

Perancangan Sistem *Monitoring* Berbasis *Iot* Untuk Peningkatan Kepatuhan Aturan Kecepatan Dalam Berkendara di Area Tambang

Susilania

Universitas Cokroaminoto Palopo

susiliana@gmail.com

Article Info

Kata Kunci:

IoT, Monitoring
Kecepatan, Sensor
Ultrasonik,
NodeMCU ESP8266,
Telegram,
Keselamatan
Tambang



Lisensi: cc-by-sa

Abstrak

Keselamatan kerja di area tambang merupakan prioritas utama dalam operasional pertambangan, terutama terkait kepatuhan terhadap aturan kecepatan kendaraan yang beroperasi di dalam kawasan tambang. Masih tingginya potensi pelanggaran kecepatan dan keterbatasan pengawasan secara langsung mendorong kebutuhan akan sistem monitoring yang andal dan terotomatisasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi kecepatan kendaraan secara real-time serta memberikan notifikasi otomatis saat terjadi pelanggaran. Sistem dikembangkan menggunakan pendekatan penelitian rekayasa (engineering research) dengan metode prototyping, yang mencakup tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan prototipe, pengujian, hingga finalisasi. Komponen utama sistem terdiri dari NodeMCU ESP8266, dua unit sensor ultrasonik HC-SR04, LCD I₂C, buzzer, dan integrasi notifikasi Telegram. Sistem bekerja dengan menghitung kecepatan kendaraan berdasarkan waktu tempuh antara dua sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi pelanggaran kecepatan (>20 km/jam), memberikan peringatan visual di LCD, peringatan suara melalui buzzer, serta mengirim notifikasi real-time ke Telegram. Validasi oleh ahli menghasilkan rata-rata skor 4,87 (kategori Sangat Baik), sedangkan pengujian blackbox menunjukkan seluruh komponen berfungsi sesuai harapan. Dengan demikian, sistem ini layak digunakan untuk meningkatkan kepatuhan dan keselamatan berkendara di area tambang.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di era digital ini, semakin meningkat semakin meningkatnya *Internet Of Things* (IoT), telah mengubah cara industri beroperasi, termasuk di sektor pertambangan. Penerapan IoT telah memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara *Real-Time*, yang sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan kepatuhan terhadap aturan kecepatan dalam berkendara di area tambang. Keberadaan kendaraan di area tambang sering kali menjadi penyebab terjadinya kecelakaan dan pelanggaran aturan keselamatan kerja. Dalam lingkungan yang berisiko tinggi seperti tambang, kepatuhan terhadap aturan kecepatan dalam berkendara sangat penting untuk melindungi pekerja dan menjaga keselamatan operasional. Namun, batasan dalam memastikan kepatuhan ini sering kali disebabkan oleh pengawasan yang efektif dan *Real-Time*. Oleh karena itu, pengembangan sistem *Monitoring* berbasis *Internet Of Things* (IoT) diharapkan dapat meningkatkan kepatuhan terhadap aturan kecepatan dalam berkendara, serta memberikan solusi yang lebih efisien dalam pengawasan (Alharbi, A., 2020).

Sistem *Monitoring* berbasis IoT ini memungkinkan dalam pengumpulan dan analisis data secara *Real-Time* dari berbagai sensor yang terpasang pada kendaraan dan infrastruktur tambang. Dengan memanfaatkan teknologi ini, informasi mengenai kecepatan, posisi kendaraan, dan perilaku pengemudi dapat dipantau secara langsung (*Real-Time*). Hal ini tidak hanya membantu dalam mendeteksi pelanggaran aturan dalam berkendara, tetapi juga memberikan umpan balik yang diperlukan untuk meningkatkan kesadaran keselamatan di kalangan pekerja. Implementasi sistem ini sangat diharapkan dapat menciptakan keselamatan budaya yang lebih baik dalam operasional di area tambang (Khosravi, A., & Khosravi, S., 2019).

Selain itu, integrasi IoT dalam sistem monitoring juga membuka peluang untuk pengembangan fitur-fitur yang canggih seperti analitik prediktif dan laporan otomatis. Dengan demikian, manajemen tambang dapat mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam menangani masalah yang muncul. Penelitian ini akan mengeksplorasi desain dan implementasi sistem pemantauan berbasis IoT yang dapat meningkatkan kepatuhan aturan kecepatan dalam berkendara di area tambang, serta memberikan rekomendasi untuk penerapan yang lebih luas di industri pertambangan (Wang, Y., & Zhang, Y., 2021).

Dalam sektor pertambangan, tingkat kecelakaan pekerja masih menjadi perhatian utama dan sering terjadi. Banyak kasus kecelakaan terjadi akibat kurangnya pemantauan kondisi lingkungan kerja secara *Real-Time* serta minimnya penerapan teknologi untuk mengurangi risiko. Menurut data dari berbagai laporan keselamatan kerja, mayoritas insiden di tambang disebabkan oleh kurangnya kesadaran dalam berkendara, kurangnya pemantauan, dan kelalaian dalam mengikuti prosedur keselamatan. Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi yang dapat meningkatkan kesadaran dan kepatuhan terhadap standar operasional di lingkungan pertambangan.

