

Desain Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Menggunakan Komunikasi Lora (Long Range)

Design And Implementation Of Forest Fire Detection System Using Lora (Long Range) Communication

1st Aulanda Ruldivem
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
andaruldivems@student.telkomu
niversity.ac.id

2nd Umar Ali Ahmad
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
umar@telkomuniversity.ac.id

3rd Randy Erfa Saputra
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
randyerfa@telkomuniversity.ac.i
d

Abstrak

Kebakaran hutan sering terjadi menjadi hal yang dapat mengganggu keseimbangan kehidupan. Hal tersebut terjadi karena daerah hutan yang luas dan kurangnya pemantauan keadaan hutan. Namun kebakaran hutan tidak terlepas dari beberapa orang yang sengaja melakukannya atau faktor cuaca yang menjadi pemicunya. Berdasarkan hal tersebut dilakukan perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Menggunakan Komunikasi LoRa (Long Range) sistem ini diharapkan dapat membantu mengatasi kebakaran hutan dengan pemantauan dini titik sumber api agar dapat dilakukan pencegahan perluasan api yang menyebabkan dampak negatif. Menggunakan perangkat dan sensor: Arduino, Sensor Api, Sensor Mq2, Sensor Ds18b20, Modul GPS Neo 6 dan LoRaSX1278. Hasil pengujian, perangkat dapat digunakan memantau kondisi hutan dan mendeteksi munculnya api di hutan. Hasil pengujian LoRa, rata-rata RSSI ± 100 dBm kondisi LOS, non- LOS dan besar byte data yang dikirim, semakin jauh jarak nilai RSSI semakin besar. Hasil perbandingan antara modul GPS dengan maps *handphone* $\pm 3-5$ m. Hasil pengukuran suhu sensor Ds18b20 dengan temperatur suhu makanan, selisih perbedaannya $\pm 0,2-0,20^\circ$. Hasil pengujian asap pada ruangan tertutup tingkat kepekatan asap lebih tebal dan pekat 439 ppm. Hasil yang didapatkan berbeda nilai

api yang dideteksi lebih besar pada malam karena nilai api dipengaruhi cahaya.

Kata Kunci: *Arduino, Ds18b20, LoRaSX1278, Modul GPS NEO6M, Mq2 dan Sensor Api.*

Abstract

Forest fires often occur to be things that can disrupt the balance of life. This happens because of the large forest area and the lack of monitoring of the state of the forest. However, forest fires cannot be separated from several people who intentionally do it or the weather factorsthat trigger it. Based on this, the design of a Forest Fire Detection System Using LoRa (Long Range) Communication was carried out. Using devices and sensors: Arduino, Fire Sensor, Mq2 Sensor, Ds18b20 Sensor, Neo 6 GPS Module and LoRaSX1278. The test results, the device can be used to monitor forest conditions and detect the appearance of fire in the forest. LoRa test results, the average RSSI ± 100 dBm LOS conditions, non-LOS and large bytes of data sent, the farther the distance the RSSI value is getting bigger. The results of the comparison between the GPS module and mobile maps are $\pm 3-5$ m. The results of the measurement of the temperature sensor Ds18b20 with the temperature of the food temperature, the difference is $\pm 0.2-0.20^\circ$. The results of the smoke test in a closed room have a thicker and more concentrated smoke level of 439 ppm. The results obtained are different, the value of fire detected is greater at night because the value of fire is influenced by light.

Keywords: *Arduino, Ds18b20, LoRaSX1278, , NEO6M GPS Module, Mq2 and Fire Sensor*

I. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan yang sering terjadi menjadi suatu hal yang bisa membuat keseimbangan kehidupan tidak terjalin dengan seharusnya. Dampak kebakaran hutan tentu akan sangat merugikan. Adapun penyebab kebakaran hutan yaitu dipengaruhi oleh faktor alam seperti musim kemarau, sambaran petir, dan perubahan iklim[1], kondisi ini diperparah dengan tidak adanya jaringan komunikasi khususnya jaringan internet di hutan. Ini menyebabkan para petugas Dinas Kehutanan



terlambat menerima informasi bahwa terjadi kebakaran. Apabila informasi kebakaran terlambat diketahui maka kebakaran akan sulit ditangani dikarenakan api yang lebih cepat menyebar.

Seiring dengan perkembangan teknologi baik di bidang pendidikan, komunikasi dan industri serta meningkatnya daya pikir manusia dalam memanfaatkan teknologi memunculkan berbagai inovasi teknologi-teknologi baru.

Salah satu teknologi yang terus berkembang saat ini adalah teknologi *wireless*. Dengan teknologi *wireless* yang dapat mengirim informasi tanpa membutuhkan kabel[2], disertai alat saat proses pengirimannya cukup jauh dan menggunakan alat seperti Arduino ATmega, sensor api, sensor MQ2, Sensor Ds18b20, modul GPS dan LoRa (*Long Range*). Serta informasi yang disampaikan oleh alat tersebut akan ditampilkan pada *web* yang dapat mengecek kondisi hutan secara *real-time*.

Berdasarkan uraian di atas, maka direncanakan untuk melakukan penelitian tugas akhir tentang Pendeteksi Kebakaran Hutan Menggunakan Komunikasi LoRa (*Long Range*) *Wireless Network*. Sistem ini diharapkan dapat membantu mengatasi dengan cara pemantauan dini titik sumber kebakaran hutan sehingga bisa melakukan pencegahan terjadinya kebakaran hutan yang lebih luas yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi masyarakat.

II. KAJIAN TEORI

A. Kebakaran Hutan

Hutan merupakan sumber kehidupan bagi semua makhluk. Dengan adanya hutan, keseimbangan kehidupan berjalan dengan baik. Kebakaran hutan yang sering terjadi menjadi suatu hal yang bisa membuat keseimbangan kehidupan tidak terjalin dengan seharusnya. Dampak kebakaran hutan tentu sangat merugikan masyarakat sekitar baik dari segi finansial, maupun kesehatan[3].

B. Proses Terjadinya Kebakaran Hutan

Dasar terbentuknya api dan yang menjadi syarat terjadinya kebakaran harus tersedia bahan bakaryang dapat terbakar dengan kelembaban diatas 70% kemungkinan terpicunya api sangat tinggi[12], suhu panas yang cukup yang digunakan untuk memicu timbulnya api pada bahan bakar suhu yang mencapai 42 derajat celcius menjadi ancaman bahaya kebakaran hutan dan lahan[13]. Dan, harus terdapat udara yang cukup untuk menyuplai oksigen yang diperlukan. Oksigen diperlukan untuk menjaga proses pembakaran agar tetap berjalan dan untuk mempertahankan suplai panas yang cukup. Dan proses terjadinya kebakaran tersebut menghasilkan karbon dioksida (CO₂), Uap air (H₂O), dan energi yang berbentuk panas seperti yang terlihat pada persamaan (2.1)[11].

