

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN LAHAN GAMBUT JENIS KAYUAN DENGAN MEMANFAATKAN KARKTERISTIK PANAS YANG DITIMBULKANNYA

Gilang Bagaskara*, Rahyul Amri**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: gilang.bagaskara93@yahoo.co.id

ABSTRACT

*Peatland fires monitoring that have the highest accuracy is ASMC with an accuracy rate of 60%. So it takes a peat fire detection design, in order to mitigate catastrophic fires in peatlands. Peat in Riau province generally woody peat types, so that the research done on woody peat. This detection system utilizing the characteristics of the heat generated by peat fires trees is LM35 sensor, using ATmega8 as the microcontroller and LCD 16*2 as the viewer that read the temperature sensor. Based on these results, LM35 temperature sensor has an accuracy rate with an %error on the average of 0.22% to the lowest %error is 0% and the %error is 0.62% higher. The temperature of woody peat area in normal condition at 08.00 to 11.30 pm has a large temperature that always under ambient temperature. When burning conditions, the temperature of woody peat area continues to increase and exceeds ambient temperature. There is no significant difference of the air temperature around the area when normal conditions and during a fire because woody peat fires not really affect the change.*

Keywords: LM35 Sensor, ATmega8, woody peat

PENDAHULUAN

Provinsi Riau merupakan provinsi yang cukup kaya dengan potensi tumbuh-tumbuhan dan hewan. Terutama di daerah kabupaten Siak, Pelalawan, Dumai dan Bengkalis yang masih memiliki hutan alam yang cukup besar sehingga area ini berpotensi memiliki lahan gambut yang cukup luas dan tebal.

Saat musim kemarau, sangat rawan terjadinya kebakaran pada lahan gambut. Kebakaran lahan gambut dipicu oleh masyarakat setempat yang akan membuka lahan dengan cara mudah, yaitu membakar lahan tanpa tahu akibat dari pembakaran tersebut. Pembakaran ini sangat berbahaya jika dilakukan pada saat musim kemarau, dikarenakan api dapat membesar dengan cepat. Jika gambut yang terbakar, maka akan sangat sulit dipadamkan. Hal ini disebabkan oleh tingkat ketebalan lahan gambut yang ada di provinsi Riau cukup tebal. Terbakarnya lahan gambut yang sudah meluas dapat menimbulkan asap yang cukup banyak sehingga dapat menyebabkan bencana asap.

Namun hal ini dapat dicegah dengan dibuatnya sistem deteksi kebakaran menggunakan sensor panas dengan memanfaatkan karakteristik panas yang ditimbulkan oleh kebakaran lahan gambut. Sistem pendeteksi panas menggunakan sensor panas LM35, dimana sensor ini akan dipasang pada batang aluminium yang ditancapkan kedalam lahan gambut.

TEORI DASAR

1. Tanah Gambut

Gambut secara harfiah diartikan sebagai ongkongan sisa tanaman yang tertimbun dalam masa dari ratusan sampai bahkan ribuan tahun. Menurut *epistemology*, gambut adalah material atau bahan organik yang tertimbun secara alami dalam keadaan basah berlebihan atau jenuh air, bersifat tidak mampat dan tidak atau hanya sebagian yang mengalami perombakan (*decomposed*). Standar Nasional Indonesia (SNI) mendefinisikan lahan gambut sebagai area dengan akumulasi bahan organik terurai tidak sempurna dengan kadar abu sama dengan atau kurang dari 35%, kedalaman

Menurut lingkungan pembentukan lahan gambut dibedakan menjadi 4 tipe:

- Berdasarkan bahan asal atau penyusunnya, gambut dibedakan menjadi:

2. Gambut seratan, merupakan gambut yang bersal dari campuran Spgnum dan rumputan.

- Menurut penelitian BALITBANG provinsi Riau temperatur dalam tanah gambut jenis kayuan

2. Sensor Suhu LM35

Sensor pendeteksi kebakaran lahan gambut ini menggunakan sensor suhu LM35. Sensor suhu

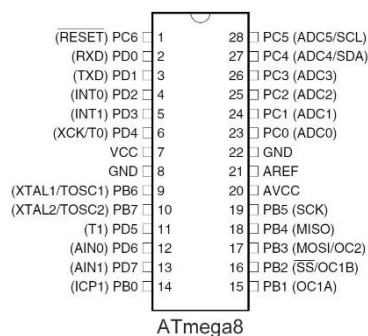
Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2 Oktober 2016