Perusahaan PT. Ithikhara Mining Services merupakan salah satu kontraktor PT Vale Indonesia Tbk. PT. Ithikhara Mining Services sendiri merupakan satu dari sekian banyak Perusahaan yang telah menerapkan sistem *keamanan pekerja* (*Safety*), tentunya dengan tujuan untuk menjaga dan memastikan keamanan keselamatan pekerja. Sistem *Monitoring* berbasis IoT pada PT. Ithikhara Mining Services harus

menjadi perhatian penuh. Dikarenakan keterbatasan pengawasan pada saat jam kerja yang menjadi penyebab resiko insiden di area tambang tersebut. Melihat perusahaan tersebut merupakan perusahaan dimana keselamatan pekerja sangatlah penting dan menjadi utama.

PT. Ithikhara Mining Services sebagai perusahaan memiliki kebutuhan yang semakin meningkat terkait pengawasan keamanan dan keselamatan pekerja dalam unit berkendara, khususnya di area tambang. Dengan berkembangnya teknologi, sistem pemantauan aturan kecepatan dalam berkendara berbasis *IoT* di perusahaan menjadi penting untuk memastikan kepatuhan terhadap aturan keselamatan dan mengurangi risiko kejadian di area tambang.

1. *Monitoring*

Monitoring secara umum adalah proses pengamatan, pengukuran, dan evaluasi yang dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan terhadap suatu aktivitas, sistem, atau kondisi tertentu untuk memastikan bahwa semuanya berjalan sesuai dengan standar atau tujuan yang telah ditetapkan. *Monitoring* digunakan dalam berbagai bidang, seperti teknologi, lingkungan, kesehatan, dan manajemen, guna mendeteksi penyimpangan dan mengambil tindakan korektif jika diperlukan.

Menurut (Kusek, J. Z., & Rist, R. C. 2021), *Monitoring* adalah proses pengamatan, pencatatan, dan evaluasi yang dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan untuk mengukur kinerja suatu sistem, program, atau aktivitas guna memastikan bahwa pelaksanaannya sesuai dengan rencana dan tujuan yang telah ditetapkan.

Penulis menyimpulkan bahwa *Monitoring* merupakan proses sistematis yang melibatkan pengamatan, pengukuran, dan evaluasi secara berkelanjutan terhadap suatu aktivitas, sistem, atau kondisi tertentu untuk memastikan kesesuaianya dengan standar atau tujuan yang telah ditetapkan. *Monitoring* berperan penting dalam berbagai bidang, seperti teknologi, lingkungan, kesehatan, dan manajemen, guna mendeteksi penyimpangan serta memungkinkan tindakan korektif yang diperlukan agar sistem atau program tetap berjalan secara optimal.

2. *Internet Of Things (IoT)*

Secara umum *Internet Of Things (IoT)* adalah konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke internet sehingga dapat saling berkomunikasi, mengumpulkan, dan bertukar data tanpa intervensi manusia secara langsung. Perangkat *IoT* dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan teknologi komunikasi yang memungkinkan otomatisasi serta pengambilan keputusan berbasis data dalam berbagai bidang, seperti industri, kesehatan, dan pertanian.

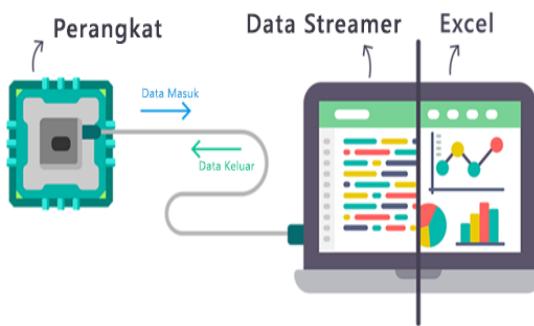
Menurut (Agung Syaputra, Tata Sutabri 2024), *Internet Of Things* atau dikenal juga dengan singkatan *IoT*, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas *Internet* yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, *Remote Control*, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata. *IoT* dapat membantu mengotomatiskan dan mengoptimalkan berbagai proses, sehingga menciptakan sistem yang lebih cerdas.

Menurut ([Esther et al. 2023](#)), sistem *IoT* yang menggunakan sensor akselerometer dan modul Zig Bee dapat meningkatkan keselamatan di tambang dengan mendeteksi kondisi kritis dan memberikan peringatan dini.

Internet Of Things (IoT) terdiri dari beberapa komponen utama:

a. Akuisi Data Sensor

Akuisisi data sensor adalah proses pengumpulan, pengolahan, dan penyimpanan data dari sensor untuk dianalisis lebih lanjut. Sistem ini memungkinkan pemantauan parameter lingkungan secara *Real-Time* dan otomatis, sehingga meningkatkan efisiensi serta akurasi dalam pengambilan keputusan. Akuisisi data sering digunakan dalam berbagai bidang seperti industri manufaktur, pertanian, kesehatan, dan *Internet Of Things (IoT)*. Arduino sebagai *Platform Open-Source* banyak digunakan dalam proyek akuisisi data karena transmisi dan kemudahan penggunaannya. Dengan menggunakan sensor yang sesuai, Arduino dapat mengumpulkan dan mengirim data ke komputer atau *Cloud* melalui komunikasi serial atau *Nirkabel*. (Handoko dkk. 2023).



