

KINERJA *ELECTROSTATIC PRECIPITATOR* (ESP) UNTUK MENANGKAP DEBU HASIL PEMBAKARAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

M Syahrudin,¹ Ahmad Hidayat²

¹Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

²Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater No.1 Kampus USU Medan, Kota Medan 20155

m_syahrudin@polmed.ac.id

ABSTRAK

Pencemaran udara yang cukup tinggi menyebabkan gangguan atau bahaya pada manusia, binatang, tumbuh-tumbuhan, dan Properti. Dan Partikel polusi dalam jangka panjang akan terbang di udara yang kemudian memasuki pernafasan. Ini berbahaya bagi kesehatan manusia. Namun sering kali memerlukan pemantauan dan pengendalian yang intensif. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dan menganalisis kinerja *Electrostatic Precipitator* (ESP) yang dikembangkan dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk menangkap debu hasil pembakaran. ESP-32 adalah salah satu metode yang efektif untuk menghilangkan partikel debu dari pembakaran asap industri, asap pembakaran sampah, dan asap rokok. Integrasi IoT dalam ESP -32 untuk menangkap debu hasil pembakaran membuka potensi peningkatan kinerja, pemantauan real-time, pengendalian jarak jauh, dan pengoptimalan energi. Dengan adanya konektivitas internet, ESP-32 dapat menjadi lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan dalam melaksanakan fungsi utamanya.

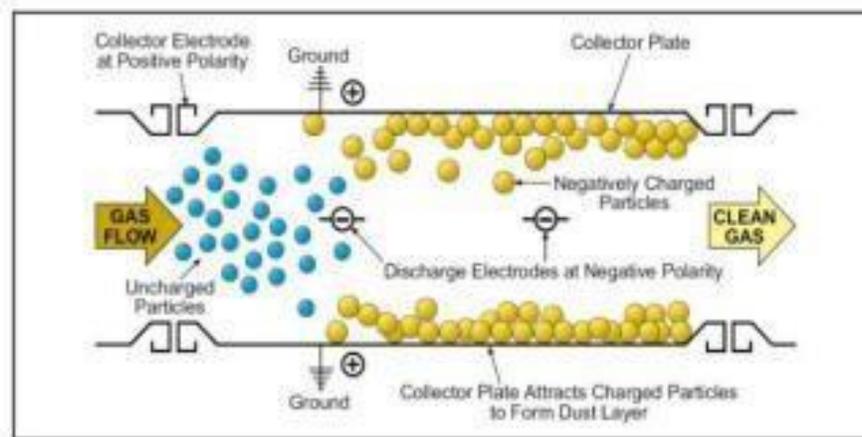
Kata kunci : ESP, *Electrostatic Precipitator*, Debu , IOT, *Internet Of Things*

PENDAHULUAN

Electrostatic Precipitator (ESP) telah menjadi teknologi yang umum digunakan dalam industri untuk menangkap debu hasil pembakaran. Namun, pengoperasian ESP konvensional masih memiliki keterbatasan, seperti pemantauan manual yang tidak efisien dan kurangnya pengaturan yang cerdas (Jon, 2020). Melalui penerapan IoT pada ESP, pengawasan dan pengendalian dapat dilakukan secara terpusat. Data yang diperoleh dari sensor ESP yang terhubung dapat memberikan informasi tentang kondisi operasional ESP (Setiawan, 2017), seperti efisiensi penangkapan debu, suhu, kelembaban, dan lainnya. Informasi ini memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat untuk meningkatkan kinerja ESP (Wicaksono & Aribowo, 2019). Dengan menggunakan IoT, ESP dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen energi yang cerdas. Hal ini memungkinkan pengaturan yang optimal untuk mengurangi konsumsi energi tanpa mengorbankan efisiensi penangkapan debu. IoT juga memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pemeliharaan yang efisien (Fitrianto, 2018).

