

**SISTEM *MONITORING* DAN *CONTROLLING* MAGNETIC SEPARATOR
PADA *CONVEYOR BELT* BATUBARA MENGGUNAKAN GELOMBANG
ULTRASONIK DI PLTU PELABUHAN RATU, JAWA BARAT**

SKRIPSI

Dede Ajudin

20210120004



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2025**

**SISTEM *MONITORING* DAN *CONTROLLING* MAGNETIC SEPARATOR
PADA *CONVEYOR BELT* BATUBARA MENGGUNAKAN GELOMBANG
ULTRASONIK DI PLTU PELABUHAN RATU, JAWA BARAT**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*

Dede Ajudin

20210120004



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2025**

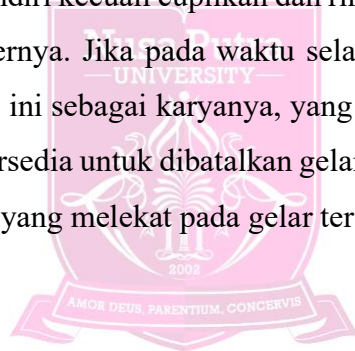
PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : SISTEM *MONITORING* DAN *CONTROLLING* MAGNETIC
SEPARATOR PADA *CONVEYOR BELT* BATUBARA
MENGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK DI PLTU
PELABUHAN RATU, JAWA BARAT

NAMA : DEDE AJUDIN

NIM : 20210120004

Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti - bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.



Sukabumi, 12 Agustus 2025

Materai

DEDE AJUDIN

Penulis

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : SISTEM *MONITORING* DAN *CONTROLLING* MAGNETIC
SEPARATOR PADA *CONVEYOR BELT* BATUBARA
MENGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK DI PLTU
PELABUHAN RATU, JAWA BARAT

NAMA : DEDE AJUDIN

NIM : 20210120004

Skripsi ini telah dipriksa dan disetujui
Sukabumi 12 Agustus 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Panji Naputro, S.T., M.T

NIDN. 0427027803



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si

NIDN. 0407098009

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Panji Naputro, S.T., M.T

NIDN. 0427027803

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : SISTEM *MONITORING* DAN *CONTROLLING* MAGNETIC
SEPARATOR PADA *CONVEYOR BELT* BATUBARA
MENGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK DI PLTU
PELABUHAN RATU, JAWA BARAT

NAMA : DEDE AJUDIN

NIM : 20210120004

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 12 Agustus 2025 Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik

Sukabumi 12 Agustus 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Panji Naputro, S.T., M.T

NIDN. 0427027803

Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si

NIDN. 0407098009

Ketua Penguji

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ir. Marina Artiyasa, ST.,MT,IPM

NIDN. 0403127308

Panji Naputro, S.T., M.T

NIDN. 0427027803

PLH. Dekan Fakultas Teknik Komputer dan Desain

Ir. Pikun, S.T.,M.T.,IPM.,ASEAN Eng

NIDN. 0402037401

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan kekuatan yang telah diberikan, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Istriku tercinta

yang selalu hadir dalam setiap langkah perjuangan ini. Terima kasih atas cinta, do'a, kesabaran, dan dukungan tanpa henti yang telah engkau berikan. Engkaulah sumber semangat dalam setiap jatuh bangunku, penguat dalam kelelahan, dan penenang dalam kegelisahan.

Kedua orang tuaku

yang telah membesarkan dengan penuh kasih sayang, mendidik tanpa lelah, dan selalu mendoakan dalam setiap sujudnya. Terima kasih atas pengorbanan dan segala yang tak terucapkan.

Semoga skripsi ini menjadi awal dari kontribusi kecil saya bagi ilmu pengetahuan dan kehidupan yang lebih baik.



ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem *monitoring* dan *controlling* berbasis *Internet of Things* (IoT) pada *magnetic separator* di *conveyor belt* batubara PLTU Pelabuhan Ratu, Jawa Barat. Sistem konvensional yang digunakan sebelumnya memiliki keterbatasan dalam pemantauan *real-time*, sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan peralatan dan menurunkan efisiensi operasi. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan mikrokontroler ESP8266 dan sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk mendeteksi ketinggian aliran batubara serta akumulasi logam pada *magnetic separator*. Data sensor dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk untuk ditampilkan dalam bentuk indikator digital sekaligus mengendalikan aktuator pembuangan logam secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sensor dengan *error* relatif rata-rata $<2\%$ pada rentang 20–100 cm, respon sistem cepat, serta kemampuan mengaktifkan aktuator sesuai kondisi deteksi. Implementasi sistem terbukti meningkatkan efektivitas pemisahan logam, mencegah potensi kerusakan pada coal mill, dan mendukung kontinuitas pembakaran boiler.