Proses terjadinya kebakaran:



C. Perbedaan Deteksi Kebakaran di Dalam Ruangan dan Kebakaran Hutan

Deteksi kebakaran di dalam ruangan cenderung mengadopsi sistem yang terhubung melalui SMS ataupun

media komunikasi text dengan alasan mudah digunakan berbagai kalangan yang terhalang pendengarannya dan *text* tersebut berisi pesan terjadinya kebakaran serta arahan jalur evakuasi. Sistem tersebut dibagi menjadi dua yang pertama mengolah sensor, baik sensor asap, sensor untuk mendeteksi suhu ruangan serta yang kedua, sistem untuk menyampaikan informasi[14].

Deteksi kebakaran hutan dapat dilakukan dengan deteksi jarak jauh di mana mendeteksi keberadaan titik panas di lapangan. Terdapat banyak satelit penginderaan jauh yang dapat digunakan seperti NOAA, Landsat, SPOT, dan lain-lain. Satelit NOAA memiliki cakupan yang sangat luas, hal ini membantu user untuk menganalisa wilayah yang sangat luas dalam waktu yang relatif singkat[15].

D. Deteksi Api, Deteksi Asap dan Deteksi Suhu

Api merupakan proses oksidasi cepat terhadap suatu material yang memiliki bentuk cahaya (warna) dengan panjang gelombang dan panas. Karakteristik api ini diterapkan pada rangkaian sensor api, seperti UVTRON melihat panjang gelombang untuk mendeteksi adanya api. UVTRON bekerja dengan menggunakan *photoelectric* untuk mendeteksi ultraviolet yang dihasilkan oleh api, keluaran yang dihasilkan oleh UVTRON adalah output digital, dimana akan bernilai 0 (LOW) bila tidak ada api dan 1 (HIGH) bila ada api. Selain pendeteksi api seperti UVTRON, sensor lainnya yang sering

digunakan adalah sensor thermal dan flame sensor. Sensor memanfaatkan suhu panas dari api dan sekitarnya. Apabila thermal mendeteksi suhu lebih dari 29 derajat celcius thermal akan mendeteksi bahwa ada api. thermal mempunyai 8 pixel untuk penyimpanan data suhu disekitarnya, misalkan pada 1 meter di ruangan dingin 12 derajat celcius pixel pada thermal mendeteksi 11 12 1015 13 29 15 10 (semua dalam derajat celcius). Dengan adanya pixel dengan masing-masing berderajat 12 derajat celcius, thermal dapat mengetahui dimana tepatnya posisi api[16].

E. Deteksi Asap

Asap merupakan perpaduan atau campuran karbon dioksida, air, zat yang terdifusi di udara, zat partikulat, hidrokarbon, zat kimia organik, nitrogen oksida dan mineral. Ribuan komponen lainnya dapat ditemukan tersendiri dalam asap. Komposisi asap tergantung dari banyak faktor, yaitu jenis bahan pembakar, kelembaban, temperatur api, kondisi angin dan hal lain yang mempengaruhi cuaca, baik asap tersebut baru atau lama[17].

Asap biomassa yang keluar pada kebakaran hutan mengandung beberapa komponen yang dapat merugikan kesehatan baik dalam bentuk gas maupun partikel. Komponen gas dalam biomassa besar yang mengganggu kesehatan adalah karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan aldehid. Beberapa senyawa lain seperti ozon (O₃), karbon dioksida (CO₂) dan hidrokarbon juga mempunyai dampak buruk terhadap paru. Berbagai jenis gas golongan nitrit dan nitrogen organik bisa terbang jauh dan dapat dikonversi menjadi gas lain seperti ozon atau menjadi partikel dan nitrit organik. 2 Partikel akibat asap kayu yang terbakar hampir

seluruhnya berukuran[17].

F. Deteksi Suhu

Temperature atau suhu adalah ukuran yang menunjukkan intensitas panas suatu benda. Suhu bendayang tinggi mengindikasikan bahwa benda tersebut mengandung panas yang cukup besar dan bisa dikatakan benda tersebut panas. Sebaliknya suhu benda yang rendah mengindikasikan bahwa bendatersebut mempunyai kandungan panas yang rendah dan benda tersebut dikatakan dingin. Salah satu alat sensor yang dapat mendeteksi suhu adalah sensor DS18B20. Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu yang memiliki keluaran digital. DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu 0,5°C pada rentang suhu -10°C sampai +85°C. Sensor suhu pada umumnya membutuhkan ADC dan beberapa pin port pada mikrokontroler, namun DS18B20 ini tidak membutuhkan ADC agar dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler dan hanya membutuhkan 1 wire saja[18].

G. Metode Pendeteksi Kebakaran Hutan

Terdapat beberapa metode pendeteksi kebakaran hutan seiring dengan perkembangan teknologi antara lain:

1. Metode tradisional pendeteksi kebakaran didasarkan pada pengamatan melalui citra satelit, pengamatan visual oleh penjaga, pengamatan melalui udara atau deteksi video pada jarak tinggi[19].
2. Metode deteksi kebakaran hutan *real-time* untuk meningkatkan sistem pemantauan lingkungan menggunakan perangkat berbasis *Internet of Things (IOT)* pemantauan secara *online* dengan variasi suhu dan menganalisis kadar CO₂. Sistem deteksi kebakaran hutan dapat direalisasikan menggunakan modul Arduino Uno Bersama sensor suhu, sensor asap, dan sistem alarm. Sensor suhu berfungsi untuk mendeteksi variasi suhu dan sensor asap berfungsi untuk mendeteksi kadar CO₂[19].
3. Metode A Smart Forest-Fire Early Detection Sensory System: Another Approach of Utilizing Wireless Sensor and Neural Networks metode ini memiliki tujuan utama penerapan sistem deteksi kebakaran hutan cepat dengan menggunakan *cheap* dan sensor berukuran kecil yang tidak memerlukan pengawasan. Sistem tidak menggunakan sistem sentralisasi skala besar, yang dapat mempengaruhi ketahanan sistem di lingkungan yang rentan. Jaringan sensor yang digunakan merupakan *small scale cell* yang dapat digunakan untuk mencakup seluruh hutan[19].
4. Metode jaringan sensor nirkabel untuk deteksi kebakaran hutan. Agar menghindari hilangnya ribuan hektar hutan, sistem deteksi kebakaran hutan dengan menggunakan jaringan sensor. Setiap node memiliki mikrokontroler, pemancar, penerima dan 3 sensor. Metode pengukuran terdiri dari pengukuran suhu, pendeteksian kadar metana, kadar hidrokarbon dan kadar CO₂[19].
5. Metode yang muncul untuk deteksi dini kebakaran hutan menggunakan kendaraan udara tak berawak dan jaringan sensor LoRaWAN. Terdapat 2