ESP memiliki efisiensi tinggi umumnya lebih dari 90% efisiensi dan mudah dirawat. Desain ESP yang baik harus mempertimbangkan sejumlah faktor untuk mencapai efisiensi yang tinggi (Afrian et al., 2015). Oleh karena itu, tegangan elektroda pada ESP dan kecepatan partikel drift pada ESP keduanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi ESP (Rofandi & Irwanto, 2022). Efisiensi yang dicapai meningkat dengan meningkatnya tegangan. Efisiensi yang diperoleh menurun atau meningkat tergantung pada jumlah debit udara masuk. Kita dapat membandingkan gas yang masuk dengan gas buang untuk menentukan keefektifan sistem

ESP(Sepfitrah & Rizal, 2015).



Gambar.1. Prinsip *Electrostatic Precipitator* memisahkan abu dari aliran gas buangan menggunakan medan tegangan tinggi(Sepfitrah & Rizal, 2015)

Medan elektrostatis di ESP berkembang dengan prosedur yang dapat dilihat pada gambar 2.1 dan dijelaskan di bawah ini (Untuk et al., 2021):

1. Pada ESP, ada dua jenis elektroda yang berbeda: elektroda pelepasan (*discharge electrode*), yaitu kawat baja yang bermuatan negatif, dan elektroda pengumpul (*collecting electrode*), yaitu plat pengumpul yang bermuatan positif.
2. Plat pengumpul elektroda (CE) diapit di antara elektroda pelepasan.
3. Arus listrik searah (DC) dengan muatan negatif dialirkan ke elektroda pelepasan pada level tegangan antara 55 dan 75 KvDC. (Trafo menaikkan catu daya, yang awalnya 380V AC, menjadi sekitar 55-75 KvDC dan menyearahkannya ke arus DC menggunakan penyearah; hanya potensial negatif yang diambil.
4. Plat pengumpul memiliki muatan positif karena di-grounding.
5. Akibatnya, ketika arus DC dialirkan ke elektroda pelepasan, medan listrik tercipta di area sekitar tirai elektroda, menyebabkan partikel debu tertarik ke plat.

ESP-32 (Pengendali)

Salah satu bentuk mikrokontroler yang diperkenalkan oleh 3 *Espressif System* yaitu ESP-32 yang dapat dilihat pada Gambar 2. merupakan pengganti dari salah satu jenis mikrokontroler ESP8266.(Sepfitrah & Rizal, 2015) Mikrokontroler ini memungkinkan pengembangan sistem aplikasi *internet of things* karena sudah memiliki modul *WiFi* yang terpasang di dalam chip. Berikut ini merupakan port yang tersedia pada ESP-32 Pada pin out tersebut dan mempunyai spesifikasi bisa di lihat pada tabel.1.

1. 18 ADC (*Analog Digital Converter*, berfungsi untuk merubah sinyal analog ke digital).
2. 2 DAC (*Digital Analog Converter*, berfungsi untuk merubah sinyal digital ke analog).
3. 16 PWM (*Pulse Width Modulation*).
4. 10 Touch Sensor
5. 2 jalur antarmuka UART.

6. Pin antarmuka 12C, 12S, dan SPL.



Gambar 2. *Internet Of Things (IoT) ESP-32*

No.	Atribut	Detail
1.	CPU	Tensilica Xtensa LX6 32 bit Dual-core di 160/240 MHz
2.	SRAM	520 KB
3.	FLASH	2MB (max 64MB)
4.	Tegangan	2.2V sampai 3.6V
5.	Arus Kerja	Rata-rata 800 mA

6.	Dapat Diprogram	Ya (C, C++, Phthon, Lua, dll)
7.	<i>Open Source</i>	Ya
Konektivitas		
1.	Wifi	802.11 b/g/n
2.	<i>Bluetooth</i>	4.2 BR/EDR + BLE
3.	UART	3
I/O		

1.	GPIO	32
2.	SPI	4
3.	I2C	2
4.	PWM	8
5.	ADC	18 (12-bit)
6.	DAC	2 (8-bit)

Dalam penggunaan mikrokontroler ESP-32 ini perlu dengan adanya *software* pemrograman yang akan dipakai beberapa *software* yang digunakan akan menjalankan ESP-32 ini misalnya:

1. Arduino IDE
2. Arduino Promini
3. ESP-IDF *Visual studio code extension*
4. *Ekspressif IoT development feamework*

Fungsi pada bagian-bagian board ESP-32 :