Kata kunci: *ESP8266, Magnetic Separator, IoT, Sensor Ultrasonik, Blynk, Conveyor Belt*

ABSTRAC

This study designs and implements an Internet of Things (IoT)-based monitoring and controlling system for the magnetic separator installed on the coal conveyor belt at Pelabuhan Ratu Steam Power Plant, West Java. The conventional system in use has limitations in real-time monitoring, potentially causing equipment damage and reducing operational efficiency. The proposed system employs an ESP8266 microcontroller and JSN-SR04T ultrasonic sensors to measure coal flow height and detect metal accumulation on the magnetic separator. Sensor data are transmitted in real time to the Blynk application, which provides digital visualization and automatically controls the metal disposal actuator. Experimental results indicate that the sensors achieved an average relative error of less than 2% within the 20–100 cm range, with fast system response and reliable actuator activation according to detection conditions. The implementation improves the effectiveness of metal separation, prevents potential damage to the coal mill, and supports the continuity of boiler combustion.

Keywords: *ESP8266, Magnetic Separator, IoT, Ultrasonic Sensor, Blynk, Conveyor Belt*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul:

“Sistem *Monitoring* dan *Controlling Magnetic Separator* pada *Conveyor Belt* Batubara Menggunakan Gelombang Ultrasonik di PLTU Pelabuhan Ratu, Jawa Barat”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Nusa Putra Sukabumi

Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang

sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi Dr. H Kurniawan, ST.,M., MM.
2. Wakil Rektor I Bidang Akademik Universitas Nusa Putra Sukabumi Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd, MT
3. Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi Panji Narputro, S.T., M.T
4. Dosen Pembimbing I Universitas Nusa Putra Sukabumi. Panji Narputro, S.T., M.T
5. Dosen Pembimbing II Universitas Nusa Putra Sukabumi Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si
6. Dosen Penguji Ir. Marina Artiyasa, ST., MT, IPM
7. Para Dosen Program Studi. Universitas Nusa Putra Sukabumi
8. Orang tua dan keluarga
9. Rekan – rekan mahasiswa

Penulis menyadari bahwa skripisi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat kami harapkan demi perbaikan. Amin Yaa Rabbal 'Alamiin.

Sukabumi, Agustus 2025

Dede Ajudin

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dede Ajudin
NIM : 20210120004
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“SISTEM *MONITORING* DAN *CONTROLLING* MAGNETIC SEPARATOR PADA *CONVEYOR BELT* BATUBARA MENGGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK DI PLTU PELABUHAN RATU, JAWA BARAT “

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/format- kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : SUKABUMI

Pada tanggal : 12 Agustus 2025

Yang Menyatakan

Dede Ajudin

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN PENULIS.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
LEMBAR PERSETUJUN PUBLIKASI.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terkait.....	6
2.2. Teori-Teori Pendukung.....	11
2.2.1. <i>Magnetic Separator</i> pada <i>System Conveyor Belt</i> Batubara.....	11
2.2.2. <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam Sistem Industri.....	12
2.2.3. Mikrokontroler ESP8266 dan Aplikasinya	13

2.2.4. Sensor Ultrasonik dan Prinsip Kerjanya	14
2.2.5. Blynk.....	16
2.2.6. <i>Machine-to-Machine (M2M) Communication</i>	17
2.2.8. Pengolahan Batubara di PLTU.....	17
2.3. Hubungan Teori dengan Penelitian	19
BAB III	20
METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1. Alur Penelitian	20
3.2. Perancangan Sistem.....	22
3.3. Diagram skematik.....	24
3.4. <i>Flowchart System</i>	26
3.5. Instalasi Aplikasi Blynk.....	28
3.6. Desain Letak Sensor.....	29
3.7. <i>Wiring system</i>	30
BAB IV	33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Hasil Pengujian Alat.....	33
4.1.1. Pengujian Simulator Sistem pada <i>software / platform</i>	33
4.1.2. Pengujian Sistem dan Perancangan Komponen Bentuk <i>Prototipe</i>	35
4.2. Pengujian Sensor Ultrasonik JSN-SR04T	37
4.2.1. Tujuan Pengujian.....	37
4.2.2. Metode Pengujian.....	37
4.2.3. Alat Dan Bahan	38
4.2.4. Rumus Perhitungan	38
4.2.5. Tabel Hasil Pengukuran	38
4.2.5. Analisis Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor	39
4.3. Pengujian Sistem (Studi Kasus PLTU Pelabuhan Ratu)	41