Blok kontrol pendeteksi kebakaran lahan gambut ini menggunakan mikrokontroler AVR

9 1 8 9





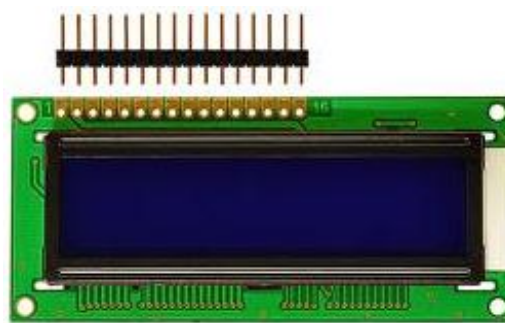
Gambar 3. Konfigurasi Pin ATmega8

AVR ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit berarsitektur AVR RISC yang memiliki 8 Kb *in-system programmable flash*. Mikrokontroler dengan konsumsi daya rendah ini mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16 MIPS pada *frekuensi* 16 MHz. jika dibandingkan dengan ATmega8 perbedaannya hanya terletak pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk bekerja. Untuk ATmega8 tipe mikrokontroler ini dapat bekerja dengan tegangan antara 2.7-5.5 Volt, sedangkan ATmega8 hanya dapat bekerja pada tegangan antara 4.5-5.5 Volt.

Rangkaian sistem minimum adalah rangkaian minimal dimana *chip* mikrokontroler dapat bekerja (*running*). *Chip* AVR ATmega dilengkapi dengan osilator *internal* sehingga, untuk menghemat biaya (*cost*) tidak perlu menggunakan Kristal/*resonator eksternal* untuk sumber *clock* CPU. Sistem minimum AVR sangat sederhana dimana hanya menghubungkan VCC dan AVCC ke +5 Volt dan GND ke *ground* tanpa memakai Kristal dan pin *reset* diambangkan (tidak dihubungkan apa-apa) *chip* sudah siap bekerja normal. *Chip* akan *reset* jika tegangan catu nol atau pin RST dipaksa 0. Jika membutuhkan tombol *reset*, dapat ditambahkan dengan rangkaian *reset*.

4. LCD 16*2

Dalam kamus besar bahasa wikipedia, arti dari LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Dalam menampilkan karakter untuk membantu menginformasikan proses dan *control* yang terjadi dalam suatu program robot kita sering menggunakan LCD. Yang sering digunakan dan paling murah adalah LCD dengan banyak karakter 16x2. Maksudnya, 16 menyatakan kolom dan 2 menyatakan baris.

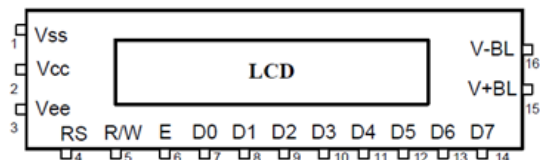


Gambar 4. LCD 16x2

Tabel 1. Datasheet konfigurasi pin LCD 16*2

No	Simbol	Level	Fungsi
1.	Vss	-	0 Volt
2.	Vcc	-	5 + 10% Volt
3.	Vee	-	Penggerak LCD
4.	RS	H/L	H = Memasukkan data L = Memasukkan ins
5.	R/W	H/L	H = Baca L = Tulis
6.	E	H/L	Enable Signal
7.	DB0	H/L	Data Bus
8.	DB1	H/L	Data Bus
9.	DB2	H/L	Data Bus
10.	DB3	H/L	Data Bus
11.	DB4	H/L	Data Bus
12.	DB5	H/L	Data Bus
13.	DB6	H/L	Data Bus
14.	DB7	H/L	Data Bus
15.	V+BL	-	Kecerahan LCD
16.	V-BL	-	Kecerahan LCD

Konfigurasi pin dari LCD ditunjukkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 5. Konfigurasi pin lcd 16x2

5. Blok Power Supply

Blok *power supply* merupakan blok penyedia tegangan disetiap blok yang membutuhkan, seperti sensor, mikrokontroler dan LCD. Berdasarkan *datasheet*, tegangan catu untuk sensor adalah 5V, tegangan catu untuk AVR model *low voltage* adalah 2.7-5.5V dan tegangan catu untuk AVR model biasa adalah 4.5-5.5V sedangkan tegangan catu untuk

LCD adalah 5V. Berdasarkan data di atas maka *power supply* akan lebih mudah dibuat dengan menggunakan IC penstabil tegangan 7805.