1. Soket Micro-USB pada *board* ESP-32
Soket ini digunakan untuk menghubungkan komputer yang dilengkapi ESP-32 melalui koneksi USB. Karena kemampuan ESP-32 untuk koneksi serial, soket ini digunakan untuk mengunggah program dan juga dapat digunakan untuk *debugging serial*.
2. Tombol *Booting (BOOT)*
Papan ESP-32 dapat diprogram dengan mengunggah program menggunakan tombol *boot* ini. Tombol *boot* harus ditekan untuk mengunggah perangkat lunak. Jika tombol *Boot* dan EN ditekan bersamaan, mode *upload firmware* akan diaktifkan.
3. *LED* Merah pada ESP-32 LED
Indikasi catu daya adalah struktur merah yang terpasang pada papan ESP-32. Alhasil, saat board ESP-32 disambungkan ke *power supply*, *LED* merah akan menyala.
4. *LED* Biru pada ESP-32
LED yang telah terpasang pada pin GPIO adalah *LED* Biru yang telah terpasang pada *board* ESP-32. Pemrograman yang dibuat memungkinkan kontrol *on/off LED* biru.
6. Pin *Input/Output* ESP-32
Semua pin *input/output (I/O)* pada papan ESP-32 dapat diakses melalui pin *break-out*. Pin ini dapat melakukan operasi baca/tulis digital dan analog serta PWM, IIC, SPI, DAC, dan fungsi lainnya.
7. ESP-WROOM-32
Sistem Espressif menciptakan mikroprosesor 32-bit yang disebut ESP-WROOM-32.
8. Tombol EN pada *board* ESP-32
Tombol EN ESP-32 berfungsi sebagai tombol reset. Kode berjalan modul ESP-32 dapat

diatur ulang menggunakan tombol reset. Daerah dengan medan listrik terbesar adalah elektroda muatan.

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan Pembuatan Rancangan / Alat

a. Alat

Pembuatan rancang bangun ini menggunakan beberapa alat yang akan dijelaskan pada table 2 yang ada dibawah ini.

Tabel 2. Alat-alat Yang Digunakan

No.	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
1.	Laptop hp	1	Membuat program dan untuk mengetik laporan
2.	Solder	1	Untuk menyolder
4.	Multitester	1	Mengecek tegangan dan arus yang mengalir
5.	Kabel	1	Secukupnya
6.	Penggaris	1	Untuk mengukur
7.	Handphone	1	Untuk menerima pesan
8.	Lem	1	Secukupnya

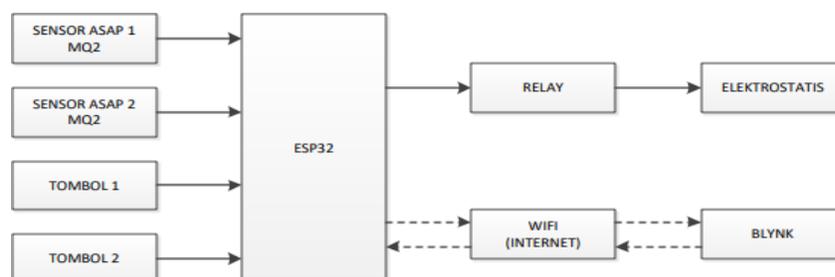
b. Bahan

Pembuatan rancang bangun ini menggunakan beberapa bahan yang akan dijelaskan pada tabel 3 yang ada dibawah ini.

