

Sistem Peringatan Dini Kebakaran Pada Perkebunan Kelapa Sawit Di Lahan Gambut Berbasis Website Dan Telegram

Muhammad Ridwan

Politeknik Kampar

Alamat: Jl. Tengku Muhammad KM. 2, batu Belah, Kampar, Riau

Korespondensi penulis: ridwanpolkam@gmail.com

Abstract. Peatland is one of the lands that can be planted with oil palm. However, peatlands tend to dry out easily and produce methane gas. If methane gas exceeds the normal limit plus high temperatures it can trigger fires in oil palm plantations on peatlands. As a solution, an early warning system for fires on oil palm plantations on peat lands was built based on a website and telegram. The purpose of this system is to provide information to palm oil farmers regarding changes in methane gas levels and temperature in real time so that they can prevent fires. The components used to build this system are the ESP32 Module to connect the device to the internet, the MQ4 sensor to measure methane gas levels, the DHT11 sensor to measure temperature. The implementation process uses the C programming language to program tools through the Arduino IDE, PHP and MySQL applications to manage the database. Based on the test results, the system displays changes in data on methane gas levels and temperature every 10 seconds via the website and sends a telegram notification if the temperature increases by 1°C or the methane gas is above 1000 ppm. The tool that was built can work optimally at a radius of 15 m from the fire point.

Keywords: Early Warning System, Fire, Peatland, MQ4 Sensor, DHT11 Sensor, Internet of Things, Website, Telegram

Abstrak. Lahan gambut merupakan salah satu lahan yang dapat ditanami kelapa sawit. Namun, lahan gambut memiliki sifat yang mudah mengering dan menghasilkan gas metana. Jika gas metana melebihi batas normal ditambah suhu yang tinggi dapat memicu kebakaran pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut. Sebagai solusi maka dibangun sistem peringatan dini kebakaran pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut berbasis website dan telegram. Tujuan dibuatnya sistem ini untuk memberikan informasi kepada petani kelapas sawit mengenai perubahan kadar gas metana dan suhu secara *realtime* sehingga dapat mencegah kebakaran. Komponen yang digunakan untuk membangun sistem ini adalah Modul ESP32 sebagai penghubung alat dengan internet, sensor MQ4 untuk mengukur kadar gas metana, sensor DHT11 untuk mengukur suhu. Proses implementasi menggunakan bahasa pemrograman C untuk program alat melalui aplikasi Arduino IDE, PHP dan MySQL untuk mengelola database. Sistem menampilkan perubahan data kadar gas metana dan suhu setiap 10 detik melalui website dan mengirim notifikasi telegram jika suhu meningkat 1 °C atau gas metana di atas 1000 ppm. Alat yang dibangun dapat bekerja dengan maksimal pada radius 15 m dari titik api.

Kata kunci: Sistem Peringatan Dini, Kebakaran, Lahan Gambut, Sensor MQ4, Sensor DHT11, Internet of Things, Website, Telegram

LATAR BELAKANG

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini ditunjukkan dengan meluasnya perkebunan kelapa sawit di Indonesia, berdasarkan Direktorat Jendral Perkebunan (2021) data luas perkebunan kelapa sawit Indonesia tahun 2011 memiliki luas areal 8,9 juta hektar. Sedangkan pada tahun 2015 luas perkebunan kelapa sawit mencapai 11,3 juta hektar. Perkembangan tahun 2019 menunjukkan terjadi peningkatan luas perkebunan kelapa sawit yaitu sekitar 14,4 juta hektar.

Menurut Pandiangan (2022) kelapa sawit dapat ditanam pada berbagai jenis tanah. Jenis tanah yang dapat ditanami kelapa sawit antara lain laparitik latosol, basalik, sedimen dan gambut. Menurut Sugriwan dkk (2019) lahan gambut adalah lahan yang berpotensi untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit karena terbatasnya lahan yang ada saat ini. Kondisi lingkungan di areal lahan gambut memiliki sifat seperti lahan yang jenuh air, bereaksi asam, mengandung asam organik yang beracun, unsur hara yang rendah, rentan terdegradasi dan mudah mengering.

Berdasarkan permasalahan yang telah dibahas, maka perlu dibangun sebuah alat yang dapat memberitahu informasi mengenai kadar gas metana dan suhu jika melebihi batas normal untuk mencegah kebakaran pada perkebunan kelapa sawit khususnya di lahan gambut. Alat ini dibangun menggunakan Modul ESP32, sensor MQ4, sensor DHT11 beserta informasi yang akan ditampilkan di website dan notifikasi yang berisi kenaikan kadar gas metana beserta suhu akan dikirim melalui Telegram Messenger.