solusi berbeda untuk mendeteksi kebakaran hutan. Solusi pertama terdiri dari kendaraan udara tanpa pilot (UAV) yang dilengkapi dengan kamera khusus. Terdapat skenario penggunaan drone untuk deteksi kebakaran hutan, termasuk solusi yang menggunakan kombinasi antara UAV dengan angin tetap dan UAV dengan sayap putar. Konfigurasi dasar sistem yang disajikan menggunakan jaringan kamera yang dipasang di tanah yang

memastikan pemantauan hutan secara konstan. Kamera yang digunakan memiliki lensa ganda yang menawarkan

gambar standar dan gambar inframerah (IR)[19].
H. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Diperkenalkan 15 tahun yang lalu, belum ada konsensus *global* tentang definisi IoT. Namun, konsep IoT secara umum didefinisikan sebagai

kemampuan untuk menghubungkan koneksi *internet* dengan suatu objek yang ingin dipantau atau digerakkan dengan jarak jauh. Ini memungkinkan manusia untuk berinteraksi

dengan objek, memantau objek, dan memberikan perintah untuk bergerak melalui koneksi *internet*. Berbagai bentuk

IoT mulai diterapkan pada banyak aspek kehidupan manusia seperti perangkat elektronik, pintu gerbang, koneksi listrik pada rumah dan lain sebagainya.

Semua terhubung ke jaringan *lokal* dan *global* melalui sensor yang selalu aktif guna untuk mendeteksi objek yang

ingin lakukan pemantauan. Salah satu tantangan yang perlu diatasi untuk memfasilitasi implementasi IoT secara

luas adalah faktor keamanan. IoT adalah sistem yang kompleks dan banyak dari mereka bukan hanya karena keterlibatan *entitas* yang berbeda. Karena melibatkan

berbagai perangkat fungsional maka yang terlibat

menimbulkan risiko bagi IoT adalah dari sisi keamanan yang dapat mengancam dan membahayakan data konsumen. Mengizinkan orang yang tidak berwenang

mengakses dan menyalahgunakan data pribadi, dapat mempercepat serangan pada sistem lain dan membahayakan keamanan pribadi[4].

I. WSN (*Wireless Sensor Network*)

Wireless Sensor Network atau disingkat dengan WSN adalah suatu peralatan system embedded yang di dalamnya terdapat satu atau lebih sensor dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi. Sensor di sini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik informasi yang diinginkan. Selanjutnya data dikirim ke suatu node melalui media komunikasi yang digunakan[5]. Pada saat ini ada berbagai jenis jaringan sensor nirkabel, dan semua jenis WSN saat ini dilengkapi dengan transceiver radio atau perangkat komunikasi nirkabel dan sumber energi (biasanya baterai)[5]. Sebuah node sensor memiliki komponen utama untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Komponen utama tersebut beserta dengan fungsinya masing-masing, antara lain sebagai berikut:

J. Sensor

Sensor merupakan perangkat elektronik yang bertugas untuk melakukan pemindaian pada sebuah lingkungan ataupun objek fisik, untuk kemudian menghasilkan data – data hasil pemindaian (sebagai hasil sebuah pengukuran), yang dapat diolah menjadi informasi. Sebuah node sensor dapat terdiri atas satu buah sensor atau lebih di dalamnya.

K. Transceiver

Transceiver merupakan komponen elektronik yang memadukan komponen *Transmitter* dan *Receiver*, untuk

dapat melakukan fungsi mengirim dan menerima sinyal.

2.6.1 Controller

Controller merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk melakukan pemrosesan data, kontrol kendali terhadap fungsi dari komponen lainnya pada node sensor, serta menampilkan tugas – tugas yang dikerjakan oleh komponen lainnya pada node sensor dan node sensor itu sendiri.

Controller dapat berupa sebuah mikroprosesor ataupun mikrokontroler.

2.6.2 Power Source

Power Source merupakan sumber energi listrik bagi node – node sensor pada WSN, agar dapat tetap beroperasi.

Sumber daya energi pada WSN bersifat sangat terbatas, yaitu hanya mengandalkan sumber dari baterai. Untuk itu, diperlukan adanya 10 *Power Source* untuk sumber energi

listrik yang kemudian akan disimpan kedalam baterai.

Sebagai contoh mengambil *power source* dari sinar matahari menggunakan panel surya[5].

a. LoRa (*Long Range*)

Long Range (LoRa) merupakan sebuah teknologi yang diterapkan pada perangkat *Internet of Things* (IoT). LoRa juga sering diartikan sebagai *Low Power Wide Area*

Network (LPWAN) karena perangkat tersebut telah

memungkinkan sebagai teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) dan digunakan dalam skala besar atau

kecil dengan kebutuhan dan tujuan awal sebuah penelitian

atau pemecahan masalah pada lingkungan masyarakat.

Dalam penerapannya memerlukan biaya yang efektif, jangkauan jarak yang jauh dan efisiensi energi membuat

LoRa merupakan salah satu solusi perangkat paling tepat

untuk diterapkan pada IoT. LoRa memberikan paradigma

komunikasi yang baru pada penerapan di beberapa kasus

komunikasi sehingga membuat perangkat LoRa banyak

digunakan sebagai perangkat komunikasi *nirkabel*.