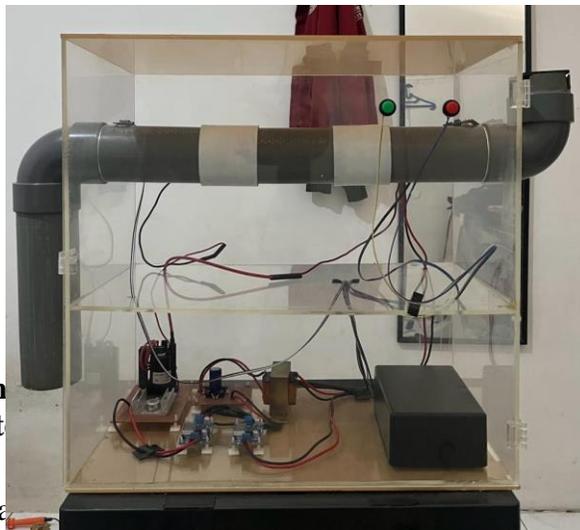
Tabel 3. Bahan Yang Digunakan

No.	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
1.	ESP-32	1	Mikrokontroler
2.	Sensor MQ-2	2	Sebagai pendeteksi debu
4.	Exhaust Fan	1	Untuk menghisap debu
5.	Flyback Transformator	1	Untuk menaikkan tegangan tinggi
6.	Power Supply	1	Sebagai sumber daya
7.	Modul Stepdown	1	Untuk mengatur tegangan
8.	Push button	2	Untuk menghidupkan dan mematikan alat secara manual

Diagram blok sistem deteksi kondisi tempat pengendapan debu menggunakan sensor MQ-2 dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3. Blok Diagram Perancangan Alat



Hasil dan Pembahasan
1. Hasil Pengujian Sist

Pada gambar 3.1 menunjukkan sensor MQ-2 yang digunakan untuk mendeteksi asap. Pengujian dilakukan dengan membakar kertas dan bagian bawah pipa dari samping kiri alat dan asap akan masuk dan disensor oleh sensor MQ-2 *input* selanjutnya asap juga akan melalui sensor MQ-2 *output*. Dilakukan hal yang sama dalam melakukan pengujian pada pembakaran plastik dan daun. Berikut hasil pengujian tersebut yang mana bisa dilihat pada tabel 4.2



Gambar 6. Pengujian Sensor MQ-2 dengan Menggunakan Kertas

Tabel 4. Pengujian Sensor MQ-2

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

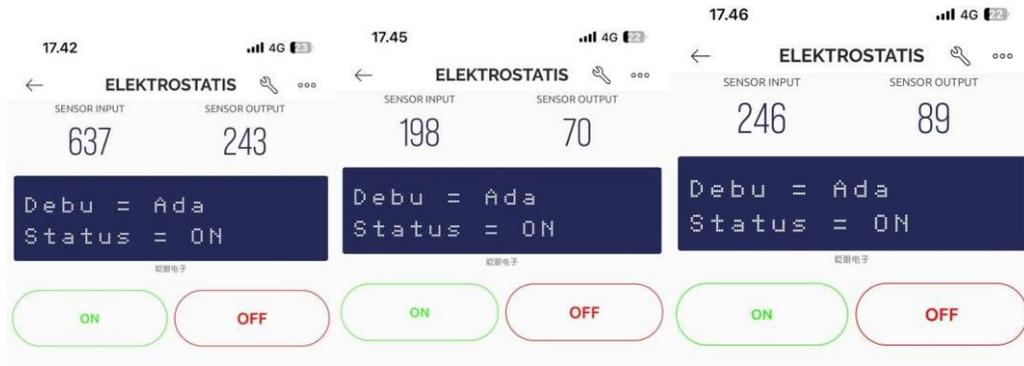
Saat keadaan udara normal atau tanpa adanya asap maka pada posisi *input* dan *output* yang terukur adalah 0 dan 0 PPM, dalam tahap ini termasuk aman untuk standar tingkat polusi. Dan pada saat adanya asap maka *input* dan *output* juga akan selalu berubah ubah sesuai dengan adanya kadar asap yang keluar dari hasil pembakaran.

2. Hasil Menguji Alat *Electrostatic Precipitator*

Selanjutnya penguji melakukan uji langsung menggunakan alat *electrostatic precipitator*. Pengujian dimulai dengan menghidupkan *supply* tegangan bagian control pada aplikasi *Blynk IoT* pada *smartphone* dan sudah terhubung ke ESP 32, jika sudah selanjutnya menghidupkan *supply* tegangan dari rangkaian tertinggi. Jika alat sudah dalam posisi siap, penguji dimulai dengan membakar bahan pengujian pada bagian input dari alat *Electrostatic Precipitator* (ESP) sehingga pada sensor MQ-2 bagian *input* akan memberi perintah pada aplikasi *Blynk IoT*. Jika polusi asap sudah terdeteksi untuk menghidupkan rangkaian tegangan tinggi untuk mensupply kedua elektroda sehingga bekerja menahan serta menangkap debu atau asap yang ada.