4.3.1. Tujuan Pengujian Sistem.....	41
4.2.1 Metode dan Prosedur Pengujian.....	41
4.3.3. Hasil Pengujian Sistem	42
4.3.4. Tampilan Pengujian Pada <i>Blynk</i>	46
4.3.5. Analisis Pengiriman Data ESP8266 ke <i>Platform Blynk</i>	47
4.3.6. <i>Implementasi system panel magnetic separator</i> di PLTU.....	49
BAB V.....	50
KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	57
RAB Pembuatan Sistem	57
Datasheet Komponen.....	58
Skrip Esp8266 dan blynk.....	61



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 1 Magnetic separator	6
Gambar 1 2 Panel sistem magnetic separator konvensional.....	7
Gambar 2 1 Mikrokontroler ESP8266.....	13
Gambar 2 2 Sensor ultrasonic JSN-SR04T	14
Gambar 2 3 prinsip kerja sensor ultrasonik.....	15
Gambar 2 4 Gambar Platfrom (IoT) Aplikasi Blynk	17
Gambar 2 5 Peta Coal Hendling Sytem.....	18
Gambar 3 1 Flowchart Penelitian	20
Gambar 3 2 Diagram Blok sistem	22
Gambar 3 3 Diagram skematik	24
Gambar 3 4 Flowchart System	26
Gambar 3 5 Set up aplikasi blynk.....	28
Gambar 3 6 Desain letak sensor pada belt conveyer dan magnetic separator	29
Gambar 3 7 Wiring System	30
Gambar 4 1 Pengujian Simulator Sistem pada platform	34
Gambar 4 2 Pengujian Prototipe Sistem dan Perancangan Komponen	37
Gambar 4 3 Grafik Error Relatif Hasil Kalibrasi sensor	39
Gambar 4 4 Dokumentasi pengujian kalibrasi sensor	40
Gambar 4 5 Grafik pengujian level jarak flow rate (Sensor 1).....	43
Gambar 4 6 Grafik Hasil pengujian jarak sensor logam (Sensor 2).....	45
Gambar 4 7 Hasil Pengujian penempatan sensor jarak deteksi logam pada MS	45
Gambar 4 8 Tampil sistem monitoring pada platfrom blynk	46
Gambar 4 9 Data pada blynk dan serial monitor arduino ide sensor 1	47
Gambar 4 10 Data pada blynk dan serial monitor arduino ide sensor 2.....	48
Gambar 4 11 Integrasi system panel magnetic separator	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2 1 Penelitian Terkait	8
Tabel 2 2 Datasheet NodeMCU ESP8266.....	13
Tabel 2 3 Tabel Datasheet sensor ultrasonik JSN-SR04T.....	15
Tabel 3 1 Daftar pin koneksi perkomponen	31
Tabel 4 1 Alat Dan Bahan	38
Tabel 4 2 Data hasil kalibrasi sensor.....	38
Tabel 4 3 Hasil Pengujian Level Jarak Flow Rate (Sensor 1).....	42
Tabel 4 4 Hasil Pengujian Sensor Jarak Deteksi Logam (Sensor 2)	44
Tabel 4 5 Delay pengiriman data ESP8266 ke blynk.....	48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu infrastruktur vital dalam penyediaan energi listrik di Indonesia [1]. PLTU Pelabuhan Ratu, yang berlokasi di Kab. Sukabumi, Jawa Barat, menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama dalam proses pembangkitan listrik [2]. Dalam operasionalnya, kualitas batubara yang digunakan sangat penting untuk menjaga efisiensi dan keandalan pembangkit [3].