IC 7805 merupakan IC yang memiliki tegangan keluaran positif sebesar 5V dengan tegangan masukan besar dari 5V. Blok *power supply* ini menggunakan sumber tegangan dari baterai lipo dengan keluaran tegangan sebesar 12V.

6. Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Sering digunakan untuk konstruksi berbagai macam alat-alat industri. Aluminium merupakan unsur kimia IIIA dalam sistem periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26.98 gram per mol (sma). Di udara bebas aluminium mudah teroksidasi membentuk lapisan tipis (Al_2O_3) yang tahan terhadap korosi. Aluminium juga merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik, penghantar panas yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam.

Aluminium murni mempunyai kekuatan tegangan yang rendah, tetapi mempunyai kemampuan untuk membentuk *alloy* bersama dengan banyak unsur seperti tembaga, seng, magnesium, mangan dan silikon. Aluminium juga tergolong logam yang baik untuk penghantar panas, dengan nilai konduktivitas termal benda sebesar $200 \text{ J/m.s.C}^\circ$ atau $500 \times 10^{-4} \text{ Kkal/m.s.C}^\circ$.

7. Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan kalor tanpa disertai perpindahan partikel. Besarnya perpindahan kalor (Q) tiap satuan waktu (t) dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{l} \quad (1)$$

Keterangan:

Q = Kalor (joule)

k = Koefisien konduksi (konduktivitas termal)

t = Waktu (s)

A = Luas penampang (m^2)

l = Panjang logam (m)

T = Suhu (K)

Asas Black menyatakan bahwa “Jumlah kalor yang dilepas oleh materi yang bersuhu lebih tinggi akan sama dengan jumlah kalor yang diterima oleh materi yang suhunya lebih rendah”. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{lepas} = Q_{terima} \quad (2)$$

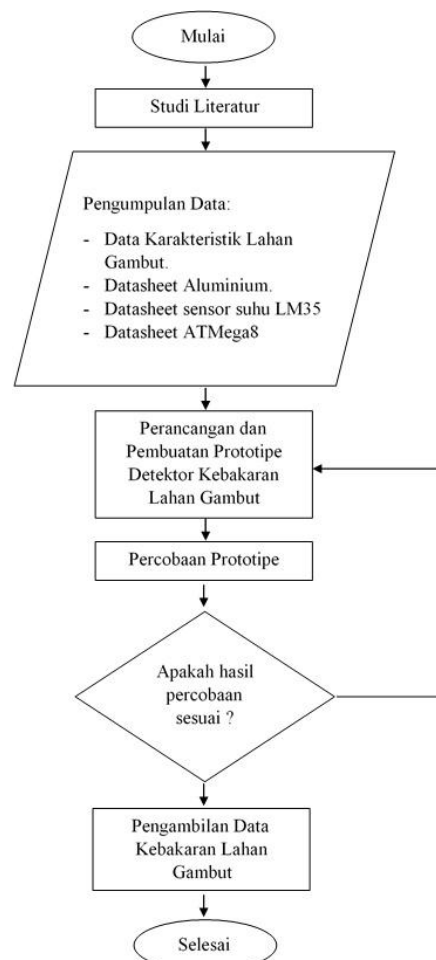
Keterangan:

Q_{lepas} = Kalor yang dilepas oleh benda bersuhu tinggi

Q_{terima} = Kalor yang diserap oleh benda bersuhu rendah

METODE PENELITIAN

1. Flowchart Penelitian



Gambar 6. Flowchart penelitian

2. Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini, pengambilan data suhu lahan gambut adalah sedalam 200 cm. Proses pengujian prototipe ini dibagi menjadi empat pengujian, yaitu: a) Pengujian *power supply*, b) Pengujian sensor, c) Pengujian di lahan gambut kondisi normal dan d) Pengujian di lahan gambut saat terjadi kebakaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Power Supply

Pengujian *power supply* ini bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi *supply* tegangan yang

diterima oleh rangkaian sesuai dengan yang dibutuhkan. Pengujian *power supply* mencakup:

Tabel 2. Hasil pengujian power supply

No	Pengujian	Besar Tegangan (Volt)
1.	Tegangan Sumber	8.80
2.	Tegangan yang diterima mikrokontroler	4.99
3.	Tegangan yang diterima sensor LM35	4.99

2. Hasil Pengujian Sensor LM35

Hasil pengujian dari sensor LM35 terlihat dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang dibutuhkan. Hasil pengujian dapat dilihat dari perubahan suhu yang ditampilkan pada layar LCD 16*2 sesuai dengan tabel di bawah ini:

Tabel 3. Hasil pengujian sensor LM35

No	Suhu Sensor	Suhu Termometer	Error
1.	29 °C	29.1 °C	0.34%
2.	30 °C	30.1 °C	0.33%
3.	31 °C	31.1 °C	0.32%
4.	32 °C	32.2 °C	0.62%
5.	33 °C	33.1 °C	0.30%
6.	34 °C	33.9 °C	0.29%
7.	35 °C	35.0 °C	0.00%
Rata-rata	32 °C	32.07 °C	0.22%

3. Hasil Pengujian di Lahan Gambut Kondisi Normal

Pengujian ini dilakukan di area lahan gambut bertempat di desa Jayapura Kabupaten Siak. Beberapa data yang diambil dalam kondisi normal adalah: data waktu, suhu sensor dan suhu udara sekitar.

Tabel 4. Data suhu sensor kondisi normal

No	Waktu	Suhu Sensor	Suhu Udara
1.	08.00 WIB	21 °C	30.4 °C
2.	08.10 WIB	23 °C	30.1 °C
3.	08.20 WIB	23 °C	31.5 °C
4.	08.30 WIB	26 °C	34.0 °C
5.	08.40 WIB	24 °C	34.2 °C
6.	08.50 WIB	26 °C	35.1 °C
7.	09.00 WIB	29 °C	40.5 °C
8.	09.10 WIB	29 °C	40.1 °C
9.	09.20 WIB	27 °C	39.0 °C

10.	09.30 WIB	27 °C	39.3 °C
11.	09.40 WIB	29 °C	39.4 °C
12.	09.50 WIB	30 °C	39.4 °C
13.	10.00 WIB	29 °C	41.0 °C
14.	10.10 WIB	32 °C	41.6 °C
15.	10.20 WIB	27 °C	39.6 °C
16.	10.30 WIB	33 °C	43.8 °C
17.	10.40 WIB	29 °C	39.6 °C
18.	10.50 WIB	30 °C	41.6 °C
19.	11.00 WIB	30 °C	42.4 °C
20.	11.10 WIB	30 °C	41.6 °C
21.	11.20 WIB	30 °C	41.2 °C
22.	11.30 WIB	29 °C	39.8 °C

4. Hasil Pengujian di Lahan Gambut Saat Terjadi Kebakaran

Pengujian ini dilakukan di dalam kotak dengan ukuran $1m \times 1m \times 2m$ di lapangan terbuka, bertempat di desa Jayapura Kabupaten Siak. Beberapa data yang diambil dalam kondisi terjadi kebakaran adalah: data waktu, suhu sensor dan suhu udara sekitar.

Tabel 5. Data suhu sensor saat terjadi kebakaran

No	Waktu	Suhu Sensor	Suhu Udara
1.	08.00 WIB	23 °C	28.8 °C
2.	08.10 WIB	23 °C	28.7 °C
3.	08.20 WIB	24 °C	29.1 °C
4.	08.30 WIB	26 °C	31.3 °C
5.	08.40 WIB	24 °C	29.9 °C
6.	08.50 WIB	26 °C	30.3 °C
7.	09.00 WIB	29 °C	31.6 °C
8.	09.10 WIB	30 °C	34.5 °C
9.	09.20 WIB	33 °C	37.1 °C
10.	09.30 WIB	35 °C	38.1 °C
11.	09.40 WIB	35 °C	36.3 °C
12.	09.50 WIB	36 °C	38.8 °C
13.	10.00 WIB	36 °C	37.3 °C
14.	10.10 WIB	38 °C	33.8 °C
15.	10.20 WIB	38 °C	39.1 °C
16.	10.30 WIB	38 °C	33.7 °C
17.	10.40 WIB	39 °C	37.1 °C
18.	10.50 WIB	39 °C	36.3 °C
19.	11.00 WIB	39 °C	36.7 °C
20.	11.10 WIB	41 °C	40.5 °C
21.	11.20 WIB	41 °C	37.8 °C
22.	11.30 WIB	44 °C	40.4 °C