Dengan menggunakan dua perangkat LoRa

dengan *frequency* yang sama maka kedua perangkat

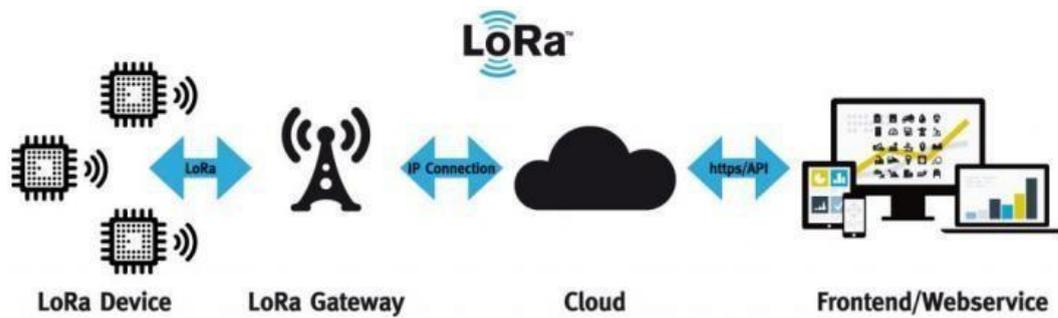
tersebut dapat berkomunikasi atau saling mengirimkan

data dan data tersebut dapat dikirim kepada *database*

online sehingga data dapat diakses oleh perangkat atau

Device seperti *web*, *laptop* dan *smartphone* selama

perangkat tersebut terhubung oleh *internet*[6].



Sumber: Abdurrahman, Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Quadcopter Drone Berbasis Aplikasi Android Menggunakan LoRa Radio Frequency Pada Pencarian Pendaki Gunung yang Hilang

Gambar 1 Ilustrasi Jaringan pada LoRa

L. Arduino IDE

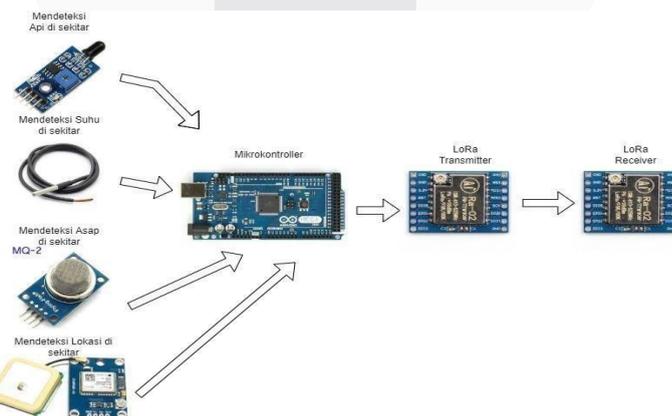
Arduino Integrated Development Environment (IDE) merupakan sebuah *software* yang digunakan pada OS (*operating system*) Windows, Linux dan MacOS. *Arduino IDE* berfungsi untuk membuat logika pemrograman terintegrasi untuk melakukan pengembangan pada berbagai macam *hardware* sehingga dapat bermanfaat untuk penelitian atau pemecahan masalah pada lingkungan masyarakat. *Arduino IDE* untuk menuliskan *code* program dengan bahasa C, meng-*compile* ke dalam perangkat menjadi *code biner* dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler *Arduino Uno* atau mikrokontroler perangkat *hardware* menggunakan bahasa yang sama. Bahasa C digunakan untuk membuat logika

input data yang diinginkan, mengatur atau melakukan proses pengolahan data dan pengiriman data hingga *output* data tersebut dapat dilihat pada perangkat atau *device web*, laptop maupun *smartphone*[8].

III. METODE

a. Desain Sistem

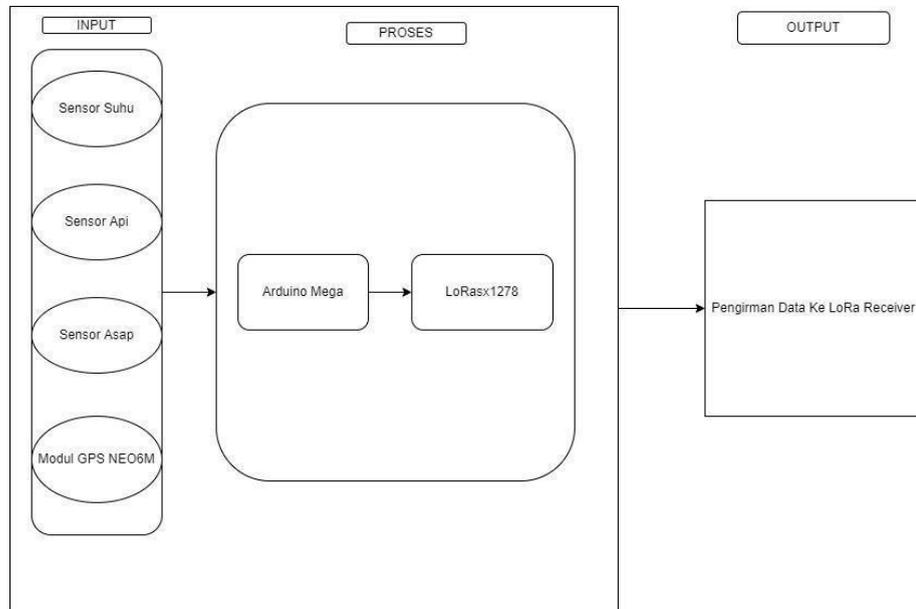
Berdasarkan permasalahan yang telah didapatkan sebelumnya, hasil perancangan sistem proyek akhir ini berupa *prototype*. Pada sistem proyek akhir ini modul komunikasi LoRa *transmitter* digunakan untuk melakukan pengiriman data berupa *temperature*, asap, api, *latitude* dan *longitude*. Perangkat komunikasi LoRa pada *transmitter* diletakan di hutan sebagai pengirim data informasi lingkungan sekitar yang akan dilakukan pemantauan



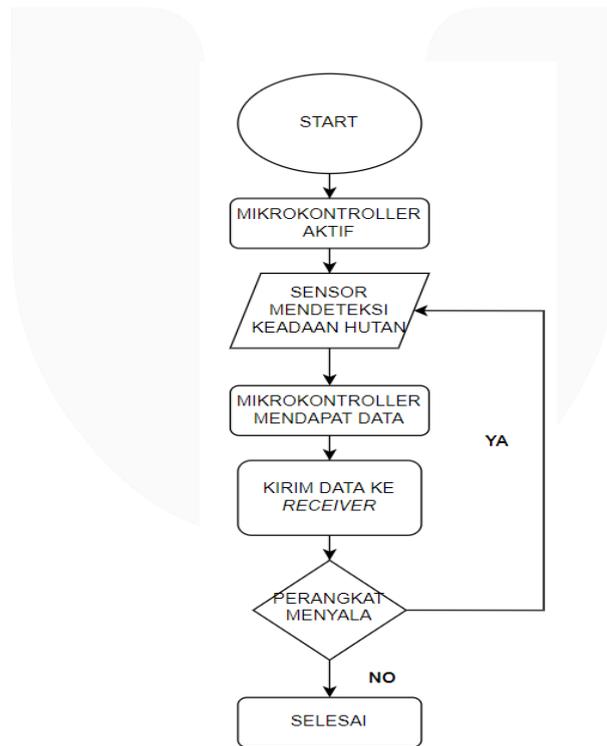
Gambar 2 Desain Sistem

Berdasarkan perancangannya terdapat beberapa proses yang terjadi mulai dari input, proses hingga menghasilkan output.