Salah satu komponen kritis dalam sistem penanganan batubara adalah *magnetic separator* yang terpasang pada *conveyor belt*. Perangkat ini berfungsi untuk memisahkan material logam dari batubara sebelum masuk ke dalam *coal bunker* [4]. Sistem *magnetic separator* konvensional yang saat ini digunakan masih memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam hal *monitoring* dan kontrol secara *real-time* [5]. Keterbatasan ini dapat mengakibatkan beberapa permasalahan operasional, seperti:

1. Kurangnya efisiensi dalam pemantauan kondisi *magnetic separator*
2. Tingginya risiko kerusakan pada panel sistem
3. Tidak terdeteksinya material logam yang dapat lolos ke *coal bunker*
4. Potensi kerusakan pada *coal mill* (sistem penggiling batubara)
5. Gangguan pada proses pembakaran batubara di boiler [6]

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang untuk meningkatkan efektivitas sistem *magnetic separator* [7]. Penggunaan mikrokontroler ESP8266 yang terjangkau dan mudah dirakit, dikombinasikan dengan sensor ultrasonik, dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan sistem konvensional [8]. Sistem yang diusulkan mampu melakukan deteksi otomatis terhadap keberadaan material pada *belt conveyor* dan memberikan respon yang sesuai untuk pengoperasian *magnetic separator* [9].

Implementasi sistem *monitoring* dan *controlling* berbasis IoT ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kerusakan peralatan, dan mengoptimalkan proses pemisahan material logam dari batubara [10]. Hal ini pada akhirnya akan berkontribusi pada peningkatan keandalan operasional PLTU Pelabuhan Ratu secara keseluruhan [11].

1.2. Rumusan Masalah

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pelabuhan Ratu menggunakan *magnetic separator* yang terpasang pada *conveyor belt* untuk memisahkan material logam dari batubara sebelum memasuki *coal bunker*. Namun, sistem *magnetic separator* konvensional yang digunakan saat ini memiliki beberapa keterbatasan utama diantaranya:

1. Pemantauan kondisi *magnetic separator* saat ini belum berjalan secara efisien atau *real time*.
2. Material logam yang tidak terdeteksi berpotensi masuk ke dalam *coal bunker*.
3. Keberadaan logam asing dapat menyebabkan kerusakan serius pada *coal mill*



1.3. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk merespons permasalahan teknis yang terjadi pada sistem *magnetic separator* di PLTU Pelabuhan Ratu dengan pendekatan berbasis teknologi terkini. Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa dan meningkatkan efisiensi sistem pemantauan kondisi *magnetic separator* dalam proses pengolahan material agar mampu mendeteksi keberadaan logam secara tepat waktu.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab tingginya risiko kerusakan pada panel sistem dan merancang upaya mitigasi atau proteksi sistem yang lebih andal.

3. Merancang sistem deteksi dan pemisahan logam asing untuk mencegah kerusakan pada unit *coal mill*, serta memastikan keberlangsungan proses penggilingan material secara aman dan efisien.

1.4. Batasan Masalah

Dalam rangka menjaga fokus penelitian agar tetap berada pada jalur yang sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal tertentu. Penetapan batasan ini bertujuan untuk memperjelas ruang lingkup pembahasan, sehingga hasil penelitian yang diperoleh dapat lebih terarah, mendalam, dan relevan dengan kondisi aktual di lapangan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pelabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat, dengan ruang lingkup terbatas pada area sistem *conveyor belt* batubara, khususnya pada perangkat *magnetic separator*.
2. Fokus Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem *monitoring* dan *controlling* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor ultrasonik dan mikrokontroler ESP8266. Fokus utama diarahkan pada upaya peningkatan efisiensi pemantauan kondisi *magnetic separator*, pencegahan masuknya material logam ke dalam *coal bunker*, serta mitigasi potensi kerusakan pada *coal mill*.
3. Aspek di Luar Fokus Penelitian ini tidak membahas aspek-aspek yang berada di luar cakupan teknis sistem, seperti manajemen sumber daya manusia, analisis biaya investasi, aspek kimiawi batubara, serta integrasi menyeluruh dengan sistem kendali industri lainnya yang tidak berkaitan langsung dengan operasi *magnetic separator*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian tentang *System Monitoring* dan *Controlling Magnetic Separator* pada *Conveyor Belt* Batubara Menggunakan Gelombang Ultrasonik di PLTU