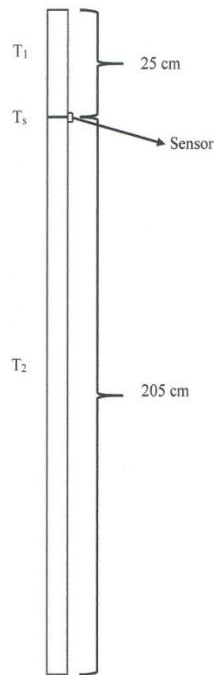
5. Perhitungan Suhu Lahan Gambut Kayuan pada Sensor LM35

Perhitungan perpindahan panas yang terjadi pada prototipe ini menggunakan rumus perpindahan

panas secara konduksi yang terjadi pada batang aluminium. Perhitungan perpindahan panas secara konduksi dirumuskan seperti pada persamaan (1). Kasus yang terjadi pada prototipe ini menggunakan konsep asas Black yang terdapat pada persamaan (2). Kondisi ini dapat diturun sebagai berikut.

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

$$\frac{kA_1\Delta T_1}{l_1} = \frac{kA_2\Delta T_2}{l_2} \quad (3)$$



Gambar 7. Penampang batang aluminium

Dengan menggunakan persamaan (3) didapatkanlah hasil perhitungan pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Hasil perhitungan suhu lahan gambut kondisi normal

No	Waktu (WIB)	Suhu Sensor	Suhu Udara	Suhu Gambut
1.	08.00	21 °C	30.4 °C	19.9 °C
2.	08.10	23 °C	30.1 °C	22.1 °C
3.	08.20	23 °C	31.5 °C	22.0 °C
4.	08.30	26 °C	34.0 °C	25.0 °C
5.	08.40	24 °C	34.2 °C	22.8 °C
6.	08.50	26 °C	35.1 °C	24.9 °C
7.	09.00	29 °C	40.5 °C	27.6 °C
8.	09.10	29 °C	40.1 °C	27.6 °C
9.	09.20	27 °C	39.0 °C	25.5 °C
10.	09.30	27 °C	39.3 °C	25.5 °C
11.	09.40	29 °C	39.4 °C	27.7 °C
12.	09.50	30 °C	39.4 °C	28.9 °C
13.	10.00	29 °C	41.0 °C	27.5 °C

14.	10.10	32 °C	41.6 °C	30.8 °C
15.	10.20	27 °C	39.6 °C	25.5 °C
16.	10.30	33 °C	43.8 °C	31.7 °C
17.	10.40	29 °C	39.6 °C	27.7 °C
18.	10.50	30 °C	41.6 °C	28.6 °C
19.	11.00	30 °C	42.4 °C	28.5 °C
20.	11.10	30 °C	41.6 °C	28.6 °C
21.	11.20	30 °C	41.2 °C	28.6 °C
22.	11.30	29 °C	39.8 °C	27.7 °C

Pada gambar grafik di atas saat kondisi normal, terlihat perubahan suhu udara, suhu sensor dan suhu lahan gambut. Perubahan suhu yang terjadi dipengaruhi oleh perubahan cuaca di area sekitar. Suhu yang terjadi pada lahan gambut pada pukul 08.00 – 11:30 WIB selalu berada dibawah suhu udara sekitar.

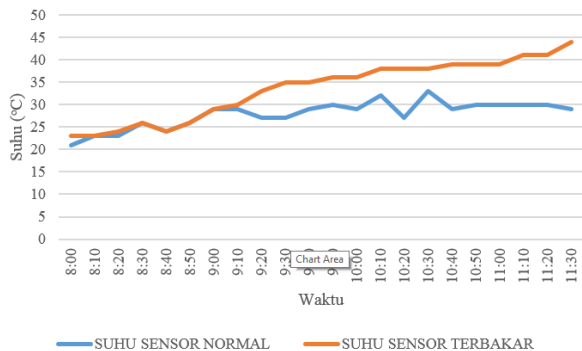
Tabel 7. Hasil perhitungan suhu lahan gambut saat terjadi kebakaran