KAJIAN TEORITIS

Berdasarkan jurnal yang ditulis Kevin Diantoro (2020), penulis merancang alat untuk mengetahui kadar gas metana, suhu dan kelembapan dalam proses pengomposan. Alat yang dirancang menggunakan sensor DHT22 untuk monitoring suhu dan kelembaban, sensor *MQ4* untuk *monitoring* kadar gas metana dan Wemos D1 R1 sebagai pusat pengolahan data dan komunikasi antara sensor dan aplikasi *blynk*. Sistem *monitoring* yang dirancang berjalan dengan baik, error yang didapat masih di bawah standar batas maksimal *error* pembacaan yaitu 5%. Didapatkan *error* untuk pengukuran suhu sebesar 3.6% dan *error* untuk pengukuran kelembaban sebesar 1%.

Dalam penelitian yang ditulis Pratama (2020) merancang *prototipe* pendeteksi gas metana pada *Meter and Regulating Station* (MR/S) di PT Perusahaan Gas Negara (PGN). Alat bekerja dengan cara pengiriman informasi menggunakan NodeMCU *ESP8266* secara sistematis menuju aplikasi *Blynk* yang terinstall di *smartphone* pengguna dalam bentuk *notifikasi* grafik. Sensor *MQ4* digunakan untuk mendeteksi gas metana yang terakumulasi di dalam MR/S saat terjadinya kebocoran gas. *Prototipe* yang telah diuji menunjukkan nilai dari gas metana yang terbaca yaitu 871 ppm. Ketepatan waktu *NodeMCU ESP8266* dalam mengirimkan informasi ke *internet* yaitu 1 detik. Kecepatan *prototipe* dalam mendeteksi adanya kebocoran gas metana yaitu 1 detik. Sehingga *prototipe* yang dibuat lebih *realtime*, dan efisien digunakan sebagai *safety device* pada peralatan MR/S dari kejadian kebocoran gas yang tidak dapat dipastikan waktunya.

METODE PENELITIAN

Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :



Gambar 1 Kerangka kerja

1. Analisa Masalah

Tahapan ini yaitu menganalisis kebutuhan yang diperlukan untuk penelitian dan pembuatan alat. Seperti kebutuhan penulisan, pengumpulan data.

2. Studi Literatur

Tahap studi literatur yaitu untuk mengetahui solusi yang digunakan dalam pemecahan masalah, seperti pencarian sumber rujukan baik dari buku dan jurnal.

3. Pengumpulan Alat dan Bahan

Tahap pengumpulan alat dan bahan menggunakan Laptop, webcam, arduino uno R3, arduino Ethernet shield, *buzzer*, led, LCD 16X2, Modul 12C, led module.

4. Penerapan Program

Tahap ini melakukan pembuatan perancangan alat yang bersifat sementara dan berfokus pada penyajian (contoh membuat *input* dan *format output*). Dan bagaimana tampilan alat yang akan dibangun tersebut.

5. Pembuatan Alat

Tahapan dimana alat akan dirangkai dan bahan yang sudah disiapkan sesuai dengan logika yang telah di program didalam bahasa pemrograman *python*, *visual studio code*, *Teachable machine*.

6. Pengujian Alat

Setelah selesai dengan pembuatan alat, maka diperlukan pengujian terlebih dahulu, untuk memeriksa kembali alat yang telah dibuat apakah berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan

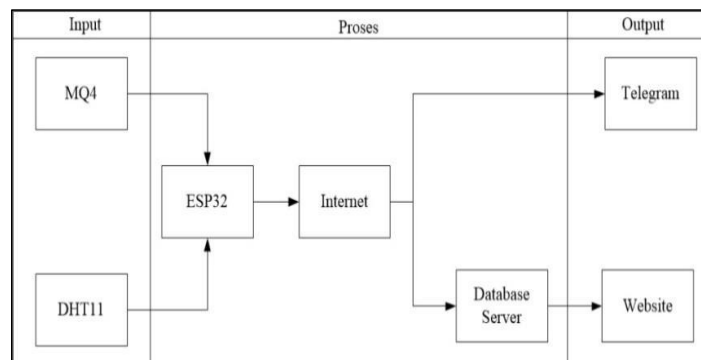
Perancangan

Dalam pembuatan alat pengukur kadar gas metana dan suhu pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut berbasis *website* diperlukan perancangan sistem sebagai berikut :