Pelabuhan Ratu, Jawa Barat memiliki beberapa manfaat yang dapat dirasakan oleh berbagai pihak. Berikut adalah poin-poin manfaat penelitian ini:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro, khususnya pada integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem industri pembangkit listrik. Hasil penelitian menawarkan pendekatan baru dalam penerapan sistem monitoring berbasis mikrokontroler pada peralatan *magnetic separator*. Penelitian ini juga memperkaya literatur tentang penggunaan sensor ultrasonik untuk deteksi material pada *conveyor belt* batubara dengan metode yang belum banyak diterapkan sebelumnya.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini memberikan solusi konkret untuk meningkatkan efisiensi operasional magnetic separator di PLTU Pelabuhan Ratu. Implementasi *system monitoring* dan *controlling* berbasis IoT memungkinkan deteksi dini terhadap material logam pada *conveyor belt*, sehingga mencegah kerusakan pada *coal mill* dan meminimalkan gangguan pada proses pembakaran di boiler. Sistem ini juga mengurangi kebutuhan pemantauan manual, menghemat waktu dan sumber daya manusia, serta memungkinkan tindakan preventif yang lebih efektif.

3. Manfaat bagi Peneliti

Bagi peneliti, penelitian ini memberikan pengalaman praktis yang berharga dalam merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan sistem IoT pada lingkungan industri nyata. Peneliti mendapatkan pemahaman mendalam tentang integrasi berbagai komponen teknologi, termasuk sensor ultrasonik, mikrokontroler ESP8266, dan infrastruktur jaringan. Selain itu, peneliti juga mendapatkan wawasan tentang tantangan operasional di industri pembangkit listrik, yang memperkaya perspektif profesional dan akademik.

1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian ini terbagi kedalam 5 bab, isi dari setiap bab tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang beberapa dasar teori *Magnetic Separator*, IoT, Sensor Ultrasonik, *Conveyor Belt* Batu Bara, *System Monitoring*, *Controlling Magnetic Separator*, dan kajian pustaka berdasarkan penelitian terdahulu.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi Pembahasan analisis kebutuhan dari perancangan dan model proses perangkat lunak sistem, sebagai pedoman dalam membangun sistem.

BAB IV : JADWAL PELAKSANAAN

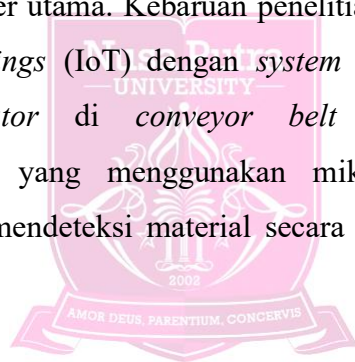
Bab ini berisi tentang rencana jadwal pengerjaan penelitian ini agar dalam proses pengerjaanya dapat diselesaikan dengan efektif dan efisien

BAB V : KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil literatur yang telah dipelajari, untuk membuat sistem identifikasi berdasarkan citra pembuluh darah punggung tangan.

1.1.KESIMPULAN DAN PELUANG KEBARUAN

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, *system magnetic separator* konvensional masih memiliki keterbatasan dalam *monitoring real-time* dengan tingkat kesalahan deteksi mencapai 22%. Implementasi IoT telah terbukti dapat menurunkan biaya operasional hingga 40%. Sementara penggunaan sensor ultrasonik menunjukkan tingkat akurasi mencapai 96.5%. Peluang kebaruan dalam penelitian ini terletak pada integrasi empat sensor ultrasonik dengan ESP8266 untuk *monitoring* komprehensif *magnetic separator*, yang belum pernah diimplementasikan sebelumnya. Sistem yang dikembangkan mencakup otomasi pembuangan material logam berbasis IoT, *monitoring* volume area *magnetic separator* dengan jarak deteksi 60cm, dan sistem notifikasi *real-time* untuk status operasional. Integrasi teknologi ini menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko kerusakan peralatan di PLTU, dengan mempertimbangkan aspek efisiensi biaya melalui penggunaan ESP8266 sebagai kontroler utama. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan *system monitoring* dan *controlling* pada *magnetic separator* di *conveyor belt* batubara. Penelitian ini mengembangkan sistem yang menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi material secara *real-time*, diharapkan dapat



memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan *system monitoring magnetic separator* yang lebih efisien dan handal untuk industri pembangkit listrik.

2.1. Teori-Teori Pendukung

2.1.1. *Magnetic Separator* pada *System Conveyor Belt* Batubara

Magnetic separator merupakan perangkat penting dalam proses penanganan batubara di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). *Magnetic separator* berfungsi untuk memisahkan material logam dari batubara untuk mencegah kerusakan pada peralatan *downstream* seperti *mill* dan boiler. Medan magnet yang dihasilkan oleh permanent magnet atau *electromagnet* menarik partikel-partikel *ferromagnetik*, sehingga memisahkannya dari aliran batubara utama [26].