Dapat digambarkan dalam bentuk diagram blok sebagai berikut:



Gambar 3 Diagram blok



Gambar 4 Alur Sistem Kerja LoRa Transmitter

b. Desain Perangkat Keras

Pada perancangan sistem proyek akhir ini menggunakan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan antara lain:

Tabel 1 Desain Perangkat Keras

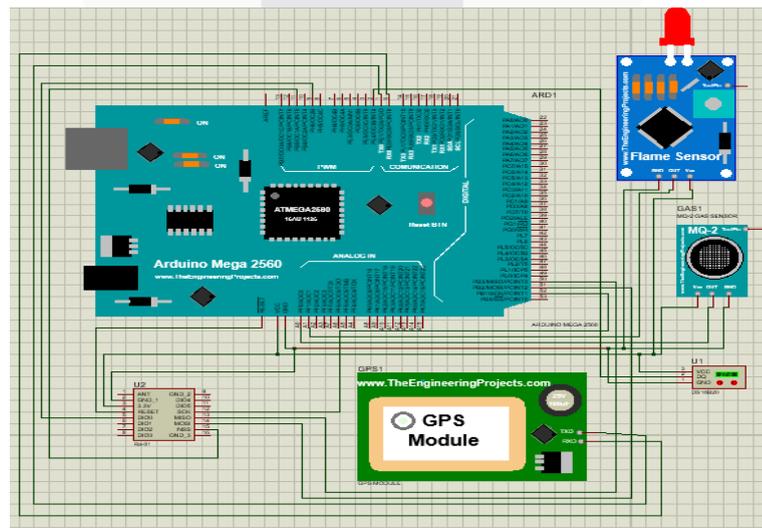
No.	Kebutuhan Hardware	Jumlah	Spesifikasi
1	LoRa SX 1278 [9]	2	1. <i>Maximum link budget</i> 168dB 2. <i>Constant RF Output</i> +20dBm - 100mW 3. <i>High Efficiency PA</i> +14dBm 4. <i>Programmable bit rate up to</i> 300kbps 5. <i>High Sensitivity down to</i> -148dBm 6. <i>Bullet-proof front end</i> IP3 = - 12,5dBm 7. <i>Dynamic range RSSI</i> 127dB 8. <i>Low Rx current</i> 10,3mA , 200nA 9. <i>Register retention</i> 10. <i>Packet engine up to</i> 256bytes with CRC
2	Arduino ATMEGA2560	1	1. Mikrokontroler ATmega2560 2. Catu daya 5V 3. Tegangan <i>input</i> (rekomendasi) 7-12V 4. Tegangan <i>input</i> (Batasan) 6-20V 5. <i>Pin I/O Digital</i> 54 (<i>of which 15 provide PWM output</i>) 6. <i>Pin input analog</i> 16 7. Arus DC per <i>Pin I/O</i> 20mA 8. Arus DC untuk <i>pin</i> 3.3V 50mA
3	MQ2[10]	1	1. Catu daya pemanas : 5V AC/DC 2. Catu daya rangkaian : 5VDC 3. <i>Range</i> pengukuran : 200 - 5000ppm untuk LPG, propane 300 - 5000ppm untuk butane 5000 - 20000ppm untuk methane 300 - 5000ppm untuk Hidrogen 4. Keluaran : <i>analog</i> (perubahan tegangan)
4	Module GPS NEO 6Mv2	1	1. Tipe penerima: 50 kanal, GPS L1 <i>frekuensi</i> , C/A Code. SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS 2. <i>Sensitivitas penjejak & navigasi</i> : -161 dBm (<i>reakuisisi dari blank-spot</i> : -160 dBm) 3. <i>Sensitivitas saat baru memulai</i> : -147 dBm pada <i>cold-start</i> , -156 dBm pada <i>hot start</i> 4. Kecepatan pembaharuan data / <i>navigation update rate</i> : 5 Hz 5. Akurasi penetapan lokasi GPS secara <i>horisontal</i> : 2,5 meter (SBAS = 2m) 6. Rentang frekuensi pulsa waktu yang dapat disetel: 0,25 Hz hingga 1 kHz 7. Akurasi sinyal pulsa waktu: RMS 30 ns (99% dalam kurang dari 60 ns) dengan granularitas 21 ns atau 15 ns saat terkompensasi Akurasi kecepatan: 0,1 meter / detik 9. Akurasi arah (<i>heading accuracy</i>): 0,5° 10. Batasan operasi: daya tarik maksimum 4x gravitasi, ketinggian maksimum 50 Km, kecepatan maksimum 500 meter / detik (1800 km/jam), <i>red</i> : dengan <i>limit</i> seperti ini, modul ini bahkan dapat digunakan di pesawat jet super-cepat sekalipun.

5	Sensor Api	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tegangan catudaya 3.3V ~ 9V 2. <i>Output analog & digital</i> 3. Potensiometer dan indikator <i>on-board</i> 4. Resistor 1% untuk membuat modul ini lebih andal dan <i>presisi</i>. 5. Desain sensor <i>fluks</i> lima kanal, berbagai deteksi (kisaran deteksi dari sensor nyala tunggal biasa mungkin sekitar 30 ° C, karena jaraknya meningkat, kisarannya akan berkurang secara bertahap, kisaran deteksi produk lebih besar dari 120 ° C) 6. Digital <i>output</i> jarak deteksi <i>adjustable</i>.The analog <i>output sensitivitas</i> disesuaikan, desain lebih <i>fleksibel</i> 7. Dengan menggunakan desain <i>resistor</i> 1%, keluaran sinyal lebih akurat, cocok untuk kebutuhan pengukuran presisi tinggi 8. Lubang pemasangan <i>onboard</i> M3 untuk memudahkan pemasangan
6	Sensor suhu Ds18b20	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Voltage: 3-5V</i> 2. <i>Resolution Ratio: 9-12 bit</i> 3. <i>Temperature Range :-50~+125°C</i> 4. <i>Accuracy: ±0.5°C</i> <i>Conversion time:750ms at 12-bit</i>