1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Terdapat beberapa proses yang perlu dilakukan untuk merancang *hardware*, diantaranya perancangan diagram *block*, skema rangkaian alat dan desain alat. Berikut merupakan bagian-bagian perancangan *hardware*, yaitu:

a) Diagram Blok

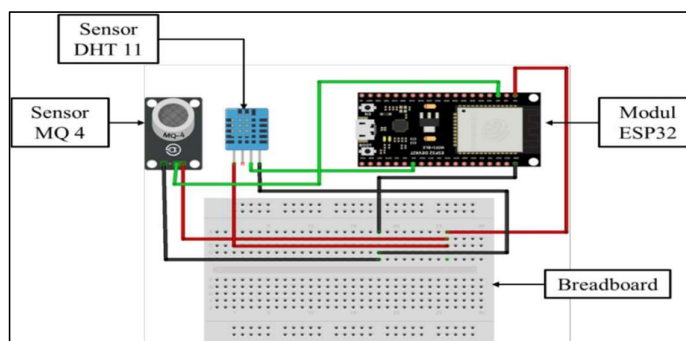


Gambar 2. Diagram blok

Berdasarkan diagram blok pada gambar 2 menjelaskan proses alur kerja sistem yang terdiri atas sensor *MQ4*, sensor *DHT11*, Modul *ESP32*, *website* dan telegram. Cara kerja dari sistem alat yang dibuat adalah Modul *ESP32* menerima data dari sensor *MQ4* dan *DHT11*, selanjutnya data tersebut diproses dan dikirim oleh Modul *ESP32* melalui internet menuju telegram dan *server*. Data yang diterima oleh *server* akan ditampilkan pada *website*.

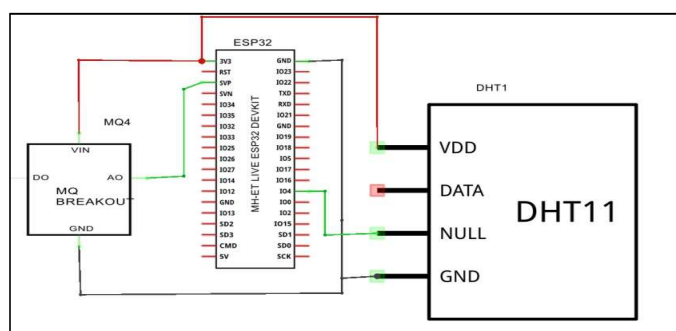
b) Desain Skema Rangkaian Alat

Desain skema rangkaian alat di bawah ini merupakan gambaran dari rangkaian alat yang akan digunakan untuk membuat alat pengukur kadar gas metana dan suhu pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut berbasis *website*. Desain skema rangkaian dibuat menggunakan aplikasi *fritzing*.



Gambar 3. Rangkaian Alat

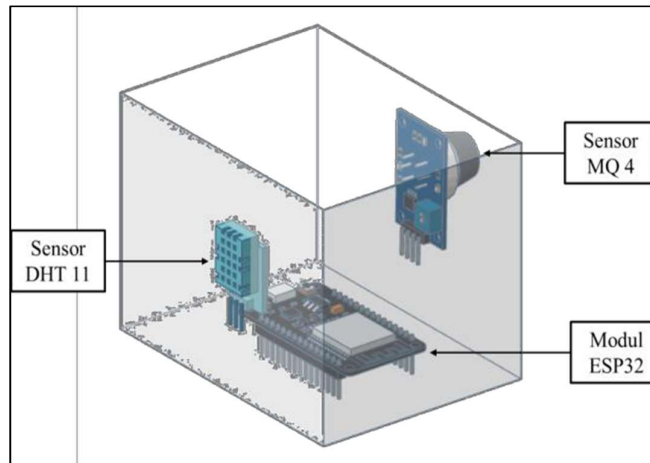
Untuk skema dari rangkaian alat yang menampilkan komponen dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Skema Rangkaian Alat

Berdasarkan gambar 4 yang merupakan skema dari rangkaian alat secara keseluruhan menggunakan tampilan *schematic* dari aplikasi *fritzing*. Skema tersebut menjelaskan jalur yang menghubungkan komponen yang satu dengan komponen yang lainnya.

