

SKRIPSI

**SISTEM MONITORING LINGKUNGAN KERJA DI PABRIK SEMEN
TONASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

MAHARANI TRI LESTARI

H021191017



DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**SISTEM MONITORING LINGKUNGAN KERJA DI PABRIK SEMEN
TONASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

**MAHARANI TRI LESTARI
H021171507**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING LINGKUNGAN KERJA DI PABRIK SEMEN
TONASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

Disusun dan diajukan oleh:

MAHARANI TRI LESTARI

H021191017

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

Alam Universitas Hasanuddin

pada tanggal 2 Juni 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Arifin, MT
NIP. 19670520 199403 1 002

Pembimbing Pendamping,



Ida Laila, S.Si., M.Si
NIP. 7317054201980001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, MT
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maharani Tri Lestari

NIM : H021191017

Program Studi : Fisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

SISTEM MONITORING LINGKUNGAN KERJA DI PABRIK SEMEN TONASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 2 Juni 2024

Yang Menyatakan,



Maharani Tri Lestari

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan lingkungan kerja di Pabrik Semen Tonasa dengan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk memantau kadar debu, suhu, dan intensitas cahaya secara real-time melalui sensor ZH03B, DS18B20, dan BH1750 yang dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32. Data yang dikumpulkan ditampilkan melalui layar LCD dan dikirim ke website untuk pemantauan jarak jauh.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem monitoring yang dapat mendeteksi dan melaporkan kadar debu, suhu, dan intensitas cahaya secara real-time, serta mengkalibrasi sensor-sensor tersebut untuk meningkatkan akurasi data. Hasil kalibrasi menunjukkan akurasi sebesar 95.55% untuk sensor debu, 96.06% untuk sensor suhu, dan 99.64% untuk sensor intensitas cahaya. Pengukuran di tiga lokasi berbeda di PT Semen Tonasa menunjukkan bahwa kadar debu berada di bawah ambang batas yang ditetapkan, sementara suhu dan intensitas cahaya di beberapa lokasi melebihi ambang batas.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT efektif dalam memantau kondisi lingkungan kerja dan memberikan data akurat yang dapat diakses secara real-time melalui website. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengambilan data di berbagai ruangan dan waktu yang lebih panjang untuk representasi data yang lebih komprehensif.

Kata Kunci : Internet of Things (IoT), Sistem monitoring lingkungan kerja, Sensor ZH03B, Sensor DS18B20, Sensor BH1750, Mikrokontroler ESP32, PT Semen Tonasa, Pemantauan debu, Suhu ruangan, Intensitas cahaya

ABSTRACT

This study develops a work environment monitoring system at the Semen Tonasa Factory using Internet of Things (IoT) technology. This system is designed to monitor dust levels, temperature, and light intensity in real-time through ZH03B, DS18B20, and BH1750 sensors connected to the ESP32 microcontroller. The collected data is displayed on an LCD screen and sent to the website for remote monitoring.

The purpose of this study is to design and create a monitoring system that can detect and report dust levels, temperature, and light intensity in real-time, and calibrate these sensors to improve data accuracy. The calibration results show an accuracy of 95.55% for the dust sensor, 96.06% for the temperature sensor, and 99.64% for the light intensity sensor. Measurements at three different locations at PT Semen Tonasa show that dust levels are below the set threshold, while temperature and light intensity in several locations exceed the threshold.

This study concludes that the IoT-based monitoring system is effective in monitoring work environment conditions and providing accurate data that can be accessed in real-time via the website. Suggestions for further research are to conduct data collection in various rooms and longer periods for more comprehensive data representation.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Work environment monitoring system, ZH03B Sensor, DS18B20 Sensor, BH1750 Sensor, ESP32 Microcontroller, PT Semen Tonasa, Dust monitoring, Room temperature, Light intensity*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya yang telah senantiasa melimpahkan berkah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini dengan segala kemampuan yang terbaik penulis berikan hingga skripsi ini bisa selesai. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita semua dalam menjalani hidup ini.

