu. Pengujian sensor MQ-2 dengan cara membakar kertas, plastic dan daun pada bagian bawah pipa dari sisi kiri alat sehingga asap akan masuk melalui input sisi kiri pada bagian bawah pipa dan akan disensor oleh Sensor input MQ-2 kemudian asap juga akan melalui output sensor MQ-2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Sensor MQ2

Posisi Sensor MQ 2	Tanpa Debu (PPM)	Hasil Pembakaran		
		Kertas (PPM)	Plastik (PPM)	Daun (PPM)
<i>Input</i>	0	641	174	256
<i>Output</i>	0	642	162	253

Pada posisi *input* dan *output* saat kondisi udara normal atau tanpa asap yang diukur adalah 0 dan 0 PPM, hal ini berada pada tahap aman untuk standar kadar polusi. Adapun *input* dan *output* ketika ada asap selalu berubah sesuai dengan tingkat asap yang keluar dari hasil pembakaran.

2. Hasil Pengujian dan Pengukuran Sistem Rangkaian Tegangan Tinggi

Dalam pengujian sistem rangkaian tegangan tinggi ini, penulis menguji apakah rangkaian sudah sesuai dengan yang diinginkan. Untuk mengukur tegangan dan arus pada rangkaian primer penulis menggunakan multimeter digital agar melihat hasil pengukurannya. Namun pada sisi sekunder, penulis hanya bisa mengukur arus dengan menerapkan beban menggunakan potensiometer, karena multimeter yang ada tidak bisa mengukur tegangan yang ada.

Tabel 2. Hasil Pengujian dan Pengukuran Sistem Rangkaian Tegangan Tinggi

Parameter	Hasil
Tegangan <i>Input</i>	12,2 V
Arus <i>Input</i>	0,78 A
Arus <i>Output Flyback</i> Trafo	1,5 mA
Tegangan <i>Output Flyback</i> Trafo	6,3 KV

Pada bagian rangkaian tegangan tinggi, sistem bekerja sehingga dari tegangan 12,2 Vdc dapat menghasilkan tegangan sebesar 6,3 KVdc. Kemudian pada *flyback* trafo berdasarkan hasil pengukuran bahwa *flyback* trafo yang digunakan mempunyai perbandingan 1:520, sehingga input 1 V ke primer trafo akan menghasilkan 0,52 kV dan jika dimasukkan tegangan 12,2 V maka tegangan akan menjadi 6,3 kV.

3. Hasil Pengujian Alat *Electrostatic Precipitator* (ESP)

Setelah melakukan beberapa pengujian di atas dan hasilnya memuaskan, para penguji mulai menguji langsung *electrostatic precipitator* (ESP). Penguji memulai pengujian dengan menyalakan suplai tegangan pada bagian kontrol Aplikasi *Blynk* IoT pada *smartphone* yang sudah terhubung dengan ESP32 dan setelah itu baru menyalakan suplai tegangan dari rangkaian tegangan tinggi. Setelah alat dalam posisi stabil, penulis memulai dengan membakar bahan uji pada bagian *input electrostatic precipitator* (ESP) sehingga sensor MQ-2a pada bagian input akan merasakan peningkatan polusi asap dalam ppm pada bagian input dan akan memberikan perintah kepada Aplikasi *Blynk* IoT pada saat polusi asap telah terdeteksi untuk menghidupkan rangkaian tegangan tinggi yang mensuplai kedua elektroda tersebut agar bekerja menahan dan menangkap debu atau asap yang lewat. Dalam hal ini, data berikut diperoleh dari kedua sensor MQ-2 pada bagian *input* dan *output*

Tabel 3. Hasil Pengujian Alat *Electrostatic Precipitator* (ESP)

Posisi Sensor MQ 2	Hasil Pembakaran		
	Kertas (PPM)	Plastik (PPM)	Daun (PPM)
<i>Input</i>	637	198	246
<i>Output</i>	243	70	89

Dari hasil sensor yang didapatkan pada sensor MQ-2 *input* dan MQ-2 *output* pada hasil pembakaran kertas, plastik, dan daun. Didapatkan tingkat efisiensi berturut-turut 62%, 65% dan 64%.. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar muatan polusi yang melewati alat maka semakin kecil juga tingkat keefisienan kerja alat.