c) Desain Alat



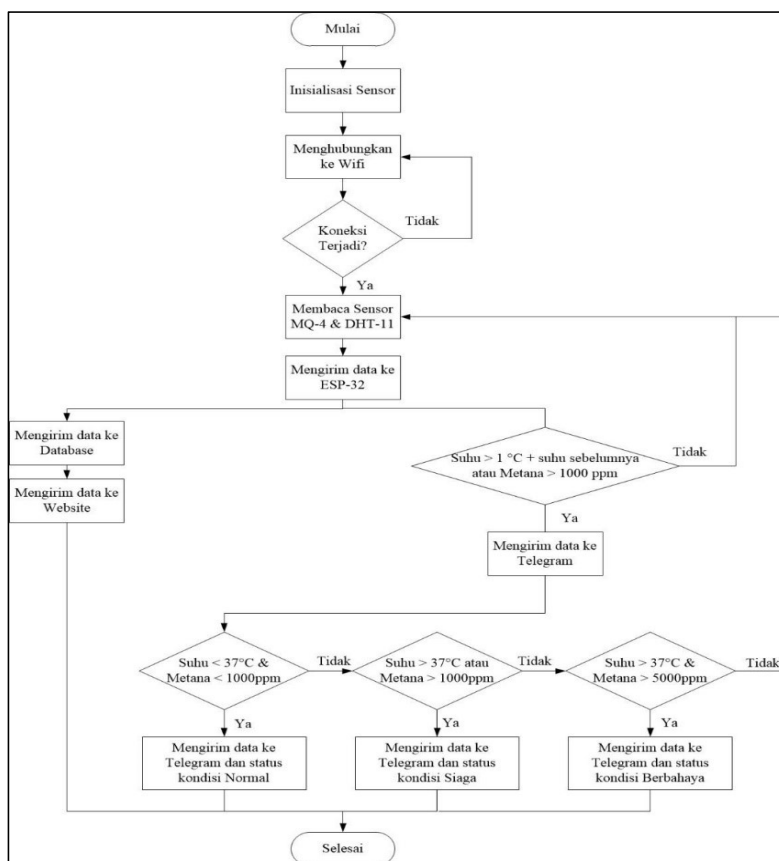
Gambar 5. Desain Alat

Gambar 5 merupakan desain dari alat pengukur kadar gas metana dan suhu, dimana Modul *ESP32* mengirim data dari sensor *MQ4* dan *DHT11* ke internet, kemudian ditampilkan di *website* dan notifikasi via telegram setiap kenaikan suhu serta gas metana. Sensor *MQ4* berfungsi membaca kadar gas metana di udara dan Sensor *DHT11* membaca data suhu.

2. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

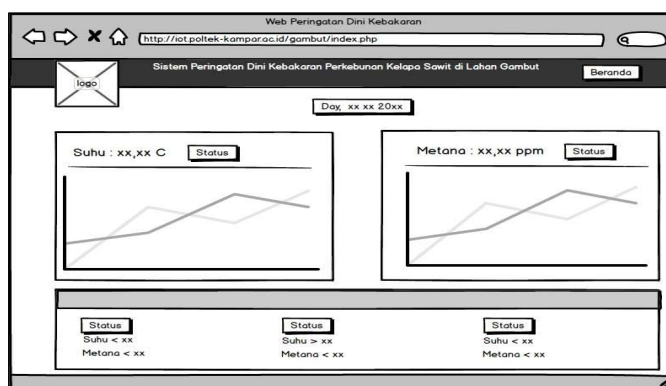
a) *Flowchart* Sistem

Flowchart sistem merupakan penggambaran dari langkah-langkah dan urutan prosedur dari suatu program sistem. *Flowchart* digunakan untuk merepresentasikan maupun mendesain program. Berdasarkan *flowchart* di gambar 6 menggambarkan cara kerja alat dari sistem peringatan dini kebakaran pada perkebunan lahan gambut dimulai dari inisialisasi sensor, kemudian menghubungkan dengan *WiFi*. Jika berhasil terkoneksi dengan *WiFi* maka sensor *MQ4* dan *DHT11* akan membaca data lalu mengirimnya ke *ESP32*. Modul *ESP32* akan mengirimkan data tersebut ke database. *ESP32* juga akan mengirim data ke telegram jika suhu sebelumnya lebih besar 1°C dari suhu sebelumnya atau gas metana lebih besar dari 1000. Pesan yang masuk ke telegram pun akan berbeda tergantung besar kadar gas metana dan suhu. Jika suhu di bawah 37 dan metana di bawah 1000 maka status normal. Jika suhu di atas 37 dan metana di atas 1000 maka status normal. Jika suhu di atas 37 dan metana di atas 5000 maka status normal. Jika tidak, maka sensor akan membaca ulang.



Gambar 6. Flowchart Sistem

b) Perancangan Interface

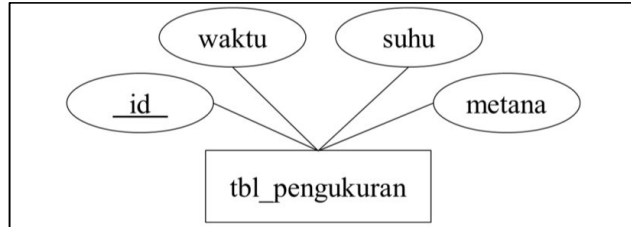


Gambar 7. Perancangan Interface Website

Pada gambar 7 menggambarkan rancangan tampilan dari monitoring kadar gas metana dan suhu di perkebunan kelapa sawit pada lahan gambut berbasis website. Website ini menampilkan data kadar gas metana dari sensor MQ4, data suhu dari sensor DHT11, status kondisi, data waktu diambil dari internet dan keterangan kondisi.

c) Perancangan *Database*

Database merupakan sekelompok data yang berisi informasi-informasi yang saling berhubungan. Suatu *database* terdiri dari satu atau lebih tabel, dimana antara tabel yang satu dengan yang lain saling berhubungan melalui kolom yang ada pada setiap tabel.