Tabel 2 Desain Perangkat Lunak

No	Kebutuhan Software	Versi	Keterangan
1	Arduino IDE	1.8.13	Membuat program perintah yang dihubungkan dengan <i>Arduino</i>

c. Perakitan Komponen



Gambar 5 Skematik rangkaian LoRa Transmitter

Hubungan pada setiap komponen sensor yang digunakan dengan mikrokontroler dan hubungan modul komunikasi LoRaSX1278 dengan mikrokontroler. Hubungan tersebut

menggunakan komponen *jumper* dan terhubung dengan masing-masing *pin* pada setiap sensor dan *header* yang digunakan digambarkan pada table berikut:

Tabel 3 Pin-out LoRa ke Arduino

LoRaSX1278	Arduino Mega
GND	GND
3V3	3V
RESET	RST
NSS	11
SCK	52
MOSI	51
MISO	50
D100	9

Tabel 4 Pin-out Modul GPS ke Arduino Mega

Module GPS	Arduino Mega
VCC	5V
GND	GND
RX	18
TX	19

Tabel 6 Pin-out Sensor MQ2 ke Arduino Mega

Sensor MQ2	Arduino Mega
GND	GND
VCC	5V
A0	A0

Tabel 7 Pin-out Sensor Api ke Arduino Mega

Sensor Api	Arduino Mega
GND	GND
VCC	5V
A0	A1

Tabel 8 Pin-out Sensor Ds18b20 ke Arduino Mega

Sensor Ds18b20	Arduino Mega
VCC	5V
GND	GND
D0	2

C. Parameter Pengujian

Parameter pengujian untuk pengujian kekuatan sinyal LoRa dengan situasi LOS dan *non*-LOS menggunakan rumus rata-rata nilai RSSI:

$$\text{Rata - rata RSSI} = \frac{\text{Jumlah RSSI}}{\text{Paket Diterima}}$$

Pengujian LoRa situasi LOS yang dilakukan dimulai dari jarak 0 m hingga 100 m karena pada jarak yang lebih dari 100 m maka LoRa *receiver* tidak menerima data dari LoRa *transmitter*. Data RSSI yang diambil setiap titik yang ada sebanyak 10 data dan diambil nilai rata-rata untuk mewakili setiap 50 m pada setiap pengujian yang dilakukan.

Pengujian Akurasi GPS pada LoRa *transmitter* dilakukan dengan membandingkan data koordinat berupa *latitude* dan *longtitude* dari modul GPS Neo6M dan *Device handphone smartphone*. Untuk menghitung jarak antar titik koordinat dari modul GPS Neo6M dan *Device handphone smartphone* dengan menggunakan :

$$\text{Hasil selisih} = \text{GPS } \textit{handphone smartphone} - \text{GPS Modul Neo6M}$$

Pengujian Sensor Api dilakukan pada nilai sensor mendapatkan angka '200' hingga '400' ppm (*part per milion*). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung data atau nilai rata-rata dari sensor asap adalah sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata data} = \frac{\text{Jumlah data}}{\text{Paket Diterima}}$$

Pengujian sensor dari sensor Ds18b20 pada penelitian ini membandingkan dengan parameter nilai *error* dari *temperature* dari sensor Ds18b20 dan *thermometer* makanan. Pengujian ini mengambil jumlah data 5 dalam *interval* setiap 1 hingga 5 menit sekali.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Hasil Percobaan

Pengujian RSSI dan pengiriman data

dilakukan dengan menggunakan dua situasi kondisi pada lapangan yaitu dengan kondisi LOS dan *non-LOS*. Pengujian pertama dalam kondisi LOS dilakukan dengan jarak kelipatan 50 meter dan data yang diambil 10 data pengiriman pada setiap jarak. Pengujian kedua dalam kondisi *non-LOS* dilakukan dengan 4 titik yang berbeda – beda serta mengambil sebanyak 10 data pengiriman pada setiap titik lokasi.

Tabel 9 Hasil Pengujian Pertama Koneksi LoRa dengan keadaan Line of sight

Data	Meter dan Byte dengan Satuan dBm								
	0(m) 50 byte	50(m) 50 Byte	100(m) 50 Byte	0(m) 100 Byte	50(m) 100 Byte	100(m) 100 Byte	0(m) 255 Byte	50(m) 255 Byte	100(m) 255 Byte
1	-38	-82	-89	-96	-107	-107	-110	-110	-110
2	-46	-81	-88	-97	-108	-108	-110	-110	-111
3	-44	-81	-90	-97	-108	-107	-111	-110	-110
4	-43	-83	-92	-97	-108	-107	-111	-110	-110
5	-36	-90	-91	-94	-109	-109	-110	-111	-110
6	-36	-82	-90	-95	-109	-108	-110	-110	-110
7	-36	-87	-89	-95	-108	-107	-110	-110	-111
8	-36	-86	-90	-95	-109	-108	-110	-110	-111
9	-35	-79	-91	-95	-109	-107	-111	-110	-110
10	-41	-80	-90	-96	-108	-110	-111	-110	-111
Jumlah	-391	-831	-900	-957	-1083	-1078	-1104	-1101	-1104
Rata-Rata	-39,1	-83,1	-90	-95,7	-108,3	-107,8	-110,4	-110,1	-110,4

Tabel 10 Hasil Pengujian pertama koneksi LoRa dengan keadaan non-line of sight

Data	Meter dan Byte dengan Satuan dBm								
	0(m) 50 byte	50(m) 50 Byte	100(m) 50 Byte	0(m) 100 Byte	50(m) 100 Byte	100(m) 100 Byte	0(m) 255 Byte	50(m) 255 Byte	100(m) 255 Byte
1	-98	-92	-109	-106	-105	-106	-111	-110	-109
2	-108	-92	-107	-100	-94	-106	-109	-109	-107
3	-93	-95	-109	-100	-93	-111	-110	-110	-110
4	-87	-94	-109	-101	-90	-110	-110	-110	-106
5	-92	-94	-111	-102	-92	-110	-110	-110	-106
6	-92	-99	-109	-103	-91	-110	-112	-110	-106
7	-90	-104	-111	-101	-90	-111	-112	-110	-106
8	-91	-103	-109	-102	-91	-110	-111	-110	-104
9	-92	-103	-111	-102	-90	-111	-112	-111	-105
10	-92	-104	-111	-101	-91	-111	-112	-111	-105
Jumlah	-935	-980	-1096	-1018	-927	-1096	-1109	-1101	-1064
Rata-Rata	-93,5	-98	-109,6	-101,8	-92,7	-109,6	-110,9	-110,1	-106,4

B. Pengujian Akurasi GPS

Pengujian akurasi data *latitude* dan *longtitude* dari modul GPS Neo6M akan dibandingkan dengan data *latitude* dan *longtitude* dari GPS *Smartphone* dengan menggunakan OS (*Operating System*) *Android*.