No	Waktu (WIB)	Suhu Sensor	Suhu Udara	Suhu Gambut
1.	08.00	23 °C	28.8 °C	22.3 °C
2.	08.10	23 °C	28.7 °C	22.3 °C
3.	08.20	24 °C	29.1 °C	23.4 °C
4.	08.30	26 °C	31.3 °C	25.4 °C
5.	08.40	24 °C	29.9 °C	23.3 °C
6.	08.50	26 °C	30.3 °C	25.5 °C
7.	09.00	29 °C	31.6 °C	28.7 °C
8.	09.10	30 °C	34.5 °C	29.5 °C
9.	09.20	33 °C	37.1 °C	32.5 °C
10.	09.30	35 °C	38.1 °C	34.6 °C
11.	09.40	35 °C	36.3 °C	34.8 °C
12.	09.50	36 °C	38.8 °C	35.7 °C
13.	10.00	36 °C	37.3 °C	35.8 °C
14.	10.10	38 °C	33.8 °C	37.5 °C
15.	10.20	38 °C	39.1 °C	37.9 °C
16.	10.30	38 °C	33.7 °C	37.5 °C
17.	10.40	39 °C	37.1 °C	38.8 °C
18.	10.50	39 °C	36.3 °C	38.7 °C
19.	11.00	39 °C	36.7 °C	38.7 °C
20.	11.10	41 °C	40.5 °C	40.9 °C
21.	11.20	41 °C	37.8 °C	40.6 °C
22.	11.30	44 °C	40.4 °C	43.6 °C

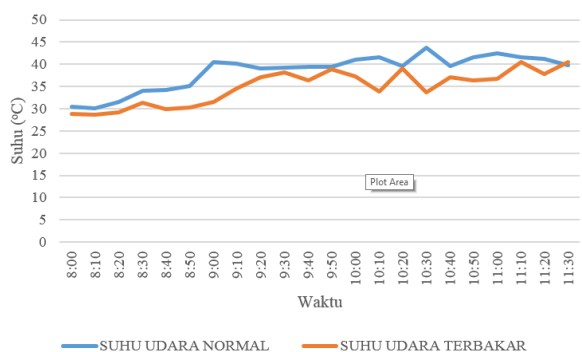
Dari tabel hasil perhitungan di atas, dapat kita tarik perbandingan antara data suhu kondisi normal dan terbakar. Sehingga perbandingan ini dapat ditarik kesimpulan untuk menentukan kondisi lahan gambut yang sedang terbakar atau kondisi normal. Ada tiga grafik yang dapat kita buat berdasarkan data tabel perhitungan di atas, yaitu:

1. Grafik perbandingan suhu sensor kondisi normal dan terbakar

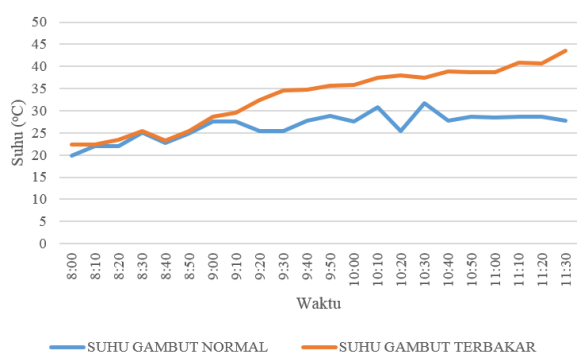
2. Grafik perbandingan suhu udara kondisi normal dan terbakar
3. Grafik perbandingan suhu gambut kondisi normal dan terbakar



Gambar 8. Grafik suhu sensor kondisi normal dan terbakar



Gambar 9. Grafik suhu udara kondisi normal dan terbakar



Gambar 10. Grafik suhu gambut kayuan kondisi normal dan terbakar

Pada tiga grafik di atas, yaitu perbandingan suhu saat kondisi normal dan saat terjadi kebakaran, terlihat perbedaan yang mencolok pada grafik perbandingan suhu sensor dan suhu lahan gambut. Pada grafik ini terlihat jelas perbedaan yang terjadi ketika kondisi normal dan saat terjadi kebakaran lahan gambut. Sementara yang terjadi pada