Gambar 8. ERD (Entity Relationship Diagram)

Gambar 8 adalah basis data yang akan digunakan untuk perancangan *interface website*, dimana terdapat tabel data *tbl_pengukuran* yang merupakan gabungan dari sensor *MQ4* dan *DHT11*. Tabel data *tbl_pengukuran* berisi *id* sebagai *primary key*, *suhu*, *waktu*, dan *metana*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini menghasilkan sistem peringatan dini kebakaran pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut berbasis website dan telegram dengan menggunakan sensor *MQ4*, sensor *DHT11*, dan modul *ESP32* sebagai penghubung dengan internet.

1. Pengujian Tegangan Alat

Pengujian tegangan alat dilakukan untuk menguji apakah tegangan yang didapat dari panel surya dapat mencukupi konsumsi daya alat.

Tabel 1. Pengujian Tegangan Alat

Alat	Sumber Tegangan	Keterangan
<i>MQ4</i>	<i>Portabel panel power solar</i>	Tidak mencukupi
<i>DHT11</i>	<i>Portabel panel power solar</i>	Tidak mencukupi
<i>Modem WiFi</i>	<i>Portabel panel power solar</i>	Tidak mencukupi
<i>MQ4</i>	<i>Powerbank</i>	Mencukupi
<i>DHT11</i>	<i>Powerbank</i>	Mencukupi
<i>Modem WiFi</i>	<i>Powerbank</i>	Mencukupi

Berdasarkan tabel 1 dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan portabel panel power solar tidak dapat mencukupi tegangan yang dibutuhkan sensor dan modem *WiFi*. Oleh karena itu penulis mengganti sumber tegangan alat dengan powerbank.

2. Pengujian Sensor MQ4

Pengujian sensor MQ4 dilakukan pada udara bersih dan udara yang bercampur gas metana. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah sensor dapat berfungsi dengan baik dalam mendeteksi kadar gas metana di sekitarnya. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada sensor MQ4 di ruangan bersih tanpa ada kandungan gas metana, berikut hasil pengujian yang ada pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian MQ4 pada Udara Bersih

<i>Voltage ADC</i>	RS	<i>Ratio Rs/Ro</i>	PPM
0,07	483,37	4,78	12,95
0,08	401,56	3,97	21,71
0,06	528,82	5,23	10,08
0,07	458,00	4,53	15,05
0,08	397,46	3,93	22,33
0,09	352,39	3,49	31,23
0,10	360,59	3,57	29,29

Pengujian sensor MQ4 pada udara yang mengandung gas metana dilakukan dengan membakar kertas hingga mengasilkan asap yang mengandung gas metana. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada sensor MQ4 di udara yang mengandung gas metana, berikut hasil pengujian yang ada pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian MQ4 pada Udara yang Mengandung Gas Metana.

Voltage ADC	RS	Ratio Rs/Ro	PPM	
1.77	8.	63	0.93	1223.14
1.76	8.	77	0.95	1167.58
1.79	8.	43	0.93	1241.69
1.77	8.	68	0.94	1201.58
1.75	8.	81	0.95	1154.88
1.77	8.	60	0.93	1234.91
1.78	8.	55	0.93	1255.36

3. Pengujian Sensor DHT11

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan suhu ruangan, freezer kulkas, suhu luar ruangan (lahan gambut kondisi normal) dan lahan gambut yang dibakar. Namun, kondisi lahan gambut yang basah karena hujan dihari sebelumnya membuat lahan tidak bisa dibakar. Oleh karena itu, pengujian diganti dengan membakar dedaunan di sekitar lahan gambut. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah sensor dapat berfungsi dengan baik dalam membaca suhu lingkungan di sekitarnya. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan seperti pada tabel 4, menunjukkan sensor DHT11 dapat mendeteksi kadar gas metana di sekitarnya.