Penulisan skripsi ini adalah hasil dari proses penelitian yang panjang dan penuh dedikasi, dimulai dari pemilihan judul hingga penyusunannya secara akademis menjadi sebuah penelitian berjudul “**SISTEM MONITORING LINGKUNGAN KERJA DI PABRIK SEMENTONASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini mungkin memiliki banyak kekurangan dan tidak sepenuhnya memenuhi harapan para pembaca. Namun, penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam hal struktur, isi, substansi, dan cara penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun untuk perbaikan di masa depan. Semoga skripsi ini dapat memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai Sistem Monitoring Lingkungan Kerja di Pabrik Semen Tonasa *Berbasis Internet Of Things* (IOT).

Sebagai penutup, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan penting dalam proses pendidikan S1 di Universitas Hasanuddin Makassar, hingga tersusunnya tugas akhir (skripsi) ini. Terima kasih juga disampaikan

kepada semua pihak yang terlibat yaitu :

1. Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Tanpa bantuan dan kasih sayang dari Allah, penulis tidak akan bisa mencapai tahap ini.
2. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada orang tua dan keluarga penulis atas doa dan dukungan yang diberikan selama ini dari awal sampai akhir penulis dapat menyelesaikan pendidikan S-1 penulis di Universitas Hasanuddin, tanpa dukungan doa orang tua dan keluarga penulis tidak akan sanggup menghadapi kesulitan yang ada.
3. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada **Prof. Dr. Arifin, M. T.** selaku Ketua Departemen penulis dan **Ibu Ida Laila, S. Si, M.Si** keduanya berperan sebagai dosen pembimbing penulis yang telah berdedikasi untuk membimbing, mengarahkan, dan memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis hingga proses penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Tanpa arahan dan bimbingan beliau penulis tidak dapat menyelesaikannya sendiri.
4. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M. Eng. Sc. Dan Heryanto, S.Si., M. Si sebagai dosen penguji penulis yang membantu memberikan saran dan masukan untuk skripsi penulis lebih baik lagi.
5. Penulis ingin mengucapkan terimakasih Seluruh **Dosen FMIPA Unhas**, terkhusus kepada **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin**, semoga hasil ajarannya selalu memberikan manfaat bagi setiap orang.
6. Penulis ingin mengucapkan terimakasih juga kepada Bapak/Ibu Staf Pegawai FMIPA UNHAS, terutama Staf Departemen Fisika; Pak Syukur, Pak Ahmad, Ibu Rana dan Ibu Evi yang selalu membantu penulis selama berada di kampus.

7. Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh staf PT. Semen Tonasa yang telah memberikan ilmu dan memfasilitasi penulis agar dapat meneliti dan menyelesaikan skripsi penulis dengan baik.
8. Penulis mengucapkan terimakasih kepada partner squad tinumbu yang baik hati Nurul, Isma, Arhamdhani, Wahyu Hasbullah, Anan atas supportnya untuk penulis selama ini.
9. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Penghuni Laboratorium elektronika dan instrumentasi, terutama saudara bisman selaku koordinator Lab. Elins Periode 2023/2024 dan Kaka Ida Laila serta seluruh teman-teman Fisika 2019 terimakasih guys atas kebersamaan dan perjuangannya, see you on top.
10. Penulis mengucapkan terimakasih juga kepada pengurus Himafi 2019, terimakasih kawan-kawan atas kebersamaannya.
11. Penulis mengucapkan terimakasih juga kepada Kelompok 2 Rasak yang baik hati Abdul Rasak S.Si, Sintiche Ramba Matanda S.Si, Siti Nurhalisa Thamrin A.Md.T, Nandya Rezky Utami, S.Tis, terimakasih guys sudah support penulis dalam menyusun skripsi ini.
12. Dan yang terakhir, penulis mengucapkan terimakasih kepada diri sendiri karena sudah berjuang sampai dititik ini, dan bertahan dengan segala jatuh bangun yang dialami namun diri sendiri selalu kuat menghadapi, Terimakasih buat diri sendiri telah kerjasama yang baik untuk bangkit, semoga penulis selalu kuat dan sehat sampai kapanpun.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Monitoring Lingkungan Kerja.....	5
II.2 Monitoring Lingkungan Kerja pada Pabrik Semen	5
II.3 Mikrokontroler ESP32.....	6
II.4 Sensor Debu Tipe ZH03B	7
II.5 Sensor Suhu DS18B20	8
II.6 Sensor Intensitas Cahaya BH1750.....	9
II.7 Liquid Crystal Display (LCD).....	10
II.8 Website.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12