Gambar 1 .Akuisi Data Sensos Berbasis Arduino
Sumber: Handoko dkk. (2023).

b. Jaringan Komunikasi

Teknologi *Zig Bee*, *LoRa*, *Wi-Fi*, atau *5G* untuk mengirim data ke pusat pemantauan. Jaringan komunikasi berperan penting dalam mentransmisikan data dari sensor ke pusat pemantauan secara *Real-Time*. *Zig Bee* adalah *Protokol* komunikasi *Nirkabel* berdaya rendah yang cocok untuk jaringan sensor dalam area tambang terbatas. *LoRa* menawarkan jangkauan luas dengan konsumsi daya rendah, ideal untuk tambang yang memiliki area besar. *Wi-Fi* memberikan kecepatan tinggi tetapi memiliki keterbatasan jangkauan, sementara *5G* menawarkan latensi rendah dan kecepatan tinggi untuk pengolahan data instan dalam sistem *Monitoring IoT*. Pemilihan teknologi komunikasi ini disesuaikan dengan kondisi tambang untuk memastikan efektivitas pengiriman data dan respons cepat terhadap potensi bahaya (Guo et al., 2022).

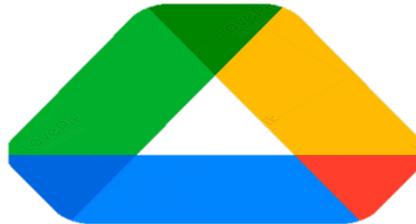


Sumber: Guo et al., (2022).

c. *Platform Pemrosesan Data:*

Cloud Computing untuk menyimpan dan menganalisis data secara *Real-Time*. *Cloud Computing* digunakan sebagai *Platform* pemrosesan data dalam sistem *monitoring* berbasis *IoT* untuk menyimpan, mengelola, dan menganalisis data secara *Real-Time*. Dengan memanfaatkan layanan cloud, data dari sensor yang dikumpulkan dapat diakses secara fleksibel dari berbagai lokasi tanpa memerlukan infrastruktur fisik yang kompleks. Teknologi ini memungkinkan pengolahan data dalam jumlah besar dengan kecepatan tinggi serta mendukung analisis berbasis kecerdasan buatan untuk mendeteksi pola atau anomali dalam aktivitas di area tambang. Selain itu, *Cloud Computing* juga meningkatkan skalabilitas dan efisiensi sistem *Monitoring* sehingga dapat diintegrasikan dengan teknologi lain seperti *Big data* dan machine learning (*Armbrust et al.*, 2021).

Gambar 3 .*Platform Pemrosesan Data*



Sumber: Armbrust et al., (2021).

d. Antarmuka Pengguna:

Aplikasi berbasis WEB atau *Mobile* untuk memantau dan mengontrol sistem. Antarmuka pengguna dalam sistem *Monitoring* berbasis *IoT* dirancang sebagai aplikasi berbasis WEB atau Mobile yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem secara *Real-Time*. Aplikasi ini menyajikan data dari sensor dalam bentuk visualisasi yang mudah dipahami, seperti *Grafik*, tabel, atau notifikasi peringatan jika terjadi pelanggaran atau kondisi abnormal di area tambang. Selain itu, fitur interaktif seperti pengaturan parameter, laporan historis, dan integrasi dengan sistem keamanan dapat ditambahkan untuk meningkatkan efektivitas pemantauan. Dengan adanya antarmuka yang intuitif, pengguna dapat dengan cepat mengambil keputusan berdasarkan data yang tersedia (*Gupta & Priyadarshini*, 2021).



Gambar 4 .Antar muka pengguna
Sumber: Gupta & Priyadarshini, (2021)

Implementasi dan Keunggulan Teknologi *IoT* dalam Pemantauan Kepatuhan Implementasi Sistem *IoT* dalam pemantauan kepatuhan di area tambang memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

- a. Efisiensi Operasional: Mengurangi keterlambatan dalam pendekripsi masalah dan pengambilan keputusan.
- b. Keamanan yang Lebih Baik: Memantau kondisi pekerja dan lingkungan untuk mencegah kecelakaan.
- c. Pengelolaan Data yang Akurat: Menggunakan *Cloud Computing* untuk menyimpan dan menganalisis data dari berbagai sumber.

METODE

3.1 Jenis Penelitian

Metode Rekayasa (*engineering research*) merupakan Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembangunan sistem monitoring berbasis *IoT* dalam bentuk *prototipe* alat fisik, yang dirancang untuk meningkatkan kepatuhan berkendara di area tambang. Penelitian rekayasa digunakan karena bertujuan menciptakan solusi teknis terhadap permasalahan nyata.

Metode pengembangan yang digunakan adalah Model *Prototyping*, karena peneliti membangun alat fisik (*prototipe*) yang dirancang, diuji, dan disempurnakan hingga siap diterapkan. Model ini mencakup tahapan:

1. Identifikasi Kebutuhan Sistem

Tahap awal ini dilakukan untuk memahami permasalahan yang terjadi di area tambang, seperti pelanggaran kecepatan berkendara. Dari situ ditentukan kebutuhan sistem, seperti penggunaan *sensor* kecepatan (*Ultrasonik*), *modul notifikasi* (*ESP8266*), dan tampilan *visual* (*LCD* dan *Buzzer*).