Magnetic separator dapat dibagi menjadi empat jenis utama berdasarkan intensitas Medan magnet dan konfigurasi operasionalnya, yaitu:

1. *Low-Intensity Magnetic Separator* (LIMS) dirancang untuk memisahkan material magnetik dengan intensitas Medan magnet rendah. Tipe *separator* ini paling efektif untuk mineral magnetik kuat seperti magnetit, hematit, dan ilmenit. Umumnya digunakan dalam proses awal pemisahan material pada industri pertambangan, dengan kemampuan memisahkan partikel magnetik pada kondisi kering maupun basah.
2. *Medium-Intensity Magnetic Separator* (MIMS) memiliki kekuatan Medan magnet menengah, memberikan fleksibilitas lebih tinggi dalam pemisahan material dengan magnetisme sedang. Teknologi ini cocok untuk mineral dengan sifat magnetik moderat, mampu memisahkan material yang tidak dapat dipisahkan oleh LIMS namun belum memerlukan teknologi separator bertingkat tinggi.
3. *High-Intensity Magnetic Separator* (HIMS) menggunakan Medan magnet sangat kuat, mampu memisahkan material magnetik bahkan dengan sifat magnetik sangat lemah. Teknologi canggih ini sangat efektif untuk pemurnian mineral kompleks, pemisahan material berukuran mikro, dan aplikasi industri dengan persyaratan pemisahan presisi tinggi.

4. *High-Gradient Magnetic Separator* (HGMS) merupakan teknologi paling mutakhir dalam pemisahan magnetik, menggunakan kombinasi medan magnet kuat dan media bergradien tinggi seperti kawat ferromagnetik. Sistem ini mampu menangkap partikel magnetik ultra-halus dengan tingkat efisiensi dan selektivitas sangat tinggi. Diaplikasikan dalam industri dengan kebutuhan pemisahan ekstrem, termasuk pengolahan mineral, bioteknologi, dan pemurnian material canggih.

Setiap jenis magnetic separator memiliki karakteristik yang disesuaikan dengan kompleksitas material dan kebutuhan spesifik proses industri, memungkinkan pemisahan material secara presisi dan efisien [27]. Dalam konteks PLTU, *magnetic separator* biasanya dipasang pada beberapa titik strategis dalam *system conveyor belt* batubara untuk memaksimalkan efektivitas pemisahan material logam. Lokasi pemasangan yang optimal dapat meningkatkan efisiensi operasional hingga 22% dibandingkan dengan konfigurasi standar [28].

2.1.2. *Internet of Things* (IoT) dalam Sistem Industri

Internet of Things (IoT) merujuk pada jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data secara *real-time*. Mendefinisikan IoT sebagai interkoneksi objek fisik yang dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan teknologi komunikasi, yang memungkinkan *monitoring* dan *controlling* jarak jauh [29].

Dalam konteks industri, implementasi IoT dikenal sebagai *Industrial Internet of Things* (IIoT). Menurut Boyes et al. (2018), IIoT menawarkan beberapa keuntungan signifikan, termasuk:

Peningkatan visibilitas dan transparansi proses, prediktif *maintenance*, optimasi operasional berbasis data dan Pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat. Menunjukkan bahwa implementasi IoT dalam sistem monitoring industri dapat meningkatkan produktivitas hingga 20-25% dan mengurangi *downtime* hingga 30% [30]-[31].

Parameter	Keterangan
Mikrokontroler	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
Memori Flash	4 MB (tergantung modul)
GPIO (Jumlah Pin Digital)	17 pin (beberapa memiliki fungsi ganda seperti PWM, ADC, I ² C, SPI, UART)
Input Analog (ADC)	1 channel 10-bit ADC (ADC0, range: 0–1V)
Parameter	Keterangan

UART	2 UART (UART0 dan UART1 – UART1 hanya TX)
Regulator Tegangan	Onboard 3.3V regulator (input via USB 5V atau VIN maksimal 12V)
Konsumsi Daya	~70 mA (normal mode), <20 μA (deep sleep)
Konektivitas Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g/n, frekuensi 2.4 GHz, kecepatan hingga 150 Mbps
Tegangan Operasional	3.3V (tidak toleran 5V langsung!)
Tegangan Input (USB/VIN)	5V DC (melalui USB), VIN bisa hingga 6–12V tergantung regulator onboard
Kompatibilitas Board	Arduino IDE, <i>PlatformIO</i> , Lua (NodeMCU <i>firmware</i>), <i>MicroPython</i>