III.2	Peralatan Penelitian	12
III.3	Tahapan Penelitian	13
III.4	Perancangan Perangkat Keras	14
III.5	Perancangan Perangkat Lunak	15
III.6	Kalibrasi Sensor	16
III.7	Pengujian Sistem	16
III.8	Pengambilan dan Analisis Data.....	17
BAB IV	19
IV.1	Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem.....	19
IV.1.1	Hasil Pembuatan Perangkat Keras	20
IV.1.2	Hasil Pembuatan Perangkat Lunak.....	20
IV.2	Kalibrasi Sensor	23
IV.2.2	Sensor Suhu DS18B20	23
IV.2.3	Sensor Intensitas Cahaya BH1750	24
IV.3	Hasil Pengujian Sistem.....	25
IV.3.1	Hasil Pengukuran Kadar Debu	25
IV.3.2	Hasil Pengukuran Suhu	27
IV.3.3	Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya	28
BAB V PENUTUP	31
V.1	Kesimpulan.....	31
V.2	Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor Debu (ZH03B).....	7
Gambar 2.2 Sensor DS18B20	8
Gambar 2.3 Sensor Intensitas Cahaya (BH1750).....	9
Gambar 2.4 LCD 16×2.....	9
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	12
Gambar 3.2 Sistem pemantauan kadar debu, intensitas cahaya dan suhu	13
Gambar 3.3 Bagan perancangan perangkat lunak	15
Gambar 3.4 Bagan sistem kerja alat	17
Gambar 4.1 Hasil pembuatan sistem.....	18
Gambar 4.2 Perangkat keras.....	19
Gambar 4.3 Tampilan dashboard website	20
Gambar 4.4 Tampilan hasil pengukuran pada website	20
Gambar 4.5 Tampilan data kondisi terkini pada website	21
Gambar 4.6 Grafik kalibrasi sensor debu ZH03B	22
Gambar 4.7 Grafik kalibrasi sensor DS18B20	23
Gambar 4.8 Grafik kalibrasi sensor BH1750	24
Gambar 4.9 Hasil pengukuran debu	25
Gambar 4.10 Hasil pengukuran suhu	26
Gambar 4.11 Hasil pengukuran intensitas cahaya.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan ESP32 dengan Mikrokontroler Lain	6
------------------------------------------------------------	---

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri semen di Indonesia memegang peranan kunci dalam pembangunan infrastruktur dan sektor properti. Sebagai bagian integral dari industri konstruksi, kontribusinya terhadap ekonomi nasional sangatlah signifikan. Keberlanjutan dan stabilitas industri semen menjadi esensial untuk mendukung infrastruktur yang berkelanjutan di Indonesia [1]. Akan tetapi, industri ini memiliki berbagai tantangan dalam lingkungan kerja [2]. Salah satunya adalah debu semen yang sangat berbahaya terhadap kesehatan pekerja di pabrik semen. Salah satu penelitian pada tahun 2021 melaporkan bahwa dari 404 pekerja pabrik semen di Ethiopia terdapat 62,9% mengalami penyakit pernapasan kronis. Lalu, di Negara Karnataka terkhusus pada wilayah Karnataka Utara terdapat lebih dari 100 pekerja yang terpapar debu semen ditemukan 45,3% mengalami gangguan pernapasan seperti alergi dan sesak napas serta berbagai gangguan komplikasi pada sistem pencernaan seperti diare, wasir dan sembelit [3]. Terkhusus di Negara Indonesia, terdapat banyak kasus penyakit kesehatan yang ditimbulkan oleh debu semen seperti yang terjadi di salah satu pabrik semen di Provinsi Sulawesi Selatan yaitu PT Semen Tonasa. Pada pabrik tersebut lebih dari 200 hingga 300 orang setiap tahunnya mengeluhkan mengalami gangguan kesehatan, iritasi mata, gangguan pernapasan dan iritasi kulit, dan beberapa penyakit kronis lainnya ketika berobat ke dokter terdekat [4]. Selain itu, masih banyak masalah kesehatan lain yang disebabkan oleh debu yang berasal dari semen. Selain kadar debu terdapat juga masalah lingkungan kerja lain yang tidak kalah penting seperti suhu ruangan kerja, dan penerangan di dalam ruang kerja [2].