2. Perancangan Awal

Pada tahap ini dilakukan perancangan *skematik* sistem, *diagram blok*, serta alur kerja sistem *monitoring*. Perancangan mencakup integrasi komponen seperti *sensor Ultrasonik*, *buzzer*, *ESP8266* dan *LCD* serta logika pengiriman data melalui *IoT*. Desain dibuat menggunakan *software* perancangan seperti *Circuit Designer IDE*.

3. Pembuatan Prototipe

Setelah rancangan awal disusun, *prototipe* alat mulai dibangun secara fisik dengan menyusun dan *menyolder* komponen sesuai *skema*. *Arduino Uno* diprogram menggunakan sensor dihubungkan, dan sistem diuji secara awal menggunakan simulasi.

4. Pengujian Awal

Prototipe yang telah dibuat diuji untuk memastikan fungsionalitas berjalan dengan baik. Misalnya, apakah kecepatan dapat dihitung dengan benar oleh *sensor Ultrasonik*, apakah notifikasi dikirim saat pelanggaran terjadi.

5. Penyempurnaan dari Umpan Balik

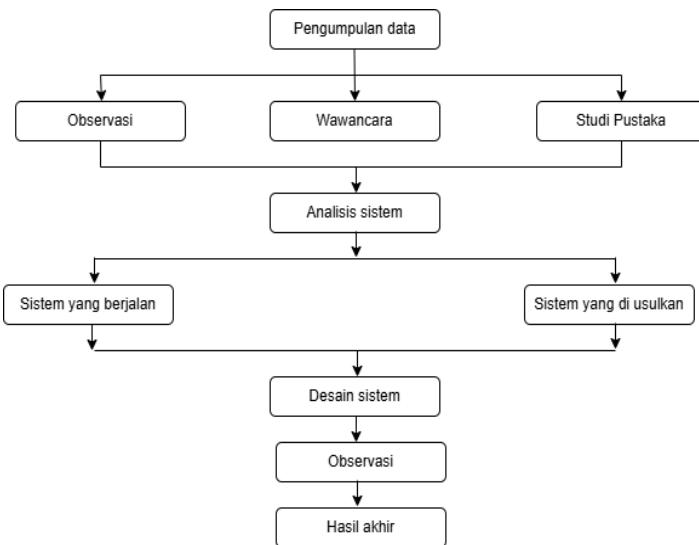
Dari hasil pengujian awal, jika ditemukan kesalahan logika, kesalahan koneksi, atau hasil yang tidak sesuai, maka dilakukan perbaikan dan penyesuaian pada program maupun perangkat keras. Tahapan ini bersifat iteratif sampai sistem bekerja *optimal*.

6. Finalisasi Alat

Setelah sistem diuji dan diperbaiki, *prototipe difinalisasi* agar siap digunakan di lapangan. Pada tahap ini, dokumentasi sistem, diagram, dan hasil pengujian dikumpulkan sebagai bukti bahwa sistem layak digunakan dan sesuai dengan tujuan penelitian.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian adalah metode skema kualitatif sebagai berikut:



Gambar 6. Tahapan Penelitian

Keterangan:

1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini yang dilakukan oleh peneliti yaitu untuk memperoleh informasi dalam rangka mencapai tujuan penelitian.

a. Observasi

Teknik observasi adalah suatu bentuk pengamatan yang dilakukan secara langsung di lokasi penelitian. Setiap peristiwa dan informasi yang bersangkutan terhadap data-data yang diperlukan nantinya akan dicatat langsung oleh penulis sebagaimana yang penulis saksikan selama meneliti. Mengetahui peristiwa-peristiwa itu dapat dilakukan dengan melihat, mendengar, kemudian dilakukan pencacatan data-data yang diperlukan. Penulis melakukan pengamatan dan peninjauan di Area Tambang.

b. Wawancara

Wawancara adalah melakukan tanya jawab narasumber untuk memperoleh keterangan tertentu. Dalam penelitian ini pewawancara adalah penulis, sedangkan narasumber yang diwawancara adalah Supervisor yaitu Pak Eltopius Dewa, dan HRD tersebut untuk mendapatkan informasi terkait kondisi yang ada pada PT.Ithikhara Mining Services.

c. Studi Pustaka

Metode pengumpulan data melalui buku atau *Browsing Internet* yang dijadikan sebagai acuan analisa penelitian yang dilakukan. Dalam proses pencarian dan perolehan data penulis mendapat referensi dari perpustakaan secara *Online* melalui *Internet*. Referensi tersebut sebagai acuan untuk membuat landasan teori. Tahap ini

penulis mempelajari konsep, teknik, maupun informasi dari berbagai sumber seperti internet, buku, jurnal, maupun artikel ilmiah lainnya yang berkaitan dengan jaringan komputer.