Tabel 4. Pengujian Sensor DHT11

Pengujian	Kondisi	Suhu (°C)
1	Suhu ruangan	29,9
2	Suhu Freezer Kulkas	7,00
3	Suhu luar ruangan	36,60
4	Suhu saat dedaunan dibakar	41,70

4. Pengujian Pengaruh Jarak pada Sensor MQ4 dan DHT11



Gambar 9. Pengujian Pengaruh Jarak pada Sensor MQ4 dan DHT11

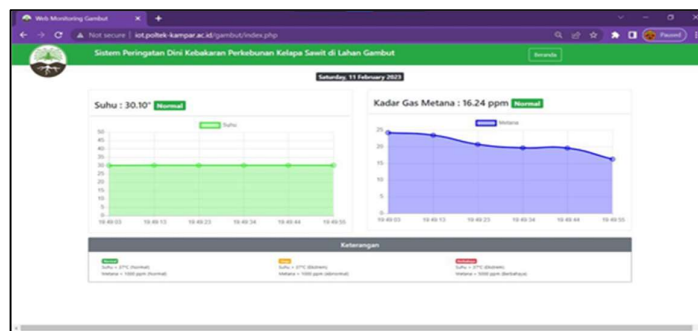
Pengujian dilakukan sebanyak 6 kali dari jarak 4meter sampai dengan 15meter dari titik pembakaran. Durasi pembacaan sensor MQ4 sangat dipengaruhi oleh ketebalan asap dan arah angin berhembus. Dari pengujian tersebut dapat diketahui bahwa sensor MQ4 dan DHT11 dapat membaca perubahan kadar gas metana dan suhu pada kebakaran lahan gambut hingga radius 15meter.

Tabel 5. Pengujian Jarak pada Sensor MQ4 dan DHT11

Jarak Sensor (Meter)	Kadar Gas Metana (ppm)	Suhu (°C)	Durasi Pembacaan Sensor
4	5727	37,40	25 detik
6	8911	39,80	43 detik
8	8598	40,70	28 detik
10	4504	37,80	33 detik
12	9017	38,50	28 detik
15	14.385	37.20	49 detik

5. Pengujian Tampilan Website

Pada pengujian tampilan website digunakan metode black box. Pengujian dengan metode black box testing sangat dibutuhkan, agar setiap perangkat lunak diuji terlebih dahulu untuk menguji tingkat kesalahan sistem. Dan sistem yang berjalan dengan optimal akan memudahkan kinerja user/pihak pengguna, tanpa adanya masalah. (Febrian dkk, 2020).



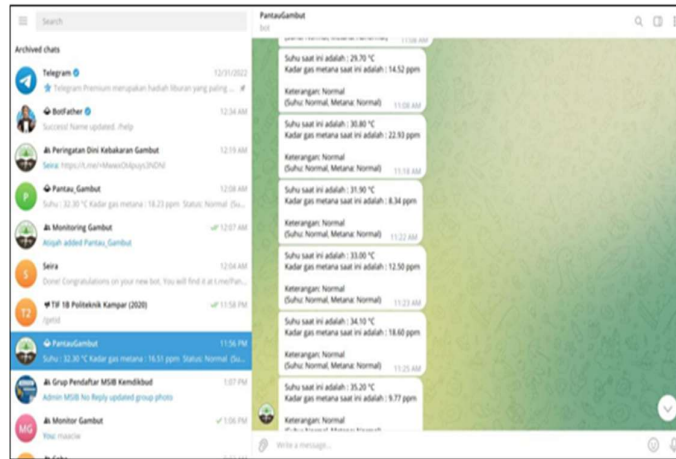
Gambar 10. Tampilan Website

Berdasarkan gambar 10 menunjukkan tampilan website sistem yang menampilkan tanggal, waktu, grafik kadar gas metana, grafik suhu, suhu terkini, kadar gas metana terkini dan masing-masing status kondisinya secara realtime. Hasil pengujian tampilan website dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut

Tabel 6 Pengujian Tampilan Website

Aktivitas Pengujian	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Membuka dan masuk ke dalam <i>website</i> .	Berhasil membuka dan masuk ke halaman <i>website</i> .	Berhasil
Melihat data suhu dan kadar gas metana tampil pada <i>website</i> secara realtime.	Data data suhu dan kadar gas metana berhasil di tampilan pada <i>website</i> secara <i>realtime</i> .	Berhasil
Melihat perubahan data suhu dan kadar gas metana dalam bentuk grafik secara <i>realtime</i> pada <i>website</i> .	Berhasil menampilkan perubahan data suhu dan kadar gas metana dalam bentuk grafik secara <i>realtime</i> pada <i>website</i> .	Berhasil
Menampilkan status kondisi dari data suhu dan kadar gas metana dengan benar pada <i>website</i> .	Berhasil menampilkan status kondisi dari data suhu dan kadar gas metana sesuai dengan yang diharapkan.	Berhasil
Tampilan <i>website</i> bisa diakses melalui <i>Smartphone</i> atau PC	Berhasil diakses oleh <i>Smartphone</i> atau PC.	Berhasil

6. Pengujian Notifikasi Telegram bot



Gambar 11 Pengujian Notifikasi Telegram

Berdasarkan gambar 11 menunjukkan notifikasi telegram yang dapat mengirim informasi suhu, kadar gas metana dan masing-masing status kondisinya. Pesan akan dikirim melalui telegram ketika suhu naik 1 °C dari suhu sebelumnya atau gas metana di atas 1.000 ppm.