SIMPULAN

Alat *Electrostatic Precipitator* (ESP) ini dapat dikendalikan dari jarak jauh apabila terdeteksi asap/debu pada sensor MQ2 dengan mengirimkan informasi melalui Aplikasi *Blynk* IoT yang terhubung pada ESP32. Alat ini hanya memiliki efisiensi rata-rata 63% dalam menyaring polusi asap karena alat ini hanya berupa miniatur dari alat yang sebenarnya. Alat ini memiliki spesifikasi tegangan 6.3 kV dan satu tahap proses *pemfilteran* polusi, sedangkan perangkat sebenarnya memiliki spesifikasi tegangan hingga 72 kV dan proses penyaringan polusi tiga tahap.

SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang lebih efisien, alat *Electrostatic Precipitator* (ESP) haruslah mendapatkan tegangan tinggi arus searah yang lebih besar. Kemudian alat ini juga membutuhkan penambahan beberapa tahap *pemfilteran* agar polusi udara akan tertangkap dengan baik, tempat penampungan debu agar partikel debu yang menempel dapat terkumpul dan pengamanan untuk keseluruhan sistem alat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad. (2023). *Rancang Bangun Prototype ESP Untuk Pengendapan Debu Limbah Industri Dengan Menggunakan Transformator Flyback. 1*, 21–38.
- Anggraini. (2015). *Rancang Bangun Sistem Informasi Inventori Pada PT. Indosat TBK. 1*, 5–45.
- Fathony, A. F. (2021). Rancang Bangun Prototype ESP Untuk Pengendapan Debu Limbah Industri Dengan Menggunakan Transformator Flyback. *SinarFe7*, 4(1), 585–594.
- Hutasoit, D. J. (2022). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid 450 Va*. [http://eprints.polsri.ac.id/11545/%0Ahttp://eprints.polsri.ac.id/11545/3/FILE III.pdf](http://eprints.polsri.ac.id/11545/%0Ahttp://eprints.polsri.ac.id/11545/3/FILE%20III.pdf).
- Martadinata. (2013). *Rancang Bangun Electrostatic Precipitator (ESP) Sebagai Penangkap Debu Layang Indoor Berbasis Mikrokontroler*. 1–13.
- Matondang. (2023). *Sistem Kinerja Electrostatic Precipitator (ESP) Untuk Menangkap Debu Hasil Pembakaran Boiler Di PT PLN Indonesia Power Labuhan Angin PGU. 1*.
- Nur, J., & Sahrani, A. (2022). PENERAPAN IoT PADA SISTEM PENGONTROL LAMPU MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266. *Jurnal Informatika*, 11(2), 213. <https://doi.org/10.55340/jiu.v11i2.450>.
- Pradinova, E. (2017). APLIKASI PLC CPM1A PADA MODEL MESIN MIX FILLING UNIT AAA PT. ENERGIZER INDONESIA. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 15(2), 9–25.
- Sengkey, S. L., Jansen, F., & Wallah, S. (2011). Tingkat Pencemaran Udara Co Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro. *Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING*, 1(2), 2087–9334.
- Setyawan, E., Chotijah, U., & Bhakti, H. D. (2021). Implementasi Pemadam Kebakaran Otomatis Pada Ruangan Menggunakan Pendeteksi Asap Suhu Ruangan Dan Sensor Api Berbasis Esp32 Dengan Metode Fuzzy Sugeno Dan Internet of Things (Iot). *Indexia*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.30587/indexia.v3i1.2850>.