

Rancang Bangun Wireless Sensor Network Pada Pendeteksi Dini Potensi Kebakaran Lahan Gambut Menggunakan Banana Pi IoT

Hendra Irawan, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

E-mail: hendra.irawan15@mhs.ee.its.ac.id, muhammad_rivai@ee.its.ac.id, fajarbudiman@ee.its.ac.id

Abstrak— Lahan gambut merupakan bagian dari ekosistem yang banyak mengandung bahan organik yang tidak mudah terurai. Seringnya terjadi kebakaran lahan gambut membuat Indonesia kerap menderita kabut asap, sehingga diperlukan suatu sistem yang dapat mendeteksi potensi terjadinya kebakaran lahan gambut. Telah banyak penelitian tentang hal penanganan masalah tersebut, namun penelitian yang ditawarkan biasanya berupa pendeteksi paska kebakaran lahan gambut. Selain itu banyak teknologi yang ditawarkan mempunyai harga produksi yang mahal dan penggunaan daya yang tinggi. Sistem yang dirancang pada penelitian ini adalah penerapan Wireless Sensor Network menggunakan topologi tree pada pendeteksi dini potensi kebakaran lahan gambut yang diintegrasikan dengan Internet of Things. Menggunakan Arduino sebagai prosesor dari sensor node yang dibuat dan menggunakan Banana Pi sebagai server dari keseluruhan sistem. Sistem ini mengutamakan penanganan sebelum terjadinya kebakaran dengan membaca suhu lingkungan setiap node. Hasil dari sistem keseluruhan dapat dilihat pada tampilan halaman web yang dapat menampilkan informasi suhu permukaan lahan gambut. Jarak optimum peletakan antar node adalah 100m dan kesuksesan membaca GPS mencapai 80%.

Kata kunci—Banana Pi, Internet of Things, Lahan Gambut, Wireless Sensor Network.

I. PENDAHULUAN

LAHAN gambut adalah bagian dari ekosistem hutan tropis dengan tanah yang lembab dan banjir berkala hingga menghalangi kayu dan daun mati dari proses pembusukan. Dengan luas lahan 26 juta Ha, Indonesia merupakan pemilik lahan gambut keempat terbesar di dunia setelah Amerika Serikat, Rusia, dan Kanada [1].

Namun, dengan potensinya yang besar, kebakaran lahan gambut menjadi hal yang sering terjadi di Indonesia. Setidaknya 2,6 juta Ha lahan gambut terbakar pada tahun 2015 yang menyebabkan kerugian hingga 221 triliun rupiah. Selain kerugian materil, terdapat juga kerugian non materil yang meliputi rusaknya habitat flora dan fauna, polusi yang mengganggu aktivitas, hingga masalah kesehatan [2].

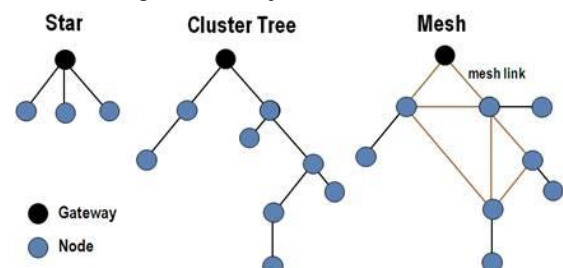
Penyebab kebakaran gambut sangatlah beragam, mulai dari kesalahan manusia yaitu pembukaan lahan, pembuangan puntung rokok sembarangan, dan pembakaran sampah; faktor alam yaitu meliputi suhu yang tinggi, curah hujan yang sedikit, lahan yang mudah terbakar. Puncak kebakaran hutan terjadi pada saat musim kemarau dimana lahan mulai mengalami pengeringan, kelembaban udara

sangat rendah dan suhu lahan tinggi. Pada kondisi tersebut sangat mudah terpicunya kebakaran pada lahan gambut [3].