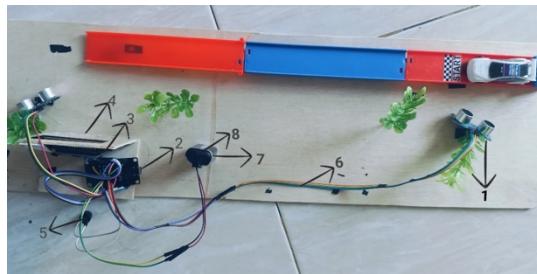
HASIL

Penelitian ini membahas tentang Perancangan Sistem *Monitoring* Berbasis *Iot* untuk Peningkatan Kepatuhan Aturan Kecepatan dalam Berkendara di Area Tambang. Penelitian ini dilakukan oleh penulis untuk membuat sebuah rancangan alat pendekripsi pelanggaran kecepatan dalam berkendara di area tambang berbasis *Internet Of Things* (*Iot*) yang bisa membantu pengawas untuk memantau secara *Real-Time*.

Jenis penelitian yang terapkan pada penelitian ini yaitu pendekatan rekayasa (*engineering research*)

1. Rangkaian Alat

Perancangan sistem *monitoring* berbasis *iot* untuk peningkatakan kepatuhan aturan dalam berkendara di area tambang dibuat mengikuti rangkaian yaitu:



Gambar 11. Rangkaian Alat Pendekripsi

Keterangan:

1. Sensor Ultrasonik
2. NodeMCU ESP8266
3. I₂C Modul
4. LCD 12x2
5. Buzzer
6. Jumper
7. Baterai 9V
8. Adaptor

Gambar tersebut menjelaskan rangkaian keseluruhan sistem *monitoring* kecepatan kendaraan berbasis *IoT*. Rangkaian ini mencakup beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu *Sensor Ultrasonik*, *LCD 16x2* dengan *modul I₂C*, *Buzzer*, *NodeMCU*, serta beberapa kabel jumper dengan keterangan fungsi sebagai berikut:

- a. LCD 16x2 (Modul I₂C) berfungsi sebagai media tampilan informasi dalam sistem. Untuk koneksi ke mikrokontroler, pin SDA dari modul I₂C dihubungkan ke pin D2 (GPIO4) NodeMCU, sedangkan pin SCL dihubungkan ke pin D1 (GPIO5). Sumber tegangan untuk LCD diperoleh dari pin 3V3 NodeMCU yang disambungkan ke pin VCC LCD, dan sambungan GND LCD dihubungkan ke GND NodeMCU.
- b. Sensor Ultrasonik 1 berperan sebagai pendekripsi awal kendaraan yang memasuki area pemantauan. Sensor ini mengukur waktu saat kendaraan pertama kali

melewati titik sensor. Pin Trig sensor dihubungkan ke pin D5 (GPIO14) NodeMCU dan pin Echo ke pin D6 (GPIO12). Untuk dayanya, pin VCC sensor disambungkan ke sumber 5V eksternal atau dari port USB, dan pin GND dihubungkan ke GND NodeMCU.

- c. Sensor Ultrasonik 2 bertugas sebagai pendekripsi akhir kendaraan yang melintasi titik akhir pengukuran. Pin Trig sensor ini terhubung ke pin D7 (GPIO13) dan Echo ke pin D8 (GPIO15). Seperti sensor pertama, VCC disambungkan ke 5V eksternal dan GND ke GND NodeMCU.
- d. Buzzer aktif digunakan sebagai indikator suara yang akan menyala ketika sistem mendekripsi kendaraan yang melebihi batas kecepatan yang ditentukan. Pin positif (+) Buzzer dihubungkan ke pin Do (GPIO16) NodeMCU, sedangkan pin negatif (-) dihubungkan ke GND.
- e. Baterai dan adaptor digunakan sebagai sumber daya portabel sistem. Sambungan positif (+) baterai atau adaptor disambungkan ke pin VIN NodeMCU, sementara sambungan negatif (-) dihubungkan ke GND NodeMCU.



Gambar 12. Notifikasi Aplikasi Telegram

Gambar tersebut menunjukkan tampilan *notifikasi* otomatis yang dikirimkan oleh sistem ke *aplikasi Telegram* melalui bot bernama "Bot Notifikasi Pelanggaran". Notifikasi ini muncul secara real-time saat sistem mendekripsi adanya pelanggaran kecepatan oleh kendaraan berdasarkan waktu tempuh antara dua *sensor ultrasonik*.

1. Pengujian Struktural

Pengujian struktural dilakukan untuk memastikan bahwa *pin-pin input* dan *output* baik digital dan analog sudah sesuai dengan rancangan produk sistem. Adapun hasil dari pengujian ini telah tertera pada tabel berikut.

Table 3. Pengujian Struktural

Komponen Uji	Kondisi yang Diharapkan	Kondisi Hasil	Keterangan
GND	GND melalui LCD ke nodeMCU	Terhubung	Berfungsi
GND	GND melalui nodeMCU ke LCD	Terhubung	Berfungsi

GND	GND melalui <i>sensor IR</i> 2 ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
GND	GND melalui <i>buzzer</i> ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
GND	GND melalui <i>nodeMCU</i> ke baterai	Terhubung	Berfungsi
SDA	SDA melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>LCD</i>	Terhubung	Berfungsi
D ₂	D ₂ melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>LCD</i>	Terhubung	Berfungsi
SCL	SCL melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>LCD</i>	Terhubung	Berfungsi
D ₁	D ₁ melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>LCD</i>	Terhubung	Berfungsi
VCC	VCC melalui <i>LCD</i> ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
3V ₃	3V ₃ melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>LCD</i>	Terhubung	Berfungsi
D ₅	D ₅ melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>sensor IR</i>	Terhubung	Berfungsi
VCC	VCC melalui <i>sensor IR</i> ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
3V ₃	3V ₃ melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>sensor IR</i>	Terhubung	Berfungsi
OUT	OUT melalui <i>sensor IR</i> ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
OUT	OUT melalui <i>sensor IR</i> ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
D ₆	D ₆ melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>sensor IR</i>	Terhubung	Berfungsi
VCC	VCC melalui <i>sensor IR</i> ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
3V ₃	3V ₃ melalui <i>nodeMCU</i> ke <i>sensor IR</i>	Terhubung	Berfungsi
D ₈	D ₈ melalui <i>buzzer</i> ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi
VIN	VIN melalui baterai ke <i>nodeMCU</i>	Terhubung	Berfungsi

Sumber: Data diolah Sendiri (2025)

2. Pengujian Program

Pengujian program dilakukan dengan tujuan untuk mengatahui apakah program yang telah dibuat telah berhasil atau gagal.

a. Pengujian Pertama

Hasil dan pengujian pertama adalah proses *upload* program. Pada proses tersebut, masih terjadi kegagalan atau *eror* pada *listing* program ketika proses di upload dilakukan. Hal tersebut muncul karena *NodeMCU* tidak terdeteksi di port COM3 pada saat membuat dan mengupload program, penyebabnya bisa kabel *USB* bermasalah, port salah, atau *driver* belum terinstal.

```

sketch_jun1fa.ino:15:1: Error: Port COM3 is not available
  LcdI2CCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 3);
  ^~~~~~
Port COM3 is not available

```

Gambar 13. Program Eror

b. Pengujian kedua

Hasil pengujian kedua yang dilakukan adalah proses upload program yang telah berhasil dilakukan dengan melakukan perbaikan pada listing sebelumnya. Proses upload program yang berhasil dilakukan dapat dilihat pada gambar

```

sketch_jun1fa.ino:15:1: Done uploading!
  LcdI2CCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 3);
  ^~~~~~

Sketch uses 1520 bytes (0% used) of program space, 61331 bytes (9%) of heap.

```

Gambar 14. Program Berhasil

1. Hasil Validasi

a. Penilaian Ahli

Tahapan ini dilakukan beberapa aspek penguji oleh para ahli. Dengan bertujuan apakah produk yang dibuat sudah layak disebar luaskan ke kalayak umum. Adapun hasil dari pengujiannya yaitu sebagai berikut.

Table 4. Hasil Validasi Ahli

No	Indikator Penilaian	Respon	
1	Apakah sistem ini mudah digunakan oleh pengguna?	4	5
2	Apakah sistem ini dapat mendeteksi kecepatan kendaraan dengan baik?	4	4

3	Apakah tampilan alat (<i>LCD</i> dan komponen) cukup informatif dan mudah dipahami?	4	4
4	Apakah sistem ini ringan dan praktis digunakan di lapangan?	4	5
5	Apakah sistem ini memiliki media pengiriman <i>notifikasi</i> yang efektif (<i>Telegram</i>)?	4	5
6	Apakah pemasangan komponen sistem ini cukup mudah?	4	5
7	Apakah sistem ini aman dari kesalahan deteksi dan gangguan lingkungan?	4	4
8	Apakah sistem ini dapat digunakan oleh siapa saja tanpa keahlian teknis tinggi?	4	4
Total		32	36

Total skor dapat dilihat dari perhitungan di bawah ini:

Nilai validasi ahli 1 dan 2 =

Nilai akhir validasi ahli =

$$\text{Jumlah nilai validasi ahli } 1 : \frac{32}{8} = 4$$

$$\text{Jumlah nilai validasi ahli } 2 : \frac{36}{8} = 4,5$$

$$\text{Nilai akhir validasi ahli} : \frac{4+4,5}{2} = 4,5$$

Table 5. Kriteria Nilai

No	Nilai	Kriteria
1	0 sampai 1	Sangat tidak baik
2	1,01 sampai 2	Tidak baik
3	2,01 sampai 3	Cukup baik
4	3,01 sampai 4	Baik
5	4,01 sampai 5	Sangat baik

b. Pengujian *Black Box*

Pengujian sistem dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja dan kemampuan dari perangkat yang dibangun. Pengujian dilakukan pada sistem dari perangkat, sehingga dapat dianalisis dan disimpulkan apakah sistem yang telah dirancang sudah bekerja dengan baik atau belum.