Tabel 5. Hasil sensor MQ-2 pada tanggal 29 Juni 2023

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



Gambar 7. Tampilan *Bylink* Pada Tanggal 29 Juni 2023

Tabel 6. Hasil Sensor MQ-2 Pada Tanggal 30 Juni 2023

Posisi Sensor MQ-2	Hasil Pembakaran		
	Kertas (PPM)	Plastik (PPM)	Daun (PPM)
Input	774	166	253
Output	310	64	94



Gambar 8. Tampilan *Bylink* Pada Tanggal 30 Juni 2023

Tabel 7. Hasil Sensor MQ-2 Pada Tanggal 01 Juli 2023

Posisi Sensor MQ-2	Hasil Pembakaran		
	Kertas (PPM)	Plastik (PPM)	Daun (PPM)
Input	553	202	231
Output	227	81	88



Gambar 9. Tampilan *Bylink* Pada Tanggal 01 Juli 2023

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sistem kerja dari perancangankomponen berupa sistem *Electrostatic Precipitator* hingga terhubung ke *Internet of Things* bekerja dengan baik.
2. Mengetahui hasil efesien sistem kerja *Electrostatic Precipitator*, semakin sering di gunakan alat tersebut semakin menurun tingkat efesien sistem kerja *Electrostatic Precipitator* dan begitu juga untuk sensor MQ-2.
3. Akurasi dari hasil pembakaran dalam satuan PPM(Part Per Million) belum dipastikan keakurasiannya dikarenakan tidak adanya alat ukur kadar asap/debu sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrian, N., Ervianto, E., & Firdaus. (2015). Analisa Kinerja Electrostatic Precipitator (ESP) Berdasarkan Besarnya Tegangan DC yang digunakan terhadap Pulp and Paper. *Jom FTEKNIK*, 2(2), 1–12.
- Fitrianto, A. (2018). *Analisa Kinerja Electrostatic Precipitator (Esp) Berdasarkan Hasil Dari Perubahan Emisi Pada Power Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Studi Kasus Di Pltu* 1–13. [http://eprints.uty.ac.id/2367/1/Naskah Publikasi_Ardy Fitrianto_5140711020.pdf](http://eprints.uty.ac.id/2367/1/Naskah_Publikasi_Ardy_Fitrianto_5140711020.pdf)
- Jon, W. (2020). Analisis Kinerja Electrostatic Precipitator (ESP) Berdasarkan Pembagian Besarnya Arus Transformator Di PT PJB UBJOM PLTU Paiton. *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, 14(2), 45–57. <https://doi.org/10.21776/jeeccis.v14i2.637>
- Rofandi, M. N., & Irwanto. (2022). Sistem Kerja Electrostatic Precipitator (ESP) Untuk Menangkap Abu Hasil Proses Pembakaran di PLTU PT. Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 376–386. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1743>
- Sepfitrah, & Rizal, Y. (2015). Analisis Electrostatic Precipitator (Esp) Untuk Penurunan Emisi Gas Buang Pada Recovery Boiler. *Jurnal APTEK*, 7(1), 53–64. www.flowvision-energy.com
- Setiawan, M. F. (2017). *KINERJA OPERASI ELECTROSTATIC PRECIPITATOR SEBAGAI ALAT PENANGKAP DEBU BOILER BERDASARKAN TEGANGAN DAN LAJU DEBU DI PT PLN (PERSERO) PLTU TELUK SIRIH*.
- Untuk, D., Salah, M., Syarat, S., & Gelar, M. (2021). *Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Kesarjanaan*. 426312.
- Wicaksono, M. H. D., & Aribowo, W. (2019). Pengendalian Motor DC Menggunakan Arduino Uno Pada Rancang Bangun Electrostatic Precipitator. *INAJEEE Indonesian Journal of Electrical and Eletronics Engineering*, 2(2), 63–67. <https://doi.org/10.26740/inajeee.v2n2.p29-33>