Salah satu satelit yang dapat digunakan untuk memantau permukaan bumi adalah NOAA-AVHRR (*National Oceanic and Atmospheric Administration - Advanced Very High Resolution Radiometer*). Namun kelemahannya adalah resolusinya yang rendah yaitu 1 km sehingga tidak dapat mendeteksi kebakaran yang lebih kecil. Selain itu NOAA juga memiliki kelemahan berupa waktu pembacaan yang lama yaitu satu hingga dua hari untuk memperoleh informasi yang diinginkan [4]. Untuk itu maka diperlukan teknologi yang mampu beroperasi di wilayah yang luas, mampu bekerja secara mandiri serta dapat memberikan informasi secara akurat dan *real time*.

II. TEORI PENUNJANG

Pada umumnya kebakaran hutan dan lahan gambut bukan merupakan fenomena asing lagi di beberapa wilayah Indonesia, terutama Sumatera, Kalimantan dan Papua. Fenomena alam ini berkembang menjadi suatu bentuk bencana alam yang mempunyai dampak terhadap aspek-aspek kehidupan masyarakat. Gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah membusuk; oleh sebab itu, kandungan bahan organiknya tinggi. Sisa-sisa tumbuhan yang mengering membuat lahan gambut menjadi mudah terbakar.



Gambar 1. Topologi Wireless Sensor Network.

A. Wireless Sensor Network (WSN)

Wireless Sensor Network atau sering disingkat dengan WSN adalah suatu peralatan sistem *embedded* yang berkomunikasi tanpa kabel yang di dalamnya terdapat satu atau lebih sensor dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi. Sensor di sini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik dan penyajian informasi melalui komunikasi internet.

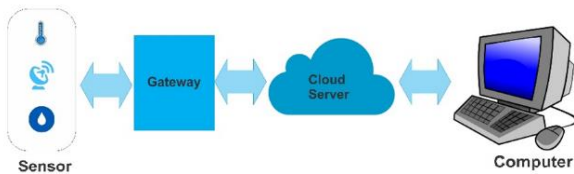
Dalam penggunaannya ada beberapa jenis topologi yang sering digunakan dalam WSN. Pemilihan topologi bertujuan menyesuaikan kebutuhan dan medan penempatan jaringan. Adapun beberapa topologi jaringan yang umum digunakan dalam pembangunan sebuah sistem WSN adalah topologi *star*, *cluster/tree*, dan *mesh*. Bentuk topologi WSN dapat dilihat pada Gambar 1.

Arsitektur topologi *cluster/tree* lebih kompleks dibanding dengan topologi *star*. Setiap node masih mempertahankan satu jalur komunikasi untuk gateway. Pengiriman data dapat dilakukan melalui node-node router, namun masih dalam satu jalur tersebut [4].

B. Internet of Things

Secara umum *Internet of Things* (IoT) adalah suatu konsep menghubungkan perangkat pintar dengan perangkat pintar yang lain baik digunakan untuk bertukar data maupun untuk keperluan pengendalian melalui internet. Saat ini konsep IoT sudah banyak digunakan pada objek di sekitar kita. Diperkirakan pada tahun 2020 dala 50 miliar objek yang terhubung dengan Internet.

Meski telah digunakan pada banyak perangkat untuk menunjang kehidupan sehari-hari, *Internet of Things* belum memiliki definisi yang baku. Namun secara sederhana konsep *Internet of thing* dapat dilihat pada Gambar 2 [5].



Gambar 2. Blok Sistem IoT.



Gambar 3. Arduino Nano.

Parameter	Typical	Condition
Package	TO-18	
Absorber Area	0.7x0.7 mm ²	
Resistance of Thermopile	43±8 kΩ	+25 °C
TC of Resistance	-0.06±0.04 %/K	+25 °C → +75 °C
Thermopile Voltage	4.4±1.1 mV	+25 °C, SS +100 °C, DC
TC of sensitivity	-0.45±0.08 %/K	+25 °C → +75 °C
Noise Equivalent Voltage	30 nV/Hz ^{1/2}	+25 °C
Rise Time	20±5 ms	t ₉₀
Field of View	120°	
Filter	8-14 μm	band pass
Operation Temperature	-20 ... +85 °C	
Operation Temperature	-20 ... +100 °C	non permanent
Ambient Temperature Sensor	Ni-RTD	
Resistance	1000±Ω	0 °C
TC of Resistance	6178±150 ppm/K	0 °C → +100 °C
Connections		
Pin 1	TP +	
Pin 2	Ni-RTD	
Pin 3	TP -	
Pin 4	GND	

Gambar 4. Sensor Suhu TS118-3.