Tabel 11 Hasil pengujian pengambilan data GPS

No	Sensor GPS Neo6M		GPS Handphone Android	
	Latitude	Longtitude	Latitude	Longtitude
1	-6,857634	107,630088	-6,8575381	107,6301095
2	-6,8569309	107,631320	-6,8570481	107,6304314
3	-6,8575168	107,6281032	-6,8573187	107,628859

C. Grafik Sensor Asap

Tabel 12 Hasil pengujian pengambilan data Asap Dalam Ruangan

Pengujian di Luar Ruangan											
No	Jenis Asap	Nilai 1	Nilai 2	Nilai 3	Nilai 4	Nilai 5	Nilai 6	Nilai 7	Nilai 8	Nilai 9	Nilai 10
1	Daun	312	312	312	313	313	312	313	312	315	312
2	Kayu	341	340	340	341	340	340	341	337	340	340
3	Kertas	407	408	406	407	409	408	410	411	409	410

Tabel 13 Hasil pengujian pengambilan data Asap Luar Ruangan

Pengujian Di Luar Ruangan											
No	Jenis	Nilai 1	Nilai 2	Nilai 3	Nilai 4	Nilai 5	Nilai 6	Nilai 7	Nilai 8	Nilai 9	Nilai 10
1	Daun	267	267	267	267	268	268	267	268	265	268
2	Kayu	276	274	277	275	275	276	279	278	279	277
3	Kertas	400	407	412	417	420	425	430	434	436	439

Dapat disimpulkan bahwa asap hasil bakar kertas memiliki kepekatan asap yang tebal dan tingkat kadar asap yang tinggi. Terjadinya perbedaan nilai hasil pengukuran asap antara pengujian didalam ruangan dan luar

ruangan disebabkan oleh angin yang bertiup kencang pada luar ruangan sehingga menyebabkan asap tidak seluruhnya dapat dideteksi oleh sensor MQ2 dan api yang kecil karena tertiup angin.

D. Pengujian sensor suhu

Pengujian dilakukan pada air yang sedang dipanaskan. data hasil pembacaan sensor dapat dilihat pada tabel 13

Tabel 14 Pengukuran Pada saat suhu Panas

Waktu (Menit)	Termometer Suhu Makanan	Percobaan Sensor
0	26	27,31
1	23,02	23,94
2	17,9	18,19
3	16,98	17,25
4	15,98	16,68
5	15,8	15,79

Tabel 14 Pengukuran pada saat Suhu dingin

Waktu (Menit)	Termometer Suhu Makanan	Percobaan Sensor
0	29	28,2
1	48,02	47,81
2	55	54,69
3	60,13	59,78
4	69,7	68,2
5	75,8	74,7

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sensor ds18b20 dapat mendeteksi suhu tinggi hingga 74,7 derajat celcius dan dapat lebih tinggi lagi sesuai dengan spesifikasinya.

E. Pengujian Sensor Api

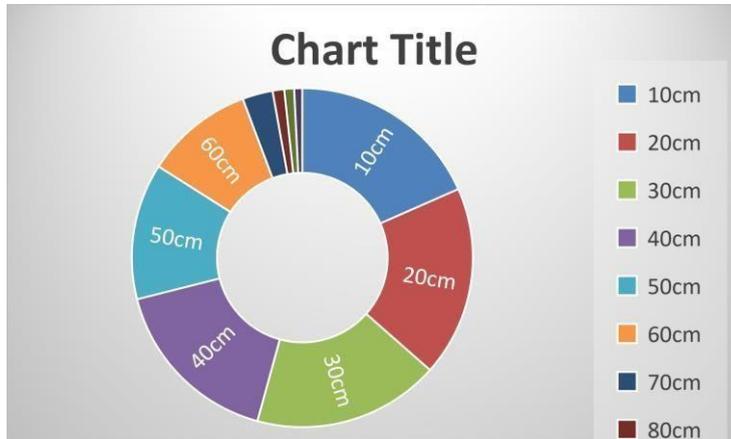
Tabel 15 Pengukuran Sensor api dalam kondisi terang dan Gelap

Jarak	10c m	20c m	30c m	40c m	50c m	60c m	70c m	80c m	90c m	100c m
Saat Terang	970	959	935	887	686	543	152	58	49	41
Saat Gelap	938	922	833	788	690	545	322	59	52	35

Pengujian dilakukan pada kondisi terang simulasi tersebut dibuat agar dapat mewakili pengujian pendeteksi api dalam kondisi terang dan pengujian dalam kondisi gelap. Pengujian kondisi terang dan gelap tersebut bertujuan untuk mendapatkan perbandingan antara nilai data sensor api dalam keadaan terang dan gelap.

F. Analisis

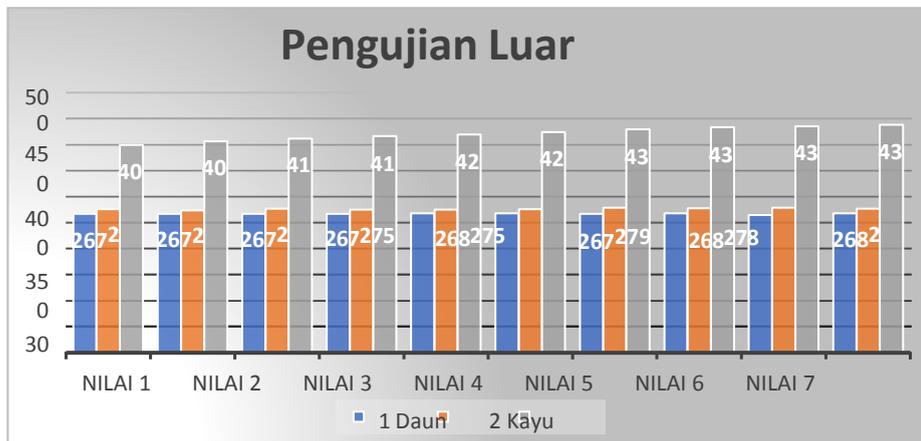
G. Analisis Perbandingan Sensor Api



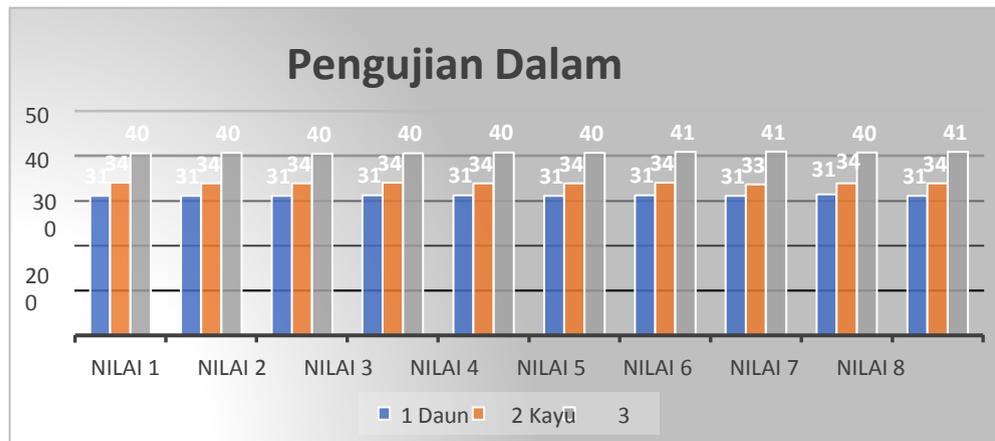
Gambar 6 Analisis Perbandingan Api

Perbandingan dari sensor api yang dilakukan pada luar ruangan dan dalam ruangan yaitu mendapatkan nilai yang berbeda oleh karena itu pada saat terang semakin dekat semakin besar nilai api begitu juga dengan kondisi gelap semakin dekat semakin besar nilai api.

H. Analisis Perbandingan Sensor Asap



Gambar 7 Grafik pengujian luar ruangan



Gambar 8 Grafik pengujian dalam ruangan

Terjadinya perbedaan nilai hasil pengukuran asap antara pengujian didalam ruangan dan luar ruangan disebabkan oleh angin yang bertiup kencang pada luar ruangan sehingga menyebabkan asap tidak seluruhnya dapat dideteksi oleh sensor MQ2 dan api yang kecil karena tertiuap angin.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan sistem pendeteksi kebakaran hutan menggunakan komunikasi LoRa, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Implementasi dari pengiriman data sensor pendeteksi kebakar hutan berhasil dalam pengiriman menggunakan modul LoRaSX1278 mendapatkan data dari sensor api.
2. Pemantauan titik lokasi hutan dengan menggunakan sensor GPS Neo6M berfungsi untuk mendapatkan data titik koordinat berupa *latitude* dan *longtitude* sehingga dapat memantau lokasi dari kebakaran hutan.

B. Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan tugas akhir ini ataupun dalam penelitian selanjutnya:

1. Menggunakan sensor yang lebih baik dan terbaru sehingga dapat lebih stabil dan lebih akurat.
2. Mengganti modul pengiriman data atau menambahkan antena *transmitter*

dan *receiver* dengan jangkauan jarak pengiriman yang lebih jauh.

REFERENSI:

- [1] Macam-macam Penyebab Kebakaran Hutan, 90 Persen akibat Ulah Manusia. (2021). Retrieved from <https://www.kompas.com/sains/macam-macam-penyebab-kebakaran-hutan-90-persen-akibat-ulah-manusia.html>
- [2] Ahmad Feriyanto Alulu, "TEKNOLOGI Wi-Fi DITINJAU DARI TINGKAT KEAMANAN WIRELESS LAN (Wi-Fi) DAN SOLUSINYA", Universitas Negeri Gorontalo, 2007.
- [3] S. Restrepo Klinge, "PENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN MENGGUNAKAN KOMUNIKASI LORA (LONG RANGE) WIRELESS NETWORK," *Ayan*, vol. 8, no. 5, p.55, 2019.
- [4] M. Jamil, H. Saefudin, and S. Marasabessy, "Sistem Peringatan Dini Kebakaran Hutan

- Menggunakan Modul Nodemcu Dan Bot Telegram Dengan Konsep Internet of Things(Iot),” *KOMIK (Konferensi Nas. Teknol. Inf. dan Komputer)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2019.
- [5] N. Handayani, *Wireless Sensor Network (WSN)*, Jakarta: Universitas Trilogi, 2015.
- [6] Noreen, U. A. (2017). *A Study of LoRa Low Power and Wide Area Network Technology*.
- [7] ABDURRAHMAN. (2019). PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI QUADCOPTER DRONE BERBASIS APLIKASI ANDROID MENGGUNAKAN LORA RADIO FREQUENCY PADA PENCARIAN PENDAKI GUNUNG YANG HILANG. Bandung: Telkom University.
- [8] Arif Adi Nur Rohman, R. H. (2021). *Pemrograman Mesin Smart Bartender Menggunakan Software Arduino IDE Berbasis Microcontroller ATmega2560*. Prosiding.
- [9] SEMTECH. (2015). *Datasheet LoRa SX1276/77/78/79*. hal 25. Semtech Corporation.
- [10] Interfacing Modul Sensor Asap / Gas MQ2 MQ-2 Dengan Arduino Untuk Mengukur Konsentrasi Gas Mudah Terbakar. (2019). Retrieved from <https://www.nn-digital.com/blog/2019/11/20/in-terfacing-modul-sensor-asap-gas-mq2-mq-2-dengan-arduino.html>
- [16] F. Ahmad, *Prototype Sistem Penanggulangan Kebakaran Berbasis Sms Gateway Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno*. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa* 22.3, 2018.
- [17] A. A. Lutfan, *Rancangan Bangun Sensor Node pada Wireless Sensor Network Menggunakan Deret Sensor Gas dan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Mendeteksi Kebakaran Hutan*, 2016
- [18] Syahirani, B. Arifa, R. A. Salam, A. Suhendi. *Sistem Pemantauan Suhu Air Dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet Of Things (iot) Untuk Pemantauan Aktivitas Gunung Berapi*. *eProceedings of Engineering* 8.5, 2021.
- [19] G. C. Nicoleta, H. Paula, *Forest Fire Detection System using Lora Tecnology*, 2020