Table 6. Hasil Validasi *Black Box*

No	Komponen Uji	Hasil yang diharapkan	Keterangan
1	<i>Esp8266</i>	<ol style="list-style-type: none"> Apakah <i>NodeMCU</i> dapat menjalankan <i>program Arduino IDE</i>? Apakah dapat mengirim data ke <i>Telegram</i>? 	Berhasil
2	<i>Sensor Ultrasonik HC-SR04</i>	<ol style="list-style-type: none"> Apakah <i>sensor</i> dapat mendeteksi kendaraan? Apakah akurat membedakan jarak < 25 cm? 	Berhasil
3	<i>LCD I2C</i>	<ol style="list-style-type: none"> Apakah pesan tampil di <i>LCD</i>? Apakah <i>LCD</i> menyala saat sistem aktif? 	Berhasil
4	<i>Buzzer</i>	<ol style="list-style-type: none"> Apakah <i>buzzer</i> menyala saat pelanggaran? 	Berhasil

5 Modul Wifi Telegram	2. Apakah bunyi dapat didengar dengan jelas? 1. Apakah <i>notifikasi Telegram</i> dikirim saat pelanggaran? 2. Apakah chat masuk kurang dari 10 detik?	Berhasil
------------------------------	--	----------

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan pengujian *black box*, semua komponen sistem berhasil digunakan sesuai fungsi yang diharapkan.

c. Responden Pengguna

Setelah membahas hasil penilaian ahli dan uji *black box* di atas maka selanjutnya dibuatlah lembaran evaluasi yang kemudian diisi oleh 2 responden untuk menguji rancangan produk. Adapun yang di berikan berupa angka 1 – 5 dengan kategori penilaianya adalah “Sangat Setuju = 5”, “Setuju = 4”, “Cukup Setuju = 3”, “Kurang Setuju = 2”, dan “Tidak Setuju = 1”.

Table 7. Responden Pengguna

No	Pertanyaan	Nilai Responden
1	Menurut anda, apakah rancangan produk yang telah di buat sesuai dengan esensi peneliti.	4
2	Menurut Anda, apakah sistem monitoring kecepatan dan pelanggaran berbasis IoT ini efektif dalam penggunaannya?	4
3	Menurut Anda, apakah sistem ini sudah berjalan dengan baik sesuai dengan perencanaan dan kebutuhan lapangan?	4
4	Menurut Anda, perancangan sistem <i>monitoring</i> kepatuhan aturan dalam berkendara di area tambang berbasis <i>ESP8266</i> telah memberikan <i>input</i> serta <i>output</i> yang sesuai dengan yang telah dirancang sebelumnya berdasarkan esensi penelitian.	4
5	Menurut Anda, rancangan sistem <i>NodeMCU ESP8266</i> , <i>sensor ultrasonik HC-SR04</i> , <i>buzzer</i> , <i>LCD I₂C</i> , dan sistem <i>notifikasi Telegram</i> yang telah dirancang telah sesuai dengan esensi penelitian mengenai sistem <i>monitoring</i> kepatuhan aturan dalam berkendara di area tambang.	4
Jumlah Skor		20

Dalam pembahasan penelitian tentang *Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Kendaraan Berbasis IoT untuk Peningkatan Kepatuhan Aturan Berkendara di Area Tambang*, sistem ini dirancang untuk memantau kecepatan kendaraan menggunakan *sensor ultrasonik* dan *mikrokontroler NodeMCU ESP8266*. Ketika kendaraan melebihi batas kecepatan yang telah ditentukan, sistem secara otomatis

akan mengirimkan *notifikasi* pelanggaran melalui aplikasi *Telegram* kepada Admin dan Manajer.

Berdasarkan hasil pengujian sistem, alat berhasil mendeteksi waktu tempuh kendaraan antara dua *sensor ultrasonik* yang dipasang sejajar pada lintasan. Kecepatan kendaraan dihitung dari waktu tempuh tersebut, dan sistem dapat mengidentifikasi pelanggaran kecepatan jika melebihi batas 20 km/jam. *Notifikasi Telegram* dapat terkirim secara otomatis jika terdapat pelanggaran, ditandai dengan bunyi buzzer sebagai peringatan suara.

Hasil validasi oleh ahli menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai rancangan. Dua validator memberikan skor dengan rincian: nilai skala setuju (4) sebanyak 1 kali, dan skala sangat setuju (5) sebanyak 7 kali oleh validator pertama. Sedangkan validator kedua memberikan nilai setuju (4) sebanyak 1 kali, dan sangat setuju (5) sebanyak 7 kali. Nilai rata-rata akhir yang diperoleh adalah 4,87, yang berarti masuk dalam kategori "Sangat Baik."

Selain itu, hasil evaluasi pengguna terhadap produk juga menunjukkan bahwa 3 responden memilih "Sangat Setuju" dan 2 responden memilih "Setuju" terhadap kualitas dan kemudahan penggunaan alat. Maka dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kecepatan kendaraan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan telah berhasil memenuhi tujuan penelitian, yakni memberikan sistem peringatan otomatis yang mendukung keselamatan berkendara di area tambang.

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian sistem, penelitian ini memiliki kesamaan dan perbedaan dengan beberapa penelitian terdahulu. Salah satunya adalah penelitian oleh Usman M.M. dkk (2020) yang berjudul "*Perancangan Sistem Pendekripsi Banjir dan Sistem Peringatan Dini Berbasis Bot Telegram*". Penelitian tersebut menggunakan sensor ultrasonik untuk mendekripsi permukaan air dan memberikan notifikasi otomatis ke *Telegram* saat terjadi kenaikan level air yang signifikan.

Perbedaannya terletak pada objek dan lingkungan penerapan. Penelitian Usman M.M. difokuskan pada sistem peringatan dini untuk bencana alam (banjir), sedangkan penelitian ini difokuskan pada monitoring kecepatan kendaraan di area pertambangan untuk meningkatkan kepatuhan lalu lintas dan keselamatan kerja. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan peringatan suara (buzzer) dan tampilan langsung kecepatan di layar LCD, yang tidak terdapat dalam penelitian terdahulu tersebut.