C. Arduino Nano

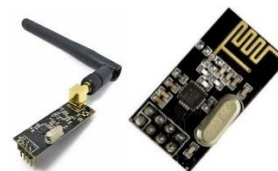
Arduino Nano seperti pada Gambar 3 adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang

berbasis chip ATmega328P. Arduino Nano memiliki 14 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus 20mA, dan memiliki resistor pull-up sekitar 20-50k ohm. Arduino sendiri didukung dengan IDE pemrogramannya dengan bahasa pemrograman C. IDE pada Arduino dapat sangat membantu dari proses pemrograman karena sangat mudah dalam pengoperasiannya [6].

D. Thermopile TS188-3

Thermopile adalah sensor suhu yang digunakan untuk mengukur suhu dengan tidak menyentuh langsung (*contactless*) objek pengukuran. *Thermopile* bekerja dengan merubah radiasi panas yang dipancarkan benda kedalam bentuk tegangan.

Pada tipe TS188-3 memiliki suhu kerja -20°C sampai dengan 100° C dengan karakteristik output -0,6mV sampai dengan 4,4 mV, dengan resistansi sensor 1000Ω pada suhu 0°C. TS188-3 memiliki empat buah pin yang mana pin 1 merupakan TP+, pin 2 merupakan Ni-RTD, pin 3 merupakan TP-, dan pin 4 merupakan *ground*. Gambar 4 merupakan bentuk dari *thermopile* TS188-3 [7].



Gambar 5. Modul nRF24L01[8]



Gambar 6. Banana Pi.

E. Radio Frequency

Modul Radio Frekuensi nRF24L01 adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang RF 2.4 GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Modul ini menggunakan antar muka SPI untuk berkomunikasi. Modul nRF24L01 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 memiliki base brand logic Enhanced Shock Burst dengan hardware protocol accelerator yang support "*high-speed SPI interface for the application controller*". Modul ini memiliki *true* UTP *solution*, yang memungkinkan daya baterai bertahan hingga berbulan-bulan hingga bertahun-tahun [8].

F. Banana Pi M2U

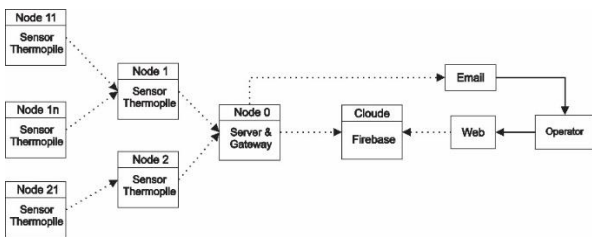
Banana Pi M2U seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 adalah *Board* berukuran kecil yang memiliki konsumsi daya rendah. Dengan menggunakan prosesor *Quad core* dan RAM 2 GB membuat *Banana Pi M2U* sangat baik digunakan untuk pemrosesan data yang berat. Selain itu, *Banana Pi M2U* dilengkapi juga dengan *WiFi* yang mempermudah melakukan koneksi ke internet. OS *Banana*

Pi kompatibel dengan *Android KitKat*, *Resbian*, *Ubuntu*, dan lain-lain.

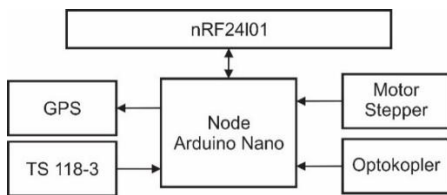
Banana Pi M2U dilengkapi dengan *General-Purpose Input/Output (GPIO)* yang mempermudah dalam pemrosesan *input-output* pada *Banana Pi*. Pada *GPIO* terdapat *port-port* unik yang dapat digunakan, mulai dari pin I/O, pin ADC, pin serial dan pin Power[9].