Saat ini, berbagai alat ukur parameter lingkungan seperti termometer untuk mengukur suhu, lux meter untuk mengukur intensitas cahaya, dan parameter lainnya telah diaplikasikan. Namun, alat ukur ini masih memiliki keterbatasan dalam mengukur parameter tersebut seperti tidak dapat digunakan melalui jarak

jauh, data pemantauan tidak tersimpan secara otomatis dan berbagai keterbatasan lainnya. Oleh karena itu, diperlukan alat atau teknologi khusus untuk dapat memantau dan mengatasi berbagai permasalahan lingkungan tetapi dapat dikendalikan dari jarak jauh dan penyimpanan data secara otomatis dan *real-time*. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi potensial dalam menghadapi tantangan ini karena dapat mengintegrasikan perangkat dan internet. Hal ini membuat proses pemantauan dapat dilakukan darimana saja secara *real-time*. Dengan menggunakan teknologi IoT, data yang didapatkan akan lebih akurat dikarenakan hanya terjadi interaksi antara perangkat IoT dan objek tanpa campur tangan manusia. Teknologi IoT ini memiliki cakupan yang luas sehingga dapat digunakan untuk memantau berbagai masalah atau tantangan lingkungan kerja khususnya di Pabrik Semen seperti masalah kadar debu, suhu dan cahaya [5].

Beberapa penelitian terkait teknologi IoT khususnya yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan telah dilakukan sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Roberto, dkk. (2022) menggunakan teknologi IoT dan sensor debu tipe ZH03B untuk menghitung kadar partikel debu di udara menggunakan sistem *drone*. Pada penelitian ini didapatkan keluaran berupa data digital yang dapat dibaca dari jarak jauh menggunakan aplikasi yang sangat memudahkan penggunaannya [6]. Lalu, penelitian Santoso, dkk. (2021) juga menggunakan teknologi IoT untuk memantau kondisi lingkungan menggunakan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu ruangan yang dihubungkan ke *buzzer* dan akan berbunyi jika suhu ruangan terlalu dingin dibawah 10°C. Hasil pembacaan sensor ini berbentuk digital yang ditampilkan melalui layar SSD1306 [7]. Selain kedua penelitian tersebut, Jianwei, dkk. (2022) juga melakukan penelitian terkait pemantauan lingkungan dengan memanfaatkan sensor BH1750 untuk mendeteksi tingkat intensitas cahaya di lingkungan sekitar. Namun, tampilan hasil pengukuran hanya menyatakan suatu kondisi “terang” atau “gelap” [8]. Selain itu, kelemahan lain dari ketiga penelitian ini adalah data hasil pengukuran hanya ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE dan belum dapat diakses melalui jarak jauh.

Pada penelitian ini akan dikembangkan sistem pemantauan debu, suhu dan intensitas cahaya di lingkungan kerja pabrik semen tonasa secara jarak jauh. Sistem ini akan diintegrasikan dengan teknologi IoT untuk pemantauan melalui jarak jauh berupa perangkat yang berhubungan dengan objek berupa sensor dan penampil data melalui internet berupa website sehingga pemantauan dapat dilakukan darimana saja dan kapan saja. Untuk itu, sistem ini dirancang menggunakan berbagai perangkat terbaik yaitu mikrokontroler ESP32 yang memiliki fitur terlengkap untuk pengontrol, sensor suhu DS18B20, sensor debu ZH03B, dan sensor intensitas cahaya BH1750. Selain itu, data pembacaan ketiga sensor ini akan ditampilkan melalui LCD yang terdapat di alat dan juga dikirim ke website melalui internet. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pengguna untuk membaca data terkini maupun data masa lampau darimana saja dan kapan saja. Keunggulan dari penelitian ini terdapat pada integrasi teknologi IoT dengan ketiga sensor untuk pemantauan parameter lingkungan sekaligus yaitu suhu, debu dan intensitas cahaya dalam satu alat yang dihubungkan ke website sehingga pembaca dapat memantau data secara *real-time*.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem monitoring lingkungan kerja di Pabrik Semen Tonasa berbasis IoT yang mampu mendeteksi kadar debu, intensitas cahaya, dan suhu secara *real-time*?
2. Bagaimana mengkalibrasi sensor debu, sensor intensitas cahaya, dan sensor suhu untuk meningkatkan akurasi data pada sistem monitoring berbasis IoT?
3. Bagaimana menganalisis data kalibrasi dan hasil pengukuran sensor pada rancangan sistem pemantauan lingkungan kerja di Pabrik Semen Tonasa berbasis IoT?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Merancang dan membuat sistem monitoring lingkungan kerja di Pabrik Semen Tonasa berbasis IoT yang dapat mendeteksi dan melaporkan kadar debu, intensitas cahaya, dan suhu secara *real-time*.
2. Mengkalibrasi sensor debu, sensor intensitas cahaya, dan sensor suhu agar menghasilkan data yang akurat untuk monitoring lingkungan kerja.
3. Menganalisis data kalibrasi dan hasil pengukuran sensor pada rancangan sistem pemantauan lingkungan kerja di Pabrik Semen Tonasa berbasis IoT.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem pemantauan kadar debu, suhu dan intensitas cahaya di ruang kerja berbasis IoT menggunakan sensor tipe ZH03B untuk mengukur debu, DS18B2 untuk mengukur suhu dan BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Monitoring Lingkungan Kerja

Monitoring lingkungan kerja adalah proses penting untuk memastikan keselamatan dan kesehatan pekerja. Dalam berbagai industri, terdapat potensi paparan polusi dan bahaya lainnya yang dapat mempengaruhi kesehatan pekerja [9]. Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 tahun 2016 bahwa setiap lingkungan kerja harus sesuai dengan standar dan persyaratan lingkungan kerja yang ada sesuai dengan jenis pekerjaannya. Oleh karena itu, alat-alat khusus dan teknologi canggih, seperti sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler, sering digunakan untuk mendeteksi dan memberikan peringatan terhadap potensi bahaya di lingkungan kerja [10].

Selain itu, lingkungan kerja yang kondusif juga berdampak positif terhadap kinerja pegawai [9]. Lingkungan kerja yang kondusif ini berupa lingkungan kerja fisik yang berkaitan secara langsung dan tidak langsung dengan para pekerja yang dapat mempengaruhi kenyamanan pekerja dalam bekerja [10]. Oleh karena itu, memonitor dan memastikan lingkungan kerja yang aman dan nyaman adalah esensial untuk kesejahteraan pekerja dan produktivitas perusahaan [9]. Hal ini sangatlah penting dipahami oleh setiap perusahaan untuk menjaga dan meningkatkan produksi perusahaan [10].

II.2 Monitoring Lingkungan Kerja pada Pabrik Semen

Monitoring lingkungan kerja di pabrik semen merupakan kegiatan kritical untuk menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja. Faktor lingkungan seperti debu, intensitas cahaya, dan suhu memiliki dampak signifikan terhadap kondisi pekerja. Misalnya, debu semen dapat menimbulkan gangguan pernapasan jika terhirup dalam jumlah besar selama periode waktu yang lama. Debu juga sangat mengganggu proses pekerjaan yang membutuhkan konsentrasi tinggi sehingga sangat membahayakan dari sisi pekerja dan juga hasil kerja yang dilakukan. Selain

itu, intensitas cahaya tidak kalah penting juga karena cahaya yang tidak optimal dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan mata pekerja dan berpotensi mengurangi produktivitas. Masalah terkait intensitas cahaya ini sangat penting karena merupakan faktor lingkungan kunci dalam kegiatan operasional sebuah industri terlebih di pabrik semen [10].

Sementara itu, faktor lingkungan lain seperti suhu lingkungan juga perlu diperhatikan karena berkaitan dengan kenyamanan pekerja dalam bekerja. Suhu yang tidak sesuai juga dapat mengakibatkan kelelahan termal, mempengaruhi kinerja pekerja, dan meningkatkan potensi kecelakaan. Oleh karena itu, pengawasan ketat atas variabel-variabel tersebut adalah esensial untuk memastikan keberlanjutan produksi dan kesejahteraan pekerja. Melalui monitoring yang efektif, manajemen dapat mengidentifikasi dan mengatasi potensi masalah sebelum berkembang menjadi insiden yang serius [10].

II.3 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan sebutan untuk mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, sebuah perusahaan yang berlokasi di Shanghai, China. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul WiFi terintegrasi yang membuatnya sangat sesuai untuk pengembangan aplikasi IoT [11]. Dibandingkan dengan Arduino dan ESP8266, ESP32 menawarkan beberapa keunggulan. Adapun spesifikasi perbandingan antara Arduino, ESP8266, dan ESP32 dapat dilihat pada Tabel 2.1 [12].

Tabel 2.1 Spesifikasi perbedaan ESP32 dengan mikrokontroler lain

Aspek	Arduino Uno	ESP8266	ESP32
Tegangan	5V	3,3V	3,3V
CPU	ATmega328 – 16MHz	Xtensa <i>single core</i> L106 – 60MHz	Xtensa <i>dual core</i> LX6 – 160MHz
Arsitektur	8 bit	32 bit	32 bit
Flash Memory	32 Kb	16 MB	16 MB

SRAM	2 Kb	160 Kb	512 kB
GPIO Pin (ADC/DAC)	14	17	36
Bluetooth	Tidak ada	Tidak ada	Ada
WiFi	Tidak ada	Ada	Ada

Dapat dilihat sejumlah keunggulan yang dimiliki mikrokontroler ESP32 dibanding mikrokontroler lain seperti memiliki pin *output* dan pin *analog* lebih banyak, memori yang dimiliki jauh lebih besar, terdapat juga *bluetooth 4.0 low energy* serta tersedia modul WiFi. Dengan memiliki banyak pin *out*, ESP32 dapat dengan mudah dihubungkan ke berbagai *output* seperti lampu, LCD bahkan motor DC. Hal ini membuat ESP32 menjadi pilihan terbaik untuk digunakan di dalam IoT [12].

II.4 Sensor Debu Tipe ZH03B

Sensor ZH03B merupakan komponen yang dapat digunakan dalam sistem pemantauan lingkungan, khususnya untuk mengidentifikasi partikel halus dalam udara. Sensor ini beroperasi berdasarkan teknologi optik untuk mengukur konsentrasi debu halus seperti PM2.5 dan PM10 di udara. PM2.5 dan PM10 merujuk pada partikel dengan diameter kurang dari 2,5 dan 10 mikrometer, yang penting untuk dipantau karena potensi dampak buruknya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan [5].



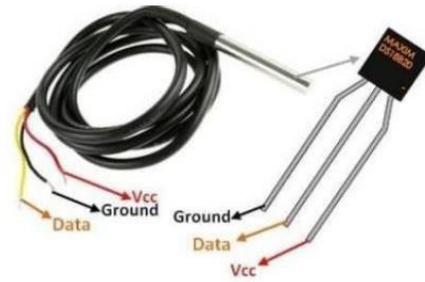
Gambar 2.1 Sensor Debu ZH03B [5].

Dalam konteks pemakaian di pabrik semen, sensor ZH03B dapat mengukur kualitas udara dan memantau konsentrasi partikel yang berpotensi berbahaya. Sensor ini menyediakan dua jenis *output alarm* yakni *output port serial* dan *Pulse Width Modulation (PWM)*. Khusus untuk aplikasi di pabrik semen, *output PWM* dari sensor ini sangat berguna karena dapat langsung terhubung ke sistem kontrol utama tanpa memerlukan komunikasi serial yang lebih kompleks. Hal ini memudahkan integrasi sensor ke dalam sistem pemantauan lingkungan berbasis IoT, di mana data yang dihasilkan oleh sensor dapat dikirimkan secara *real-time* untuk analisis dan pengambilan keputusan yang cepat dalam upaya mengontrol kualitas udara di area kerja [13].

II.5 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan suatu alat yang dapat mengubah panas menjadi besaran listrik. Sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada benda tertentu [14]. Sensor suhu dapat mengukur jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan suatu benda. Sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu tersebut dalam bentuk keluaran digital [15]. Untuk pembacaan suhu, sensor ini menggunakan protokol komunikasi 1 kabel yang terdiri dari 3 pin yang terdiri dari pin 5 V, *ground* dan data *input/output*. Bentuk fisik dari sensor suhu dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sensor suhu DS18B20 memiliki beberapa spesifikasi sebagai berikut [14]:

1. Sensor dapat dikalibrasi langsung ke satuan °C.
2. Tegangan masukan 3 V sampai 5,5 V
3. Ketelitian 0,5 °C dari rentang -10 °C sampai 85 °C
4. Rentang suhu dari -55 °C sampai 125 °C
5. Beroperasi pada arus : < 60 µA



Gambar 2.2 Sensor Suhu DS18B20 [14].

Sensor suhu DS18B20 memiliki kemampuan tahan air yang sesuai untuk mengukur suhu di lingkungan kerja yang sulit atau basah. Dengan keluaran data berupa data digital, pengguna tidak perlu khawatir akan degradasi data saat menggunakan sensor ini dalam jarak yang jauh. Sensor DS18B20 menyediakan data yang dapat dikonfigurasi mulai dari 9 bit hingga 12 bit [15].

II.6 Sensor Intensitas Cahaya BH1750

BH1750 merupakan sensor digital penangkap cahaya yang dilengkapi dengan antarmuka I2C. I2C ini sangat sesuai untuk mengakuisisi data terkait pencahayaan sekitar. Dengan resolusi hingga 16-bit, sensor ini mampu mendeteksi rentang yang luas. Sensor ini banyak digunakan dalam pemantauan cahaya di berbagai lingkungan mulai dari terowongan, lingkungan luar sampai dalam ruangan dengan nilai *error* yang sangat kecil yaitu hanya 0,51% dari alat standar [16].



Gambar 2.3 Sensor intensitas cahaya BH1750 [7].

Sensor intensitas cahaya BH1750 menyajikan data intensitas cahaya dalam satuan lux, suatu unit Satuan Internasional (SI) yang merepresentasikan tingkat penerangan. Kemampuannya mencakup rentang pengukuran dari 1 lux hingga 65.535 lux, dengan mengukur intensitas cahaya yang diterima dari sumber penerangan [16].

II.7 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD merupakan alat elektronika yang sering digunakan untuk menampilkan keterangan atau indikator yang diberikan kedalam mikrokontroler dapat berupa teks, grafik, hingga karakter khusus [17]. Hal ini dikarenakan LCD terdiri dari banyak piksel, di mana setiap piksel terbuat dari kristal cair yang berfungsi sebagai titik penerangan dalam pembentukan gambar. Saat kristal cair menerima arus listrik, polaritasnya berubah akibat medan magnetik, memungkinkan beberapa warna untuk ditransmisikan sementara warna lainnya disaring [18]. LCD memiliki bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 LCD 16×2 [18].

Dalam konteks penelitian ini, LCD yang dipakai memiliki format 16 x 2, yang berarti terdapat 16 kolom dan 2 baris. LCD ini sering digunakan karena harganya yang relatif murah dan pemakaian yang cukup mudah. LCD ini sudah banyak digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. LCD yang digunakan masih membutuhkan *driver* agar dapat dikoneksikan dengan sistem minimum dalam suatu mikrokontroler. *Driver* tersebut berisi rangkaian pengaman, pengatur tingkat kecerahan *backlight* maupun data serta untuk mempermudah pemasangan di mikrokontroler [18].

II.8 Website

Menurut pandangan Yuhefizar pada tahun 2021, website adalah cara untuk memperlihatkan data di internet, termasuk elemen seperti gambar, video, teks, dan audio, serta interaktivitas yang memungkinkan tautan (link) antara satu dokumen

dengan dokumen lain (hypertext). Ini semua dapat diakses menggunakan peramban internet. Ada banyak bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk membangun sebuah website salah satunya adalah *Hypertext Preprocessor* (PHP) [19].

PHP merupakan bahasa pemrograman *open source* yang banyak digunakan dalam pengembangan situs web dan dapat disisipkan dalam kode *HyperText Markup Language* (HTML). Bagi penggunanya, PHP menawarkan berbagai keuntungan seperti menyediakan beragam fitur. Fungsi utama PHP antara lain adalah mengelola pengguna dan membantu dalam pengamanan data [19].

Salah satu hal yang tidak dapat dipisahkan dari PHP adalah *My Structured Query Language* (MySQL) yang merupakan *database server* yang terkenal dan sering digunakan dalam pembuatan aplikasi web. *Database* ini berperan sebagai penyimpan dan pengelola data website yang diberikan. MySQL bersifat *open source* dan dapat dioperasikan pada berbagai platform seperti windows, linux, dan lainnya [19].