Tabel 7. Pengujian Notifikasi Telegram

Aktivitas Pengujian	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Membuka dan masuk telegram.	Berhasil masuk ke telegram Sesuai yang diharapkan.	Berhasil
Notifikasi masuk pada telegram	Notifikasi status beserta kadar gas metana dan suhu tampil pada telegram sesuai yang diharapkan.	Berhasil

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari “Sistem Peringatan Dini Kebakaran pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut Berbasis *Website* dan *Telegram*” yang telah dibuat maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Sistem peringatan dini kebakaran pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut berbasis *Website* dan *Telegram* telah berhasil dibuat dan bekerja secara *realtime*.
2. Komponen yang digunakan untuk membangun sistem peringatan dini kebakaran pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut menggunakan modul *ESP32* sebagai penghubung dengan internet, sensor *MQ4*, sensor *DHT11*, *database server* sebagai tempat penyimpanan data, *website* dan *telegram* untuk memantau kadar gas metana dan suhu. Sistem menampilkan perubahan data kadar gas metana dan suhu setiap 10 detik melalui *website* dan mengirim notifikasi telegram jika suhu meningkat 1 °C atau gas metana di atas 1000 ppm.

3. Alat yang telah dibuat dapat bekerja hingga radius 15 m dari titik api. Kecepatan pembacaan data dipengaruhi oleh arah angin berhembus, besar api dan ketebalan asap. Sedangkan untuk jangkauan alat yang lebih luas dibutuhkan jumlah alat yang lebih banyak.

Saran

Perancangan sistem pada alat pengukur kadar gas metana (CH₄) dan suhu pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut berbasis *website* dan telegram masih belum sempurna. Jika ingin membuat sebuah sistem yang lebih baik diperlukan pengembangan dalam segi manfaat juga dari kerja sistem. Berikut beberapa saran yang dapat menjadi acuan untuk pengembangan sistem kedepannya, yaitu :

1. Pengembangan alat berikutnya gunakan portable power panel solar yang memiliki baterai untuk menyimpan daya dan daya yang lebih tinggi agar alat dapat digunakan dengan stabil.
2. Untuk pengembangan kedepannya untuk menambahkan sensor lain agar alat dan sistem dapat mendeteksi kebakaran lebih luas dan cepat.
3. Untuk implementasi di lahan yang lebih luas perlu memperbanyak alat untuk disebar di titik rawan kebakaran.
4. Pengembangan sistem selanjutnya perlu ditambahkan fitur untuk mengunggah dokumen yang berisi data perubahan suhu dan kadar gas metana pada website.

DAFTAR REFERENSI

- Aldiansyah. (2020). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Breeding Telur Ayam Berbasis Internet Of Things* [Universitas Komputer Indonesia]. <http://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/3999>
- Alfiandy, Suprayogi, & Nurwulan, F. (2021). Iot (Internet of Things) Navigasi Drone Berdasarkan Waypoint. *E-Proceeding of Engineering*, 8(2), 1–8.
- Anself. (2020). *Solar Charger 1.2W/6V With 5521 DC Output 3M Cable Battery Charger Polycrystalline Solar Panel 84*130mm For Garden/Traffic/Emergency Light Solar Pump*. Newegg.
- Asrul, J., Anwar, S., Efendi, E., & Darma Putra, M. (2018). Rancang Bangun Alat Monitoring Gas Metan Di Dalam Tambang Batu Bara Berbasis Android. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), 20–28. <https://doi.org/10.21063/jte.2018.3133704>
- Bachtiar, R. A., Suhendi, A., & Ramdhan K, M. (2019). Sistem Pengukuran Konsentrasi Gas Metana Berbasis Raspberry Pi Dan Sensor Gas Mq-4. *E- Proceedings of Engineering*, 6(2), 5383–5389. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/viewFile/9782/9645>