III. PERANCANGAN SISTEM

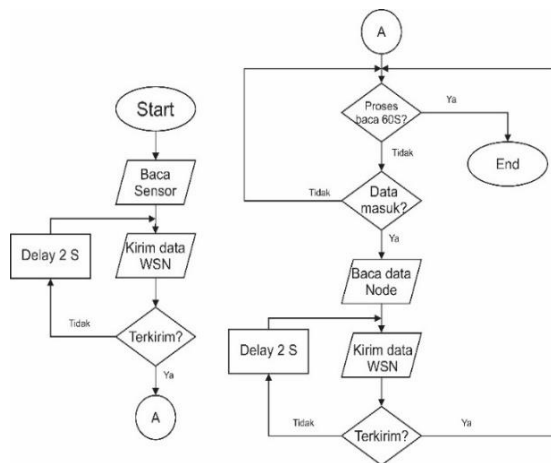
Pada penelitian ini telah dirancang sebuah sistem yang terdiri dari 5 buah node dan 1 buah webserver, ditunjukkan oleh Gambar 7. Teknologi *Wireless Sensor Network (WSN)* dan *Internet of Thing (IoT)* digunakan untuk mengkomunikasikan data antar sensor/ *node* agar data dapat diterima oleh server dan kemudian di simpan pada *cloud* lalu dapat diakses melalui internet.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem.



Gambar 8. Diagram Blok Sensor.



Gambar 9. Blok diagram pada sensor node.

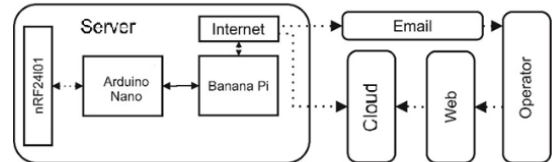
Dengan teknologi *WSN* dan *IoT* diharapkan sensor dapat disebar pada area yang luas untuk memberikan informasi tentang potensi kebakaran lahan gambut.

A. Sistem Sensor Node

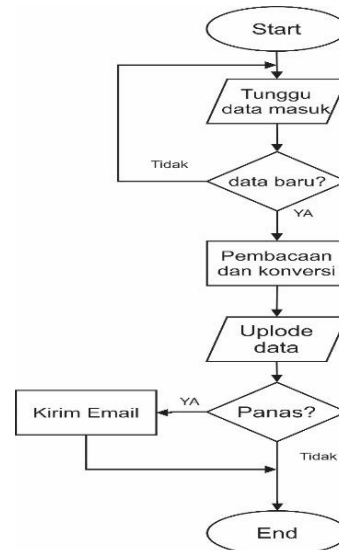
Sensor *node* adalah perangkat yang berfungsi untuk mengambil data suhu lahan gambut dan digunakan untuk mengirimkan data-data sensor *node* ke server. Selain itu untuk menunjang sistem *Wireless Sensor Network*, sensor

node berfungsi sebagai perantara sensor *node* yang lain untuk mengirimkan datanya menuju server. Penyusunan blok-blok fungsional pada sistem untuk menghasilkan sistem sensor *node* dapat dilihat pada Gambar 8. Diagram alir dari sensor *node* dapat dilihat pada Gambar 9.

Modul ini akan terintegrasi dengan sistem dengan mendeklarasikan alamat *node* dan kanal yang digunakan. Karena sistem yang digunakan adalah *Wireless Sensor Network* dengan topologi *tree* sehingga perlu untuk mengetahui alamat yang hendak dituju. Pendeklarasian alamat dan algoritma alamat yang dituju dideklarasikan di awal pemrograman dari sistem.



Gambar 10. Diagram Blok Server.



Gambar 11. Diagram Alir Perancangan Sistem.

Untuk pembacaan suhu di sekitar sensor *node* menggunakan *thermopile* dan dibantu dengan gerakan mekanik dari motor *stepper*. Sedangkan untuk menentukan sudut pembacaan menggunakan bantuan sensor *optokopler* dan cakram.