2.1.4. Sensor Ultrasonik dan Prinsip Kerjanya

Sensor ultrasonik adalah perangkat yang menggunakan gelombang suara dengan frekuensi di atas 20 kHz untuk mengukur jarak. Ravi dan Khosla (2020) menjelaskan bahwa sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip time-of-flight (TOF), di mana waktu yang dibutuhkan gelombang untuk dipancarkan dan diterima kembali setelah memantul dari objek dikonversi menjadi jarak [34].



Gambar 2 2 Sensor ultrasonic JSN-SR04T [<https://components101.com>]

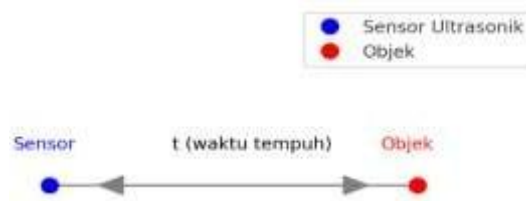
Perhitungan jarak menggunakan sensor ultrasonik mengikuti persamaan berikut: Dengan Rumus =
$$d = \frac{V \times t}{2}$$

d = jarak antara sensor dan objek (m)

v = kecepatan suara di udara (sekitar 343 m/s pada suhu 20°C)

t = waktu tempuh gelombang (s)

Karena gelombang suara harus menempuh dua kali perjalanan dari sensor ke objek dan kembali maka kita membagi dua hasil perkalian antara kecepatan suara dan waktu tempuh untuk mendapatkan jarak sebenarnya dari sensor ke objek.



Gambar 2 3 prinsip kerja sensor ultrasonik [35].

Gambar pada 2.3. Menunjukkan prinsip kerja sensor ultrasonik:

1. Sensor Ultrasonik (Biru) memancarkan gelombang suara ke arah objek.
2. Objek (Merah) memantulkan gelombang suara kembali ke sensor.
3. Panah abu-abu menunjukkan perjalanan gelombang ultrasonik dari sensor ke objek dan kembali.

Waktu total tempuh gelombang (t) digunakan dalam rumus $d = \frac{v \times t}{2}$ untuk menentukan jarak antara sensor dan objek. Chakraborty et al. (2021) mengidentifikasi beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi sensor ultrasonik, termasuk:

1. Suhu dan kelembaban lingkungan
2. Karakteristik permukaan objek (bentuk, kepadatan, orientasi)
3. Sudut pantulan gelombang
4. Gangguan akustik

Tabel 2 3 Tabel *Datasheet* sensor ultrasonik JSN-SR04T

Parameter	Keterangan
Tegangan Operasi	DC 5V

Parameter	Keterangan
Arus Operasi	Sekitar 2.2 mA (standar), bisa mencapai 30 mA (maks)
Jarak Pengukuran Minimum	20 cm
Jarak Pengukuran Maksimum	600 cm (6 meter) (optimal: 25–450 cm)
Akurasi Pengukuran	± 1 cm
Sudut Deteksi (Beam Angle)	$\pm 15^\circ$
Frekuensi Ultrasonik	40 kHz
Tegangan Output Echo	5V TTL (high)
Waktu Respons	< 100 ms
Dimensi Modul Kontrol	$\pm 41 \times 29$ mm
Panjang Kabel Sensor	± 2.5 meter – 3 meter

2.1.5. Blynk

Aplikasi Blynk merupakan platform berbasis *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk memantau (*monitoring*) dan mengendalikan (*controlling*) perangkat elektronik secara jarak jauh melalui aplikasi seluler atau web [36]. Blynk mendukung berbagai mikrokontroler seperti Arduino, NodeMCU, ESP8266, dan Raspberry Pi, serta menggunakan komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi, Bluetooth *Low Energy* (BLE), dan LoRaWAN [37]. Dalam sistem IoT, Blynk menyediakan antarmuka grafis yang intuitif, memungkinkan pengguna untuk melihat data sensor dan mengendalikan perangkat hanya melalui aplikasi ponsel pintar [38].



Gambar 2 4 Gambar Platfrom (IoT) Aplikasi Blynk [39].