perubahan suhu udara saat kondisi normal dan saat terjadi kebakaran tidak begitu berbeda. Hal ini disebabkan terjadinya kebakaran lahan gambut tidak begitu mempengaruhi terjadinya perubahan suhu udara sekitar.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari data hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Sensor suhu LM35 dapat digunakan sebagai pendeteksi kebakaran lahan gambut pada sistem mitigasi bencana kebakaran lahan gambut.
2. Presentasi *error* pada sensor suhu LM35 memiliki rata-rata sebesar 0.22% dengan presentasi *error* terkecil 0% dan *error* terbesar 0.62%.
3. Pada kondisi normal, perubahan suhu yang terjadi dipengaruhi oleh perubahan cuaca di area sekitar. Suhu yang terjadi pada lahan gambut pada pukul 08.00 – 11:30 WIB selalu berada dibawah suhu udara sekitar.
4. Saat terjadi kebakaran, perubahan suhu yang terjadi pada udara dipengaruhi oleh perubahan cuaca di area sekitar sementara kebakaran lahan gambut tidak begitu mempengaruhi perubahan suhu udara sekitar. Suhu yang terjadi pada lahan gambut pukul 08.00 – 11:30 WIB terus meningkat hingga melebihi suhu udara sekitar.
5. Terlihat perbedaan yang mencolok pada suhu sensor dan suhu lahan gambut kondisi normal dan saat terjadi kebakaran. Sementara yang terjadi pada perubahan suhu udara saat kondisi normal dan saat terjadi kebakaran tidak begitu berbeda. Hal ini disebabkan terjadinya kebakaran lahan gambut tidak begitu mempengaruhi terjadinya perubahan suhu udara sekitar.

2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan prototipe ini adalah:

1. Untuk peningkatan kehandalan alat ini, sebaiknya menggunakan batang aluminium yang memiliki luas penampang lebih besar. Sehingga kecepatan perpindahan kalor lebih meningkat dan respon alat lebih baik.
2. Perlu dikembangkan kembali perhitungan jarak jangkauan alat yang dapat dicapai ketika kondisi normal dan saat terjadi kebakaran lahan gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A. 2014. Penelitian Sistem Preventif Kebakaran Lahan Gambut Melalui Pendugaan Gelombang Pantul Elektromagnetik di Provinsi Riau. Pekanbaru: Badan Penelitian dan Pengembangan.
- Amri, R. 2014. Detektor Panas Nirkabel Untuk Monitoring Kebakaran Hutan Berbasis Mikrokontroler. Jurnal Sainstek. Vol. 2, No. 2, hh 40.
- Anggraini, R. 2012. Modul Perkuliahan Fisika Perpindahan Kalor. kk.mercubuana.ac.id/elearning/files.../13001-11-969667061652.doc (Diakses pada tanggal, 11 November 2015, Pukul 17.12 wib).
- Hakim, A. Hariyawan, & M.Y. Widiyastari, C. 2014. Pengukuran Kelembaban Tanah dan Suhu Udara sebagai Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan Melalui *Wireless Sensor Network*. Jurnal Teknik Informasi dan Telematik. Vol. 4, No. 1, hh. 10
- Hariyawan, M.Y. & Gunawan, A. 2014. Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan Berbasis *Wireless Sensor Network*. Jurnal Teknik Informasi dan Telematik. Vol. 1, No. 1, hh 04-05.
- Hariyawan, M.Y. Gunawan, A. & Putra, E. 2014. Implementasi *Wireless Sensor Network* untuk Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan. Jurnal Teknik Informasi dan Telematik. Vol. 5, No. 1, hh 09-10.
- Marwin. 2014. Balas Elektronika Untuk Menyalakan Lampu *Fluorescent*. *Tugas Akhir*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Nusantara, R.W. Sudarmadji. Djohan, T.S. & Haryono. E. 2014. Emisi CO₂ Tanah Akibat Alih Fungsi Lahan Hutan Rawa Gambut di Kalimantan Barat. Jurnal Manusia dan Lingkungan. Vol. 21. No. 3. Hh. 271.
- Octavianes, F. Gunawan, A. & Styorini, W. 2011. Pengukur Kelembaban Tanah dan Suhu Udara Sebagai Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan Melalui *Wireless Sensor Network*. Jurnal Teknik Elektro. Vol. 1, No. 1, hh 08-09.
- Thoha, A.S. 2006. Penggunaan Penginderaan Jauh Untuk Deteksi Kebakaran Gambut di Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. Jurnal Ilmu Kehutanan. Vol. 2, No. 2, hh 58.
- Tipler, P.A. 1998. Fisika Untuk Sains dan Teknik (Jilid 1). Jakarta: Erlangga.
- Winoto, A. 2008. Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR. Bandung: Informatika.