1. Kelebihan penelitian ini antara lain:
 - a. Sistem dapat memberikan notifikasi secara real-time melalui aplikasi *Telegram*.
 - b. Menggunakan dua sensor ultrasonik untuk mendekripsi kecepatan berdasarkan waktu tempuh, tanpa perlu perangkat mahal seperti speed radar.
 - c. Mengintegrasikan tampilan LCD untuk menunjukkan status langsung kepada pengendara.
 - d. Prototipe mudah dikembangkan dan hemat daya karena menggunakan NodeMCU ESP8266.
2. Kekurangan penelitian ini adalah:
 - a. Sistem sangat bergantung pada koneksi WiFi yang stabil, sehingga pada area dengan jaringan buruk notifikasi tidak dapat terkirim.

- b. Sensor ultrasonik dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti cahaya ekstrem, hujan, atau debu tambang yang tebal.
- c. Jarak deteksi optimal terbatas pada beberapa meter saja, sehingga hanya cocok untuk area tambang yang telah dikendalikan secara ketat.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem *monitoring* kecepatan kendaraan berbasis *Internet of Things* (IoT) guna meningkatkan kepatuhan terhadap aturan kecepatan dalam berkendara di area tambang. Sistem ini dibangun menggunakan komponen utama seperti *NodeMCU ESP8266*, dua *sensor ultrasonik HC-SR04*, *LCD I₂C*, *buzzer*, serta fitur *notifikasi* otomatis yang dikirimkan melalui aplikasi Telegram. Dengan memanfaatkan pendekatan rekayasa (*engineering research*) berbasis metode prototyping, sistem ini berhasil dikembangkan mulai dari tahap perancangan hingga tahap pengujian fungsional di lapangan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kecepatan kendaraan secara akurat dengan menghitung waktu tempuh antar dua *sensor ultrasonik*. Apabila kendaraan melaju melebihi batas kecepatan yang ditentukan, sistem akan memberikan peringatan suara melalui *buzzer*, menampilkan informasi di *LCD*, serta mengirim *notifikasi real-time* melalui Telegram ke pihak terkait. Kecepatan ditampilkan dalam satuan km/jam, yang membuat sistem ini relevan dan dapat dipercaya untuk digunakan dalam pemantauan kepatuhan lalu lintas di area pertambangan.

Validasi terhadap sistem dilakukan melalui dua metode, yaitu validasi ahli dan pengujian *black box*. Dari hasil validasi oleh dua orang ahli, sistem memperoleh nilai rata-rata sebesar 4,87, yang berada pada kategori "Sangat Baik", menunjukkan bahwa sistem secara keseluruhan dinilai layak, praktis, informatif, dan efektif untuk digunakan. Sementara itu, pada pengujian *black box*, seluruh komponen seperti *sensor ultrasonik*, *ESP8266*, *buzzer*, *LCD I₂C*, dan *notifikasi* Telegram berhasil bekerja sesuai dengan fungsinya, tanpa ditemukan kesalahan fungsional yang signifikan. Responden pengguna juga memberikan nilai positif, menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan dengan baik di lapangan oleh pengguna tanpa memerlukan keahlian teknis yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Syaputra, & Tata Sutabri. (2024). Pengantar Internet of Things: Konsep dan Implementasi. Bandung: Informatika
- Alharbi, A. (2020). IoT-Based Monitoring Systems for Industrial Safety: A Review. *Journal of Industrial Safety Engineering*, 8(2), 112–125. <https://doi.org/10.1016/j.jise.2020.05.003>
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., ... & Zaharia, M. (2021). A View of Cloud Computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50–58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>

- Esther, L. M., Handoko, E., & Pratama, R. (2023). Smart Mine Safety System Using Accelerometer and ZigBee-Based IoT. International Journal of Mining Technology and Safety, 10(1), 44–53.
- Guo, Y., Liu, H., & Wang, Z. (2022). Wireless Communication Technologies for IoT in Mining Environments. IEEE Internet of Things Journal, 9(15), 13421–13432. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3156789>
- Gupta, S., & Priyadarshini, I. (2021). Design and Development of a Mobile-Based IoT Monitoring Interface for Industrial Applications. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 12, 5673–5682. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02236-1>
- Handoko, E., Nugroho, F., & Sari, D. (2023). Arduino-Based Sensor Data Acquisition System for Real-Time Environmental Monitoring. Jurnal Teknologi Elektro, 14(2), 88–97.
- Khosravi, A., & Khosravi, S. (2019). Enhancing Mine Safety Through IoT-Enabled Real-Time Monitoring. Safety Science, 118, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.029>
- Kusek, J. Z., & Rist, R. C. (2021). Ten Steps to a Results-Based Monitoring and Evaluation System. World Bank Publications.
- Usman, M. M., Putra, A. R., & Fauzi, R. (2020). Perancangan Sistem Pendekripsi Banjir dan Sistem Peringatan Dini Berbasis Bot Telegram. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 9(3), 210–218.
- Wang, Y., & Zhang, Y. (2021). IoT Applications in Smart Mining: Challenges and Opportunities. Resources Policy, 73, 102176. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102176>