2.1.6. *Machine-to-Machine (M2M) Communication*

Machine-to-Machine (M2M) communication mengacu pada pertukaran data langsung antara perangkat tanpa intervensi manusia. Menurut Chen et al. (2020), *M2M communication* menjadi dasar implementasi IoT dalam lingkungan industri [40].

Arsitektur dasar M2M terdiri dari tiga lapisan:

1. ***Perception Layer***: Terdiri dari sensor dan aktuator yang mengumpulkan data dari lingkungan fisik.
2. ***Network Layer***: Bertanggung jawab untuk transmisi data antara perangkat dan *platform processing*.
3. ***Application Layer***: Menangani analisis data, visualisasi, dan pengambilan keputusan.

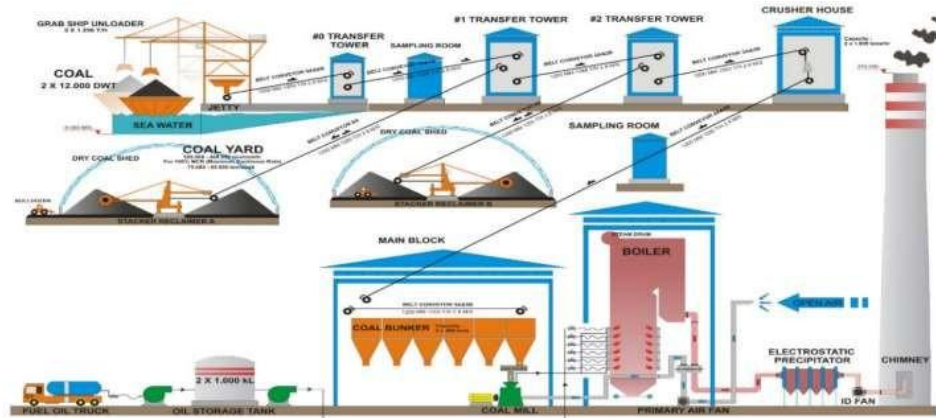
2.2.8. Pengolahan Batubara di PLTU

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis batubara mengikuti siklus Rankine dengan beberapa modifikasi untuk meningkatkan efisiensi. Liu et al. (2018) menjelaskan bahwa proses pengolahan batubara di PLTU meliputi beberapa tahap utama [41].

1. ***Coal Handling System***: Termasuk *unloading*, *stacking*, *reclaiming*, dan *transporting*.
2. ***Coal Preparation***: Meliputi *crushing*, *pulverizing*, dan *blending*.
3. ***Combustion***: Pembakaran batubara di *boiler* untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi.
4. ***Steam Cycle***: Konversi energi panas menjadi energi mekanik dan kemudian listrik.

Dalam proses *coal handling*, *magnetic separator* memegang peran vital untuk mencegah kontaminasi logam yang dapat merusak *coal mill* dan *boiler*. Kumar dan Singh (2022) memperkirakan bahwa *system magnetic separator* yang efektif dapat

memperpanjang umur komponen *coal mill* hingga 30% dan mengurangi *unplanned shutdown* hingga 25% [42].



Gambar 2 5 Peta *Coal Handling Sytem* [43].



2.2. Hubungan Teori dengan Penelitian

Teori-teori yang telah dijelaskan memberikan landasan ilmiah untuk pengembangan *system monitoring* dan *controlling magnetic separator* berbasis IoT pada conveyor belt batubara di PLTU Pelabuhan Ratu. Pemahaman tentang prinsip kerja *magnetic separator* dan sistem pengolahan batubara di PLTU membantu dalam merancang sistem deteksi yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Teori IoT dan IIoT memberikan kerangka untuk mengintegrasikan komponen-komponen sistem, seperti sensor, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi, menjadi satu kesatuan sistem yang koheren. Teori tentang ESP8266 dan sensor ultrasonik menjadi dasar pemilihan komponen *hardware* yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Sementara itu, teori komunikasi nirkabel dan M2M membantu dalam merancang arsitektur sistem yang dapat beroperasi secara real-time dan handal di lingkungan industrial.

Penelitian ini memanfaatkan prinsip sistem kontrol otomatis untuk mengembangkan mekanisme pembuangan material logam yang terdeteksi secara otomatis dan akurat. Dengan mengintegrasikan berbagai teori dan teknologi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan solusi yang komprehensif untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional *magnetic separator* di PLTU Pelabuhan Ratu.