- Clara Robert Pangestu, & Rian Ferdian. (2020). Rancang Bangun Robot Pengangkut Sampah Pintar Menggunakan Mikrokontroler. *Chipset*, 1(02), 101–110. <https://doi.org/10.25077/chipset.1.02.101-110.2020>
- Components101. (2018a). *Breadboard*. <https://components101.com/misc/breadboard-connections-uses-guide>
- Components101. (2018b). *MQ-4 Methane Gas Sensor*. <https://components101.com/sensors/mq-4-methane-gas-sensor-pinout-datasheet>
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2021). *Luas Tanaman Perkebunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman 2015-2020*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/indicator/54/131/1/luas-tanaman-perkebunan-menurut-provinsi.html>
- Febrian, V., Ramadhan, M. R., Faisal, M., & Saifudin, A. (2020). Pengujian pada Aplikasi Penggajian Pegawai dengan menggunakan Metode Blackbox. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.32493/informatika.v5i1.4340>
- Gunawan, L. A., Agung, A. I., Widyartono, M., & Haryudo, S. I. (2021). Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya portable. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 65–71.
- Irsyam, M., & Tanjung, A. (2019). Sistem Otomasi Penyiraman Tanaman Berbasis Telegram. *Sigma Teknika*, 2(1), 81. <https://doi.org/10.33373/sigma.v2i1.1834>
- Kevin Diantoro. (2020). Implementasi Sensor Mq 4 Dan Sensor Dht 22 Pada Sistem Kompos Pintar Berbasis Iot (Sikompi). *Electrician*, 14(3), 84–94. <https://doi.org/10.23960/elc.v14n3.2157>
- Kusumah, H., & Pradana, R. A. (2019). Penerapan *Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things* Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing. *Journal CERITA*, 5(2), 120–134. <https://doi.org/10.33050/cerita.v5i2.237>
- Luthfian, M., Urramadhan, D., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2019). Sistem Pengukuran Konsentrasi Gas Metana Dengan Sensor Tgs2611 *Measurement System for Methane Gas Consentration With Tgs 2611*. E-Proceeding of Engineering, 6(2), 5390–5395.
- Malyan, A. B. J., Widodo, S., M.Amin, J., & Anisa, O. (2019). Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Gas Metana (Ch4) Pada Lahan Gambut Menggunakan Mikrokontroler Berbasis IoT. *Jurnal Informanika*, 26(2), 31–39.
- Pandiangan, N. (2022). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Kelapa Sawit di Kelurahan Mekar Jaya Kecamatan Betara Kabupaten Tanjung Jabung Barat [Universitas Jambi]. https://repository.unja.ac.id/37470/2/COVER_SKRIPSI_NOPIDA.pdf
- Prabowo, R. R., Kusnadi, K., & Subagio, R. T. (2020). Sistem Monitoring Dan Pemberian Pakan Otomatis Pada Budidaya Ikan Menggunakan Wemos Dengan Konsep Internet Of Things (IoT). *Jurnal Digit*, 10(2), 185. <https://doi.org/10.51920/jd.v10i2.169>
- Pratama, M. H. R. (2020). Prototipe Pendeteksi Gas Methane Pada Meter And Regulating Station (Mr/S) Berbasis Internet Of Things (Iot) (Studi Kasus: Stasiun Gas Sekampung Udik PT PGN Solution Area Lampung). Universitas Teknokrat Indonesia.
- Putranto, A. B., Muhlisin, Z., Lutfiah, A., Mangkusasmito, F., & Hersaputri, M. (2021). Perancangan Alat Karakterisasi Dioda dengan ESP32 dan Rangkaian Op-Amp

- LM358 Berbasis Android. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 13(1), 22–29. <https://doi.org/10.31937/sk.v13i1.2088>
- Putri, D. E., & Hendri, H. (2020). Sistem Monitoring Kendaraan Bermotor dengan Informasi GPS Berbasis Mikrokontroler dan Android. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 234–240. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.84>
- Rahmasari, T. (2019). Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Persediaan Barang Dagang Pada Toserba Selamat Menggunakan Php Dan Mysql. *Is The Best Accounting Information Systems and Information Technology Business Enterprise This Is Link for OJS Us*, 4(1), 411–425. <https://doi.org/10.34010/aisthebest.v4i1.1830>
- Sasono, S. H., Nugroho, A. S., Supriyanto, E., & Kusumastuti, S. (2020). Iot Smart Health Untuk Monitoring. 2020, 53–062. <https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/>
- Shehu, M. S., Umaru, I., & Tukura, B. W. (2019). Health Impact Analysis of Some Outdoor Atmospheric. 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.12691/ajphr-7-1-1>
- Smartcom. (n.d.). Smartcom User Manual.
- Sugriwan, I., Ramdani, A. S., Fahrudin, A. E., & Suryajaya, S. (2019). Pemanfaatan Sistem Alat Ukur Kadar Gas Metana (Ch4), Suhu dan Kelembaban pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut. *Jurnal Fisika FLUX*, 1(1), 138. <https://doi.org/10.20527/flux.v1i1.6157>
- Wahyuni, I. P. (2022). Cuaca Panas Ekstrem Dapat menyebabkan berbagai penyakit karena itu perlu antisipasi agar tidak tumbang.pdf. Kementerian Kesehatan Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan.