

SISTEM EARLY WARNING DETEKSI KUALITAS UDARA BERBASIS IOT

By Andrean Noor Abdul Muhid

SISTEM EARLY WARNING DETEKSI KUALITAS UDARA BERBASIS IOT

Andrean Noor Abdul Muhid

Abstract

Air pollution in Indonesia poses a significant threat to human health, with its impacts including respiratory diseases, heart problems, and premature deaths. This condition is caused by various harmful air pollutants, including particulate matter, sulfur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide, and others. Prolonged dry seasons often trigger forest fires in various regions, including Bati-bati Village in South Kalimantan. Forest fires produce smoke that causes hazardous air pollution to human health and the surrounding environment. To address this issue, researchers have developed an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system. This system detects the levels of carbon monoxide (CO) and methane pollution in the air and provides early warnings to users via mobile phones if pollution levels exceed or approach predefined limits. Thus, the system helps users take necessary preventive actions to protect their health from the impacts of air pollution.

Keywords : Air pollution, carbon monoxide, Internet of Things

Abstrak

Polusi udara di Indonesia merupakan ancaman serius bagi kesehatan manusia, dengan dampaknya yang meliputi penyakit pernapasan, jantung, dan kematian dini. Kondisi ini disebabkan oleh berbagai polutan udara yang berbahaya, termasuk debu diameter, sulfur dioksida, karbon monoksida, nitrogen dioksida, dan lainnya. Musim kemarau yang panjang sering kali memicu kebakaran hutan di berbagai daerah, termasuk Desa Bati-bati di Kalimantan Selatan. Kebakaran hutan menghasilkan asap yang menyebabkan polusi udara berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya. Untuk mengatasi masalah ini, peneliti telah mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini mendeteksi kadar polusi karbon monoksida (CO) dan metana di udara dan memberikan peringatan dini kepada pengguna melalui telegram jika kadar polusi melebihi atau mendekati batas yang ditetapkan. Dengan demikian, sistem ini membantu pengguna untuk mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan untuk melindungi kesehatan dari dampak polusi udara.

Kata kunci : Polusi udara, karbon monoksida, Internet of Things

1. PENDAHULUAN

Polusi udara di Indonesia merupakan ancaman lingkungan besar yang berdampak signifikan terhadap kesehatan manusia. Menurut World Health Organization (WHO) dalam laporan Rambu[1], sebanyak 7.3 juta orang meninggal akibat pencemaran udara pada tahun 2016, dengan kawasan Timur Tengah dan Asia Tenggara mencatat kasus tertinggi. Di kawasan ini, rata-rata tingkat pencemaran per tahun melebihi nilai ambang batas, dengan 3,8 juta kematian di Timur Tengah dan Asia Tenggara, serta 567.000 di antaranya disebabkan oleh penyakit pernapasan dan kanker akibat paparan partikel halus. Dampak polusi udara setara dengan dampak kesehatan

dari merokok tembakau dan konsumsi makanan tidak sehat. Konsentrasi polusi udara memiliki korelasi erat dengan jumlah kematian akibat penyakit pernapasan dan Ischemic Heart Disease (IHD).

Salah satu penyebab utama memburuknya polusi udara di Indonesia adalah kebakaran hutan yang sering terjadi selama musim kemarau. Musim kemarau yang berkepanjangan memicu kebakaran hutan yang sulit dipadamkan akibat kurangnya persediaan air, mengakibatkan kualitas udara yang buruk karena banyaknya asap dari kebakaran tersebut. Desa Bati-bati di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan, merupakan salah satu daerah yang sering dilanda kebakaran hutan selama musim kemarau.

Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut [2], desa Bati-bati dengan luas wilayah sekitar 9 km² dan jumlah penduduk 5.374 jiwa, sering mengalami kebakaran hutan. Sulitnya akses menuju lokasi sumber api, ditambah dengan struktur tanah gambut, menjadikan pemadaman api hanya bisa dilakukan melalui transportasi udara, sehingga api sulit dipadamkan dan polusi udara semakin meningkat.

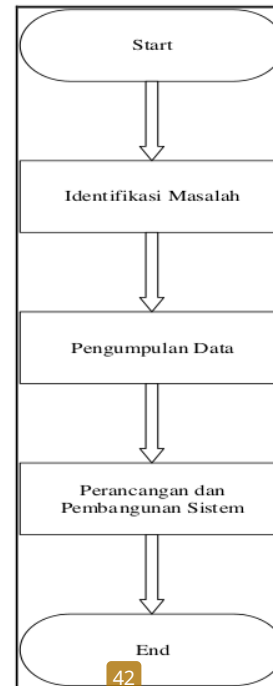
Polusi udara yang dihasilkan oleh kebakaran hutan mengandung berbagai partikel berbahaya, termasuk karbon monoksida, yang dapat menyebabkan gejala penyakit seperti kesulitan bernafas pada manusia. Selain membahayakan kesehatan manusia, polusi udara juga mempengaruhi lingkungan sekitar dengan mengganggu pertumbuhan tanaman dan hewan [1]. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang dapat diakses untuk mengetahui tingkat pencemaran udara, khususnya kadar karbon monoksida.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem peringatan dini untuk deteksi kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT). Alat ini bekerja dengan mendeteksi kadar polusi karbon monoksida dan *liquid petroleum gas* (LPG) di udara. Jika kadar polusi melebihi atau mendekati batas yang telah ditentukan, alat ini akan mengirimkan pesan peringatan ke ponsel pengguna melalui aplikasi Telegram, sehingga pengguna dapat mempersiapkan diri untuk menghindari polusi. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem *early warning* untuk deteksi kualitas udara berbasis IoT.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Skema Alur Penelitian

Kerangka penelitian pada studi kasus rancang bangun sistem *early warning* untuk deteksi kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) terdiri dari identifikasi masalah, pengumpulan data-data yang diperlukan, dan terakhir membangun sebuah sistem menggunakan model *waterfall*. Berikut ini adalah gambaran dari alur pengerjaan sistem.



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tahap **identifikasi masalah**, di mana peneliti mengidentifikasi permasalahan terkait polusi udara di Indonesia dan kebutuhan akan sistem peringatan dini yang efektif. Setelah masalah teridentifikasi, langkah berikutnya adalah **pengumpulan data**. Dalam tahap ini, peneliti mengumpulkan berbagai data yang diperlukan, termasuk data kualitas udara, data kesehatan terkait polusi udara, dan data teknis yang diperlukan untuk pembangunan sistem. Setelah data terkumpul, peneliti melanjutkan ke tahap **perancangan dan pembangunan sistem**. Menggunakan model *waterfall*, tahap ini mencakup desain sistem, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian fungsionalitas, dan implementasi sistem IoT untuk deteksi kualitas udara. Terakhir, penelitian diakhiri dengan tahap **evaluasi sistem** dan penulisan laporan akhir, yang mencakup analisis kinerja sistem dan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.

2.2. Pengumpulan Data

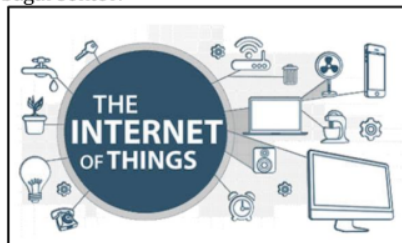
Pengumpulan data yang dilakukan adalah menggunakan metode studi pustaka dan dokumentasi. Studi Pustaka adalah salah satu kegiatan yang dilakukan dalam penelitian untuk mengumpulkan informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang menjadi objek penelitian. Studi pustaka dilakukan dengan cara mencari

berbagai sumber yang bisa dijadikan referensi maupun patokan untuk melakukan pembuatan penelitian ini. Studi pustaka yang dapat kita jadikan sebagai referensi dapat dilakukan dengan mencari informasi dari *internet* dan buku yang telah diterbitkan [14] sebagai media cetak. Sedangkan Dokumentasi adalah sebuah proses yang dilakukan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menyajikan informasi yang terkait dengan suatu sistem, produk, atau proyek. Dokumentasi dapat berupa berbagai bentuk, seperti laporan, manual, dan dokumen lainnya, selain itu metode dokumentasi juga membantu dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengembangan penelitian, serta membantu dalam mengurangi kesalahan dan masalah yang dapat terjadi dalam penelitian.

5

2.3. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sensor-sensor yang terhubung ke internet dan berperilaku seperti internet dengan membuat koneksi-koneksi terbuka setiap saat, serta berbagi data secara bebas dan memungkinkan aplikasi-aplikasi yang tidak terduga, sehingga komputer-komputer dapat memahami dunia sekitar mereka dan menjadi bagian dari kehidupan manusia [3]. IoT telah berkembang pesat dan telah digunakan dalam berbagai bidang, termasuk bisnis, kesehatan, transportasi, lingkungan, energi, dan lain-lain. Indonesia juga telah mengaplikasikan teknologi IoT, walaupun tidak menjadi mayoritas, dan telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam berbagai sektor.



Gambar 2. Internet of Things [3]

IoT sendiri terdiri dari beberapa komponen utama, seperti sensor, *gateway*, dan *cloud*. Sensor digunakan untuk mengumpulkan data dari objek-objek fisik yang terhubung dengan jaringan. *Gateway* berfungsi untuk mentransmisikan data dari sensor ke *cloud* atau *internet* yang terhubung. *Cloud* kemudian digunakan untuk memproses dan menyimpan data yang dikumpulkan.

IoT memiliki manfaat yang luas, IoT memungki [21]n untuk melakukan pengontrolan perangkat dari jarak jauh dengan internet, hal ini menciptakan peluang untuk langsung

menghubungkan dan mengintegrasikan dunia fisik ke sistem berbasis komputer menggunakan perangkat sensor dan jalur internet [3].

33

2.4. Karbon Monoksida

Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun yang tidak berwarna, tidak menyebabkan iritasi, tidak berbau dan tidak berasa. Ini diproduksi dari hasil pembakaran bahan bakar karbon yang tidak sempurna seperti kayu, bensin, batu bara, gas alam, dan minyak tanah. Karbon monoksida tidak dapat dideteksi oleh manusia baik melalui penglihatan, rasa maupun penciuman. Proses oksidasi yang tidak sempurna selama pembakaran dapat menyebabkan tingginya konsentrasi [25]bon monoksida di udara dalam ruangan[4]. Jika karbon monoksida masuk ke tubuh dan dibawa oleh hemoglobin ke otot-otot tubuh maka seseorang akan mengalami kekurangan oksigen[5]. Karena sifat karbon monoksida yang menangkap oksigen dari hemoglobin sehingga akibat berkurangnya [10]dar oksigen dalam tubuh akan menimbulkan gejala-gejala keracunan karbon monoksida antara lain, pusing, rasa tidak enak pada mata, telinga berdengung, mual, muntah, detak jantung meningkat, rasa tertekan didada, kesukaran bernafas, kelemahan otot-otot, tidak sadar dan bisa meninggal dunia[6].

Batasan pem[6]aran yang disarankan oleh WHO paparan karbon monoksida (CO) tidak boleh melebihi 25 ppm (29 mg/m³) untuk menghindari tercapainya kadar COHb sebesar 2,5-3% untuk 1 jam dan 10 pp[30] (11,5 mg/m³) untuk 8 jam[1]. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405 tahun 2002 tentang persyaratan kesehatan lingkungan kerja perkantoran dan industri. [54]dar gas yang tercemar dalam ruang kerja dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Batasan paparan gas pencemar didalam ruang

No.	PARAMETER	KONSENTRASI MAKSIMAL	
		(mg/m ³)	ppm
1.	Asam Sulfida (H ₂ S)	1	-
2.	Amonia (NH ₃)	17	25
3.	Karbon Monoksida (CO)	29	25
4.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	5,60	3,0
5.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	5,2	2

20

2.5. Liquid Petroleum Gas

LPG (*Liquified Petroleum Gas*) atau yang biasa sering dikenal dengan sebutan elpiji adalah kumpulan senyawa gas hidrokarbon yang berada dalam bentuk cair. Menurut [35]yanto & Erlangsyah, 1997) dalam [7] LPG adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon [53] berasal dari gas alam yang diubah menjadi gas cair

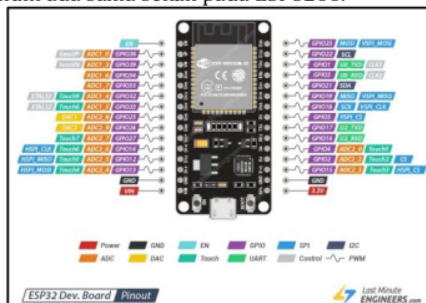
dengan cara menambah tekanan dan menurunkan suhunya. Komponen gas ini biasanya didominasi oleh propane (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Salah satu resiko penggunaan LPG adalah jika terjadinya kebocoran pada tabung atau regulator gas dan terkena percikan api dapat menyebabkan kebakaran.

Menurut [8] ambang batas paparan gas LPG (CAS number: 68476-85) telah ditetapkan sebagai berikut: Nilai batas paparan yang Direkomendasikan (*Recommended Exposure Limit, REL*) adalah 1.13 ppm atau setara dengan 1.800 mg/m³ untuk rata-rata waktu tertimbang (*Time-Weighted Average, TWA*). Nilai ini juga digunakan oleh *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* sebagai batas paparan yang diperbolehkan saat ini (*Permissible Exposure Limit, PEL*), yakni 1.000 ppm atau 1.800 mg/m³ TWA. Nilai TWA menggambarkan konsentrasi rata-rata paparan gas LPG yang diperbolehkan selama periode kerja 8 jam sehari, 40 jam seminggu, tanpa menyebabkan efek kesehatan yang merugikan.

2.6. ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan sebuah papan *prototyping* atau mikrokontroler yang ringkas dan mudah diprogram menggunakan *software Arduino IDE*. ESP32 ini berkemampuan Wi-Fi dan Bluetooth yang sangat kuat dengan jumlah GPIO yang sangat besar, dan board development yang menunjukkan kekuatan dalam desain modul IoT yang sangat mudah diakses [9].

Jenis ini memiliki beberapa perbedaan dengan ESP8266 salah satunya adalah pada bagian prosesor. ESP32 sudah dilengkapi dengan prosesor *Dual-Core* 32 bit yang membuat ESP32 memiliki kinerja yang lebih cepat dibanding dengan ESP8266 yang masih menggunakan *Single-Core* 32 bit. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan *Bluetooth* tipe 4.2 yang mana belum ada sama sekali pada ESP8266.



Gambar 3. Pin Out ESP 32 [10]

Seperti yang terlihat dari gambar di atas merupakan pin out dari ESP32. Pada pin out tersebut terdiri dari 18 pin *Analog Digital*

Converter (ADC), 2 pin *Digital Analog Converter* (DAC), 6 pin *Pulse Width Modulation* (PWM), 18 pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI.

Pin tersebut dapat dijadikan sebagai input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, dan bahkan untuk menggerakkan motor DC. Pada dasarnya ESP32 merupakan penerus dari *module ESP8266*. Pada ESP32 terdapat inti CPU serta Wi-Fi yang lebih cepat, GPIO yang lebih, dan mendukung *Bluetooth* 4.2 serta memiliki konsumsi daya yang rendah. Dikarenakan pada ESP32 memiliki lebih banyak pin GPIO dibanding dengan ESP8266, maka dapat diputuskan pin mana yang difungsikan sebagai UART, I2C, atau SPI sesuai dengan kode program yang akan dibuat.

2.7. Sensor Gas MQ-7

Sensor adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah besaran mekanik, magnet, panas, cahaya dan kimia menjadi listrik yang bentuknya akan berubah seperti arus listrik. Perubahan yang terjadi dari semua elemen menjadi listrik dapat dijadikan sebagai pembacaan pada rangkaian mikrokontroler.

Sensor MQ-7 merupakan sensor yang memiliki kepekaan tinggi terhadap gas Carbon Moxide (CO) dan hasratnya stabil serta tahan lama [11]. Sensor ini menggunakan catu daya 5V AC/DC dan catu daya rangkaian 5 VDC. Sensor ini sangat cocok untuk mendeteksi gas CO dengan jangkauan pendeteksiannya mulai dari 10 sampai 10.000 ppm. Kelebihan sensor MQ-7 adalah memiliki sensitivitas tinggi, stabil dan berumur panjang, kemampuan pengukuran, kemampuan integrasi, kemampuan kalibrasi, dan kemampuan penggunaan.



Gambar 4. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 tersusun oleh tabung kramik mikro, lapisan sensitif timah dioksida (SnO_2), elektroda pengukur dan pemanas sebagai lapisan kulit yang terbuat dari plastik dan permukaan jaringan *stainless steel* bersih yang menjadi kerak pelindung tabung [11]. Sensor ini dibuat dengan 6 pin, 4 dari 6 pin tersebut digunakan untuk

mengambil sinyal dan 2 lainnya digunakan untuk menyalurkan arus pemanas.

Sensor MQ-7 sangat berguna dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran kadar gas CO, seperti pengawasan kualitas udara di ruangan, industri, dan kendaraan. Dengan menggunakan sensor MQ-7, kita dapat mendeteksi konsentrasi CO yang tinggi dan mengambil tindakan untuk mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh gas CO. Selain itu, sensor MQ-7 juga dapat digunakan dalam pengembangan teknologi untuk menciptakan sistem *monitoring* gas CO yang lebih efektif dan efisien.

2.8. Sensor MQ-2

Sensor Gas MQ-2 adalah salah satu sensor yang peka terhadap asap. Sensor MQ-2 juga digunakan sebagai alat untuk membedakan pemusatan gas yang dapat menyala. Elemen utama sensor ini adalah SnO₂ dengan konduktivitas rendah di udara bersih, dengan asumsi ada pelepasan gas, konduktivitas sensor akan tinggi dan setiap peningkatan fokus gas, konduktivitas sensor juga akan meningkat. Sensor MQ-2 peka terhadap gas LPG, Propana, Hidrogen, Karbon Monoksida, Metana dan Alkohol dan gas mudah terbakar lainnya. Sensor ini dapat mengenali pemusatan gas yang dapat terbakar di udara dan asap dan hasilnya adalah tegangan sederhana.

Sensor MQ-2 dapat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas seperti *butane*, *propane*, metana, alkohol, asap, dan LPG. Dengan menggunakan sensor ini, kita dapat mendeteksi tingkat kebocoran gas dan mengambil tindakan untuk mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh gas CO. Selain itu, sensor MQ-2 juga dapat digunakan dalam pengembangan teknologi untuk menciptakan sistem *monitoring* gas yang lebih efektif dan efisien.



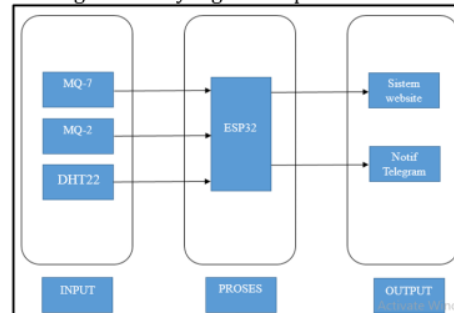
Gambar 5. Sensor MQ-2 [12]

Sensor MQ-2 memiliki 2 masukan tegangan yakni VH dan VC. VH digunakan untuk tegangan pada pemanas (*heater*) bagian internal dan VC merupakan tegangan sumber serta memiliki output yang menghasilkan *output* analog. Dalam sensor MQ-2 terdiri dari 11 buah pin sama seperti sensor MQ-7 yaitu 4 pin digunakan untuk *input/output* dan 2 pin digunakan untuk sistem pemanas (*heater*).

Kelebihan lain dari sensor MQ-2 adalah kemampuan integrasi dengan berbagai perangkat keras dan perangkat lunak, seperti mikrokontroler, LCD, buzzer, dan aplikasi telegram. Dengan demikian, sensor MQ-2 dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran kadar gas CO, serta dalam meningkatkan keselamatan dan kualitas udara di berbagai lingkungan.

2.9. Rancangan

Adapun rancangan perangkat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan diagram blok sehingga pendataan dari bagian *input*, *proses*, dan *output* dapat terlihat jelas dan tertata dengan rapi. Berikut ini adalah gambaran dari diagram blok yang dibuat penulis



Gambar 6. Diagram Blok

Pada bagian *input* terdapat 3 (tiga) sensor yang akan bekerja sesuai dengan kode program yang dibuat oleh penulis, dalam hal ini sensor gas MQ-2 dan MQ-7 akan membaca kadar karbon monoksida (CO) pada ruangan tersebut, kemudian ada sensor DHT22 yang akan membaca temperatur suhu ruangan dan kelembapan pada ruangan.

Perancangan alat dalam penelitian yang berjudul "Rancangan Bangun Sistem *Early Warning* untuk Deteksi Kualitas Udara Berbasis *Internet Of Things* (IoT)" ini menggunakan NodeMCU ESP32 yang diprogram melalui *software arduino IDE*, NodeMCU ESP32 kemudian akan dipasangkan dengan *Baseplate* khusus seri ESP32 fungsinya agar mempermudah penghubungan dengan perangkat lain seperti sensor gas MQ-7, sensor gas MQ-2, dan sensor DHT22. Tujuan dari pembuatan sistem ini adalah untuk melakukan deteksi kualitas udara dengan cara sensor akan deteksi kadar karbon monoksida (CO) diudara sehingga dapat meminimalisir terhirupnya karbon monoksida (CO) berlebih yang dapat membahayakan bagi kesehatan.

Pada pembuatan sistem *early warning* untuk deteksi kualitas udara berbasis *internet of things* (IoT) ini memerlukan beberapa tahapan-tahapan

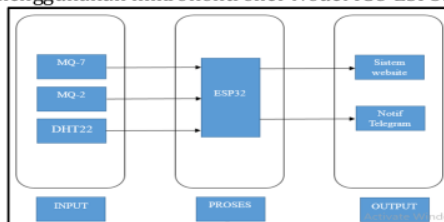
yang harus dilalui, pada tahapan ini dilakukan dengan cara menggunakan *flowchart* untuk membuat rangkaian pada NodeMCU ESP32. Adapun beberapa tahapan-tahapan pembuatan perangkat yang harus dilalui antara lain:

1. Memasangkan NodeMCU ESP32 ke baseplate khusus ESP32 untuk memperbanyak *pin out* yang dapat digunakan.
2. Menghubungkan sensor DHT22 ke baseplate agar dapat terhubung dengan NodeMCU ESP32 menggunakan kabel *jumper*.
3. Menghubungkan sensor gas MQ-7 ke baseplate agar dapat terhubung dengan NodeMCU ESP32 menggunakan kabel *jumper*.
4. Menghubungkan sensor gas MQ-2 ke baseplate agar dapat terhubung dengan NodeMCU ESP32 menggunakan kabel *jumper*.
5. Membuat website agar dapat menampilkan data dari NodeMCU ESP32
6. Membuat program PHP dengan *framework codeigniter 4* menggunakan *software Visual Studio Code*.
7. Membuat program PHP agar dapat menerima data yang dikirimkan dari NodeMCU ESP32 menggunakan *software Visual Studio Code*.
8. Membuat program agar mengirimkan data dari NodeMCU ESP32 ke *server PHP* menggunakan *software Arduino IDE*.
9. Membuat program agar mengirimkan notifikasi dari NodeMCU ESP32 ke telegram menggunakan *software Arduino IDE*.
10. Membuat *chatBot* dari telegram yang akan digunakan untuk menerima dan menampung pesan notifikasi yang dikirimkan dari NodeMCU ESP32.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Diagram Blok

Berikut ini merupakan diagram blok yang menggambarkan alur proses kerja sistem, dalam diagram blok ini terdapat 3 (tiga) pembacaan dari sensor yang berbeda yaitu sensor DHT22 sebagai sensor untuk pembacaan suhu dan kelembapan, sensor gas MQ-7 dan MQ-2 sebagai sensor untuk pembacaan kadar karbon monoksida (CO) dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32.



Gambar 7. Diagram Blok

1. Input

Pada bagian input ini semua sensor yang ada akan bekerja berdasarkan apa yang telah

diprogram oleh *user* sesuai dengan fungsinya masing-masing. Pada hal ini sensor MQ-7 dan sensor MQ-2 akan melakukan pembacaan kadar polutan karbon monoksida (CO) dan gas metana yang ada diudara didalam ruangan dan sensor DHT22 yang akan melakukan pembacaan terhadap suhu serta kelembapan diruangan.

2. Proses

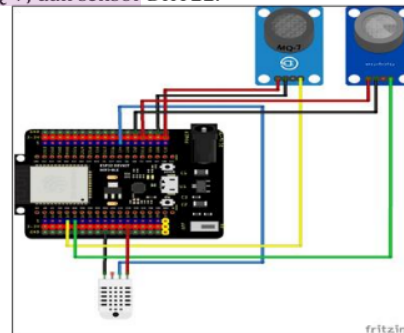
Pada bagian ini setelah semua data yang dikirim dari *input* sebelumnya, akan diproses didalam mikrokontroler ESP32 proses ini akan dilakukan dengan menggunakan pengkodean atau *coding* agar alat-alat seperti sensor-sensor dapat berfungsi sesuai dengan kegunaan dan program yang dimasukkan oleh *user*, nantinya hasil dari pemrosesan ini akan dialirkan ke dalam bentuk *output*.

3. Output

Pada bagian ini setelah pemrosesan data telah selesai maka hasil dari proses tersebut dapat berubah menjadi kontrol perangkat elektronik, tampilan untuk *serial monitor*, tampilan untuk *website* atau tampilan untuk aplikasi *mobile*. Hasil keluaran (*output*) tergantung dari pengkodean atau *coding* yang diberikan pada mikrokontroler, seperti hal nya telegram yang akan memberikan notifikasi peringatan berdasarkan data kadar polutan dari sensor gas yang dianggap telah mencapai kondisi tertentu yang diterapkan dalam pengkodean dan data dari sensor gas tersebut dapat dilihat juga oleh *user* melalui *website* sehingga *user* dapat melakukan pemantauan terhadap kondisi tersebut.

3.2. Diagram Skematik

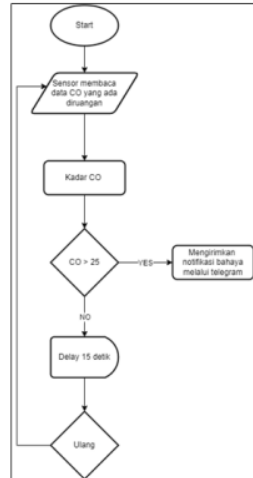
Berikut ini merupakan gambaran diagram skematik yang menggambarkan keseluruhan perangkat yang digunakan, diagram ini dibuat menggunakan aplikasi *Fritzing* untuk jenis perangkat yang digunakan dalam diagram ini adalah NodeMCU ESP32, Baseplate khusus NodeMCU ESP32, sensor gas MQ-2, sensor gas MQ-7, dan sensor DHT22.



Gambar 8. Rancangan Skematik

3.3. Flowchart

Berikut ini merupakan gambar dari alur pembacaan data gas oleh sensor MQ-2 dan sensor MQ-7 yang digunakan untuk membaca data kadar CO diudara.

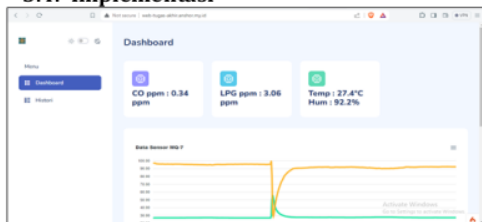


Gambar 9. Flowchart Pembacaan Data

Untuk pembacaan data gas yang diterima dari sensor dilakukan dengan pengujian uji coba dan berhasil seperti yang diharapkan.

1. Sensor MQ-2 dan MQ-7 akan membaca kadar CO yang terkandung diudara pada ruangan.
2. Jika pembacaan kadar CO dalam ruang terdeteksi melebihi 35 ppm atau lebih dari itu, maka sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan bahaya melalui aplikasi telegram yang sudah terintegrasi dengan sistem untuk memperingati bahaya kepada penghuni ruangan.
3. Jika pembacaan kadar CO dalam ruang terdeteksi kurang dari atau sama dengan 35 ppm, maka sistem akan terus melakukan *looping* pembacaan data, dengan *delay* selama 15 detik sebelum pembacaan data selanjutnya.

3.4. Implementasi



Gambar 10. Halaman website bagian dashboard

Gambar 10 diatas merupakan halaman *dashboard* yang digunakan untuk melihat data yang ditangkap dari sensor kemudian dikirimkan melalui NodeMCU ESP32. Pada halaman ini menampilkan seluruh data sensor yang telah diterima kedalam bentuk grafik garis serta

menampilkan data yang terakhir kali diambil oleh sensor.

No	Kadar Karbon Monoksida	Kadar LPG	Temperature	Humidity	Waktu
1	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
2	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
3	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
4	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
5	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
6	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
7	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
8	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
9	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00
10	0.34	3.06	27.4	92.2	2024-09-02 12:40:00

Gambar 11. Halaman website bagian Histori

Gambar 11 diatas merupakan halaman histori yang digunakan untuk melihat data sensor yang telah diterima. Halaman ini menampilkan data sensor kedalam bentuk tabel yang disertai dengan fitur *export* data untuk menampilkan halaman *download* file *export* kedalam bentuk *csv*, dan fitur hapus data untuk melakukan penghapusan seluruh data.



Gambar 12. Realisasi Alat

Gambar 12 diatas merupakan hasil realisasi menjadi alat dari rancangan pada gambar 8, alat ini digunakan untuk mengukur kadar emisi karbon monoksida dan gas *liquid petroleum gas* (LPG) yang berada diudara dan apabila terjadi peningkatan kadar yang membuatnya melewati ambang batas yang ditentukan diantara salah satu atau kedua emisi tersebut maka alat ini akan mengirimkan pesan peringatan bahaya melalui chat grup pada aplikasi telegram yang telah terhubung.

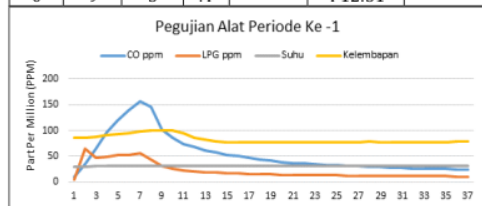
15. Pengujian

Berikut ini adalah hasil dari pengujian alat yang telah dilakukan.

Tabel 2. Pengujian

no mo r	co_ pp m	lpg_ ppm	su hu	kelem bapan	waktu	Status pesan
12 4	9.79	4.06	30 .1	86.3	6/9/202 4 12:40	Normal
12 5	34.5 6	64.2 1	30 .1	86.5	6/9/202 4 12:40	Warnin g Sent
12 6	65.2 6	47.8 1	30 .2	88.3	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
12 7	95.8 2	48.8 3	30 .3	90.3	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
12 8	119. 45	51.9 4	30 .5	92.6	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
12 9	138. 19	53.1 .7	30 .7	95.5	6/9/202 4 12:41	Warnin g Sent
13 0	156. 61	55.8 6	31 .1	98.3	6/9/202 4 12:42	Warnin g Sent

13	145.	43.6	31		6/9/202	Warnin
1	23	2	.4	100	4 12:42	g Sent
13	101.	30.7	31		6/9/202	Warnin
2	45	9	.8	100	4 12:42	g Sent
13	86.3	25.1	31		6/9/202	Warnin
3	2	9	.8	100	4 12:43	g Sent
13	73.8	22.3	31		6/9/202	Warnin
4	9	7	.8	93.9	4 12:43	g Sent
13	5	21.2	31		6/9/202	Warnin
5	67.9	8	.8	86.2	4 12:43	g Sent
13	61.6	18.2	31		6/9/202	Warnin
6	4	6	.7	81.8	4 12:44	g Sent
13	57.1	18.2	31		6/9/202	Warnin
7	3		.6	79.1	4 12:44	g Sent
13	52.9	17.3	31		6/9/202	Warnin
8	3		.5	77.5	4 12:44	g Sent
13	49.7	16.5	31		6/9/202	Warnin
9	4	9	.4	77.1	4 12:44	g Sent
14	46.3	16	31		6/9/202	Warnin
0	4		.4	76.8	4 12:45	g Sent
14	43.8	15.2	31		6/9/202	Warnin
1			.3	76.4	4 12:45	g Sent
14	41.3	14.5	31		6/9/202	Warnin
2	8	9	.2	76.7	4 12:45	g Sent
14	38.6	14.1	31		6/9/202	Warnin
3	3	8	.1	76.6	4 12:46	g Sent
14	36.6	13.6	31		6/9/202	Warnin
4	5	5	.1	76.4	4 12:46	g Sent
14	35.5	13.5	31		6/9/202	Warnin
5	2	7		76.6	4 12:46	g Sent
14	34.6	13.0	30		6/9/202	Warnin
6	6	5	.9	76.9	4 12:46	g Sent
14	33.5	12.9	30		6/9/202	Warnin
7	2	4	.9	76.9	4 12:47	g Sent
14	32.4	12.7	30		6/9/202	Warnin
8	2	7	.8	77.4	4 12:47	g Sent
14	31.4	12.2	30		6/9/202	Warnin
9	8	1	.8	77.5	4 12:47	g Sent
15	30.2	11.9	30		6/9/202	Warnin
0	4	1	.7	77.7	4 12:48	g Sent
15	29.6	11.8	30		6/9/202	Warnin
1	2	9	.7	78.2	4 12:48	g Sent
15	28.8	11.7	30		6/9/202	Warnin
2	3	2	.7	77.9	4 12:48	g Sent
15	27.9	11.5	30		6/9/202	Warnin
3	7	5	.6	77.8	4 12:49	g Sent
15	27.2	11.2	30		6/9/202	Warnin
4	9	6	.6	77.9	4 12:49	g Sent
15	26.6	11.2	30		6/9/202	Warnin
5	3	1	.6	77.5	4 12:49	g Sent
15	26.1	11.1	30		6/9/202	Warnin
6	4	6	.5	77.7	4 12:49	g Sent
15	25.3	11.0	30		6/9/202	Warnin
7	4	5	.5	77.5	4 12:50	g Sent
15	25.2	10.7	30		6/9/202	Warnin
8	2	6	.5	77.7	4 12:50	g Sent
15	24.5	10.6	30		6/9/202	Normal
9	5	5	.5	78	4 12:50	
16	24.0	10.5	30		6/9/202	Normal
0	9	3	.4	78.2	4 12:51	



Gambar 13. Grafik pengujian

Pada Gambar 13 menampilkan hasil pengukuran dengan empat parameter lingkungan yaitu CO ppm (karbon monoksida), LPG ppm (*liquefied petroleum gas*), Suhu, dan Kelembapan. Garis biru yang mewakili CO ppm menunjukkan adanya lonjakan signifikan pada awal pengujian, pada pengukuran nomor 124 pukul 12:40 CO ppm menunjukkan nilai yang normal yaitu 9.79 ppm pada titik ke-1 dan mencapai puncak sekitar 156.61 ppm pada titik ke-7, yaitu pada pengukuran nomor 130 pukul 12:42. Setelah mencapai puncak ini, nilai CO menurun secara bertahap hingga mencapai sekitar 24.09 ppm pada pengukuran nomor 160 pukul 12:51, hal ini menunjukkan adanya sumber emisi CO yang tinggi yang kemudian menurun seiring berjalannya waktu.

Garis oranye yang mewakili LPG ppm juga menunjukkan pola peningkatan tajam di awal pengujian, puncaknya sekitar 64.21 ppm pada titik ke-2, yaitu pada pengukuran nomor 125 pukul 12:40. Setelah itu, nilai LPG menurun secara bertahap hingga stabil pada sekitar 10.53 ppm pada pengukuran nomor 160 pukul 12:51. Ini menunjukkan adanya pelepasan LPG yang tinggi di awal yang kemudian berkurang.

Garis abu-abu yang mewakili suhu menunjukkan bahwa suhu cenderung stabil sepanjang pengujian, dengan sedikit fluktuasi di awal, berada di kisaran sekitar 30 derajat Celsius, menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dari segi suhu relatif konstan. Garis kuning yang mewakili kelembapan juga menunjukkan pola yang stabil, berada di sekitar 80% sepanjang pengujian, menunjukkan bahwa kelembapan lingkungan tidak banyak terpengaruh oleh perubahan kadar CO dan LPG.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa terdapat lonjakan awal dalam emisi CO dan LPG pada awal pengujian, yang kemudian menurun dan stabil seiring waktu. Sedangkan waktu yang diperlukan untuk sensor mendeteksi emisi CO pada puncak tertinggi yaitu 2 menit (terhitung dari pukul 12:40 - 12:42), emisi LPG pada puncak nya yaitu 2 menit (terhitung dari pukul 12:40 - 12:42) dan waktu untuk stabil kembali sekitar 9 menit untuk CO (terhitung dari pukul 12:42 - 12:51), 1 menit untuk LPG (terhitung dari pukul 12:42 - 12:43). Sementara suhu dan kelembapan tetap stabil yang mengindikasikan bahwa pengujian dilakukan dalam lingkungan terkontrol dengan perubahan cepat pada parameter gas di awal pengujian.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan mengenai Rancang Bangun Sistem *Early Warning*

44
untuk Deteksi Kualitas Udara Berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat disimpulkan yaitu:

1. 2-lah dibuat rancangan alat untuk deteksi kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan website dan aplikasi telegram sebagai media untuk memberikan pesan peringatan dini (*early warning*).
2. Pada pengujian yang dilakukan terhadap sistem, sistem ini mampu membaca kadar emisi karbon monoksida, dan gas LPG diudara dengan baik serta mampu mengirimkan pesan notifikasi ke aplikasi telegram dengan cepat secara *real-time*.
3. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap pengiriman pesan notifikasi ke aplikasi telegram memiliki tingkat keberhasilan 100%.
4. Hasil pengujian sensor yang telah dilakukan terhadap sistem menunjukkan bahwa sistem ini mampu membaca kadar emisi karbon monoksida (CO) dan *liquid petroleum gas* (LPG) dalam satuan *parts per million* (PPM) dengan baik dalam waktu pembacaan pada saat emisi terdeteksi rata-rata 2,6 menit atau 159,6 detik untuk Karbon Monoksida (CO), 2 menit atau 120 detik untuk *liquid petroleum gas* (LPG) dan waktu untuk kembali normal rata-rata 7 menit atau 420 detik untuk jenis emisi karbon monoksida (CO), 3 menit atau 180 detik untuk jenis emisi *liquid petroleum gas* (LPG).

1
Dari rancangan sistem yang telah dibangun dan telah direalisasikan menjadi sebuah alat, penulis menyadari bahwa masih banyak hal yang bisa dikembangkan lagi pada rancangan sistem ini dengan memberikan *power backup* seperti *power bank* untuk memberikan suplay daya apabila terjadi pemadaman listrik, 1 ng membuat sistem menjadi mati, serta menambahkan beberapa fitur tambahan pada sistem website agar dapat berjalan lebih bagus lagi. Penulis juga menyadari bahwa banyaknya kurang 57 dalam penulisan laporan ini sehingga penulis berharap kepada para pembaca agar memberikan

masukkan berupa kritik dan saran yang dapat membantu penulis

5. UCAPAN TERIMA KASIH

22
Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Saya ingin menyampaikan rasa 38 terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua saya tercinta, yang telah memberikan dukungan moral, doa, serta kasih sayang yang tiada henti sepanjang perjalanan studi saya. Tanpa dukungan dan cinta mereka, saya tidak akan bisa mencapai titik ini.

36
Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada dosen pembimbing saya, bapak Oky Rahmanto, S. 37 n., M.T dan bapak Ir. Agustian Noor, M.Kom, yang telah memberikan bimbingan, saran, serta dukungan yang sangat berharga dalam proses penulisan penelitian ini. Pengetahuan dan wawasan yang beliau bagikan sangat 49 mbantu dalam menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Tidak lupa, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada kampus tercinta Politeknik Negeri Tanah Laut yang telah memberikan fasilitas dan lingkungan belajar yang kondusif. Dukungan dari seluruh staf pengajar dan pihak kampus sangat ber 34 bagi kelancaran proses studi saya.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan 14 selama proses penyelesaian penelitian ini. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

Daftar Pustaka:

SISTEM EARLY WARNING DETEKSI KUALITAS UDARA BERBASIS IOT

ORIGINALITY REPORT

27%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	e-journal.stmiklombok.ac.id Internet	137 words — 3%
2	repository.unhas.ac.id Internet	106 words — 2%
3	indobot.co.id Internet	58 words — 1%
4	Hendriyo Mokodompit, Nurnaningsih Nico Abdul, Elvie Fatmah Mokodongan. "PONDOK PESANTREN MODERN DARUL MADINAH WONOSARI KABUPATEN BOALEMO DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR TROPIS", JAMBURA Journal of Architecture, 2024 Crossref	54 words — 1%
5	repository.pnj.ac.id Internet	52 words — 1%
6	ejournal.unsrat.ac.id Internet	47 words — 1%
7	semnas.univbinainsan.ac.id Internet	42 words — 1%
8	123dok.com Internet	34 words — 1%

9	eprints.pancabudi.ac.id Internet	33 words — 1%
10	docplayer.info Internet	31 words — 1%
11	jurnal.polines.ac.id Internet	31 words — 1%
12	electrician.unila.ac.id Internet	29 words — 1%
13	id.m.wikipedia.org Internet	29 words — 1%
14	www.kompasiana.com Internet	29 words — 1%
15	ejournal.akprind.ac.id Internet	28 words — 1%
16	www.scribd.com Internet	28 words — 1%
17	repositori.buddhidharma.ac.id Internet	27 words — 1%
18	www.kmtech.id Internet	26 words — 1%
19	Ayu Rofia Nurfadillah, Suparjan Petasule. "ENVIRONMENTAL HEALTH RISK ANALYSIS (SO ₂ , NO ₂ , CO and TSP) IN THE BONE BOLANGO AREA ROAD SEGMENT", Journal Health & Science : Gorontalo Journal Health and Science Community, 2022 Crossref	25 words — < 1%

20	repository.its.ac.id Internet	25 words — < 1%
21	www.webagus.id Internet	24 words — < 1%
22	abbasfarhan.blogspot.com Internet	23 words — < 1%
23	katadata.co.id Internet	23 words — < 1%
24	ejournal2.undip.ac.id Internet	21 words — < 1%
25	eprints.umg.ac.id Internet	20 words — < 1%
26	timur.ilearning.me Internet	20 words — < 1%
27	www.anakteknik.co.id Internet	20 words — < 1%
28	id.123dok.com Internet	19 words — < 1%
29	ilhamdi203001.blogspot.com Internet	19 words — < 1%
30	repository.untag-sby.ac.id Internet	19 words — < 1%
31	repository.isi-ska.ac.id Internet	16 words — < 1%

-
- 32 Dendi Kurniawan, Sri Ratna Sulistiyanti, Umi Murdika. "SISTEM PEMANTAU GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DAN KARBON DIOKSIDA (CO₂) MENGGUNAKAN SENSOR MQ7 DAN MQ-135 TERINTEGRASI TELEGRAM", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2023
Crossref 15 words — < 1%
-
- 33 repositori.unsil.ac.id
Internet 15 words — < 1%
-
- 34 www.brilio.net
Internet 15 words — < 1%
-
- 35 id.scribd.com
Internet 14 words — < 1%
-
- 36 eprints.ipdn.ac.id
Internet 12 words — < 1%
-
- 37 journal.unpas.ac.id
Internet 12 words — < 1%
-
- 38 repository.upi.edu
Internet 12 words — < 1%
-
- 39 www2.gov.bc.ca
Internet 11 words — < 1%
-
- 40 Lưu Thị Diệu Chinh, Hà Thị Hằng, Bùi Duy Quỳnh. "Ứng dụng dữ liệu Sentinel-5P Tropomi trên nền tảng Google Earth Engine trong theo dõi ô nhiễm không khí tại thành phố Thái Nguyên", Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN, 2023
Crossref 10 words — < 1%
-

41

Internet

10 words — < 1%

42

eprints.unisla.ac.id

Internet

10 words — < 1%

43

ignited.in

Internet

10 words — < 1%

44

repository.poliupg.ac.id

Internet

10 words — < 1%

45

scholar.unand.ac.id

Internet

10 words — < 1%

46

www.itmg.co.id

Internet

10 words — < 1%

47

Danny Kurnianto, Kemuning Nenden Testy, Prasetyo Yuliantoro. "Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi LoRa di IT Telkom Purwokerto", *Dinamika Rekayasa*, 2022

Crossref

9 words — < 1%

48

Ziyadatul Majidah, Mufti Ari Bianto, Bagus Dwi Saputra. "Implementasi Fuzzy Logic Mamdani Untuk Monitoring Kualitas Udara Berbasis Iot", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (JUPTIK)*, 2024

Crossref

9 words — < 1%

49

intisari.grid.id

Internet

9 words — < 1%

50

jurnal.untan.ac.id

Internet

9 words — < 1%

51	www.slideshare.net Internet	9 words — < 1%
52	Moh Hanif Assubhi, R Rahmadewi. "PERANCANGAN SISTEM KENDALI PADA SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR DENGAN MIKROKONTROLER ESP32", Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E), 2024 Crossref	8 words — < 1%
53	eprints.uny.ac.id Internet	8 words — < 1%
54	erepo.unud.ac.id Internet	8 words — < 1%
55	mulyawan.org Internet	8 words — < 1%
56	pdfcoffee.com Internet	8 words — < 1%
57	repository.yudharta.ac.id Internet	8 words — < 1%
58	vdocuments.site Internet	8 words — < 1%
59	eprints.itn.ac.id Internet	6 words — < 1%
60	eprints.polsri.ac.id Internet	6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES OFF