B. Sistem Server

Server merupakan perangkat yang akan digunakan sebagai kontrol data yang dikirim oleh *node* melalui jaringan *WSN*. Perangkat ini akan mengirimkan data dari sensor *node* menuju *cloud* dan mengirimkan pesan berupa *Email* pada operator bila terjadi gangguan. Blok fungsional yang disusun untuk membuat sistem server ditunjukkan pada Gambar 10.

Diagram alir sistem server dapat dilihat pada Gambar 11. Pada bagian server yang perlu diperhatikan adalah jaringan internet yang digunakan untuk mengirimkan data ke sistem *cloud* serta mengirim *email* pada saat terdeteksi terjadinya panas pada titik tertentu. Data grafik yang mewakili suhu permukaan lahan gambut akan ditampilkan pada halaman

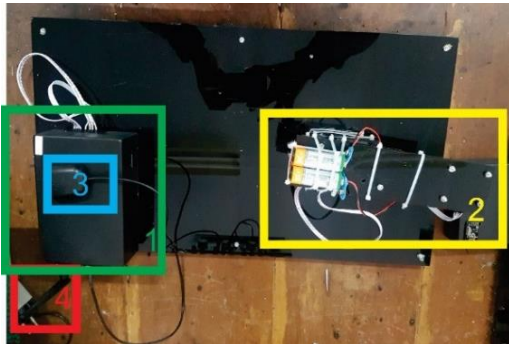
website yang dapat diakses menggunakan browser yang mendukung HTML5, seperti Mozilla Firefox.

IV. HASIL PENGUJIAN

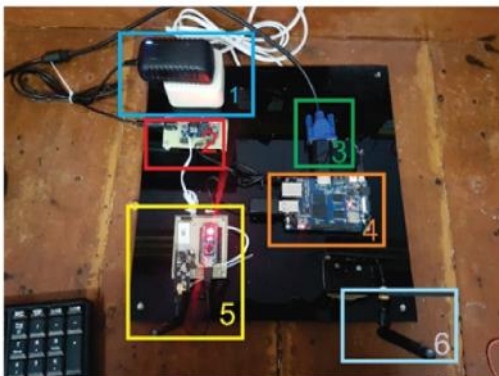
Pada Gambar 12 merupakan bentuk dari sistem Sensor Node sedangkan pada Gambar 13 merupakan bentuk dari Server pada sistem yang dibuat.

1. Pengujian Catu Daya pada Sensor Node

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran daya rata-rata sebesar 6.57 watt dalam perioda waktu 40 detik.



Gambar 12. Bentuk Sistem yang Dibuat. Keterangan: 1) Kotak kontrol Node, 2) Sensor Suhu 3) Antena GPS, dan 4) Antena nRF24L01.



Gambar 13. Server dari Sistem yang Dibuat.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Daya

No	Saat Standby			Saat Aktif			P _{rata} (W)
	I (A)	V (V)	P _s (W)	I (A)	V (V)	P _A (W)	
1	0.57	11.3	6.4	0.64	11.3	7.2	6.57
2	0.56	11.3	6.3	0.65	11.3	7.3	6.49
3	0.59	11.3	6.6	0.66	11.3	7.4	6.79
4	0.55	11.3	6.2	0.64	11.3	7.2	6.38
5	0.57	11.3	6.4	0.64	11.3	7.2	6.57
6	0.58	11.3	6.5	0.64	11.3	7.2	6.67
Daya Rata-Rata							6.57

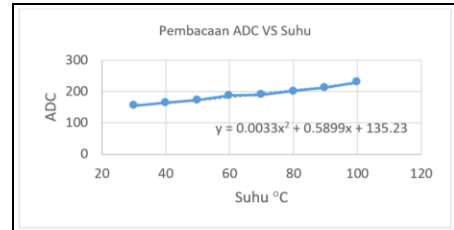
2. Pengujian Sensor Suhu

Pada pengujian kalibrasi diperoleh data pada Tabel 2 dan Gambar 14. Kurva persamaan yang telah diperoleh akan digunakan untuk pemrograman Arduino, dinyatakan:

$$y = 0.0033x^2 + 0.5899x + 135.23 \quad (1)$$

Tabel 2. Data Pengukuran Suhu

ADC		Jarak Objek ke Sensor (cm)	Suhu Terbaca (°C)
Thermopile	Thermistor		
155	559	10	30
164	559	10	40
173	559	10	50
187	559	10	60
190	559	10	70
202	599	10	80
213	599	10	90
229	599	10	100



Gambar 14. Grafik Pembacaan Sensor Suhu.

Tabel 3. Hasil Percobaan Pengiriman Data

Jarak (m)	Respon		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
10	Bisa	Bisa	Bisa
20	Bisa	Tidak Bisa	Bisa
30	Bisa	Bisa	Bisa
40	Tidak Bisa	Bisa	Bisa
50	Bisa	Bisa	Bisa
60	Bisa	Tidak Bisa	Bisa
70	Bisa	Bisa	Bisa
100	Bisa	Bisa	Bisa
150	Tidak Bisa	Tidak Bisa	Tidak Bisa

Tabel 4. Pengambilan Data GPS

No	Latitude (Lintang)	Longitude (Bujur)	Meters (MDPL)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	-7.28	112.8	0
4	-7.28	112.8	-13.7
5	-7.28	112.8	-13.7
6	-7.28	112.8	-13.5
7	-7.28	112.8	-13.7
8	-7.28	112.8	-13.5
9	-7.28	112.8	-13.6
10	-7.28	112.8	-13.7
Persentase Keberhasilan = 80%			

3. Pengujian Jarak sensor node

Percobaan dilakukan pada wilayah terbuka tanpa halangan antar node. Tabel 3 merupakan hasil dari pengukuran jarak antar node. Dapat dilihat bahwa komunikasi terjauh yang dapat dilakukan adalah 100 m. Pada percobaan ini masih terdapat beberapa kali error data namun pengiriman tetap dapat dilakukan pada saat pengiriman kedua atau ketiga.

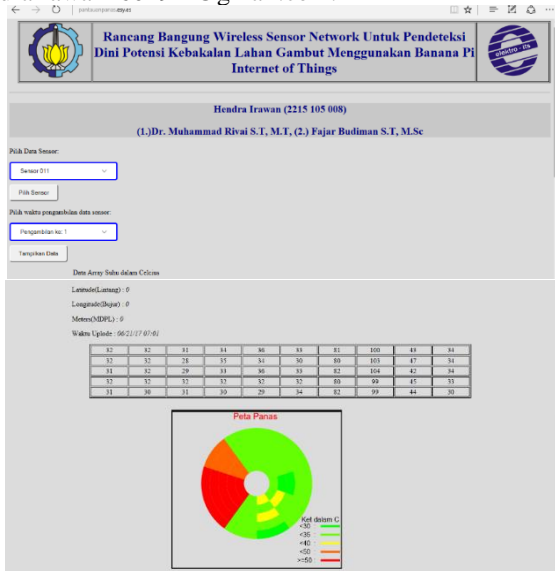
4. Pengujian GPS

Pengujian dilakukan pada ruangan laboratorium yang ditunjukkan pada Tabel 4. Terdapat beberapa kali sensor node tidak dapat mengakses koordinat lokasi. Hal tersebut dikarenakan lokasi pengujian dilakukan pada ruangan tertutup, sehingga menghalangi dari pembacaan

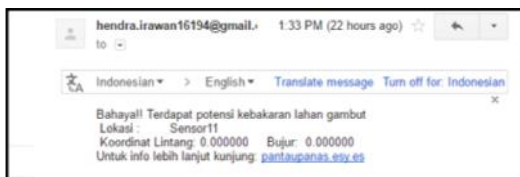
koordinat sensor yang dipasang. Persentase keberhasilan pembacaan GPS adalah 80%.

A. Pengujian Internet of Things

Hasil dari sistem keseluruhan dapat dilihat dengan mengunjungi <http://pantaupanas.esy.es/>. Hasil dari pengujian pembacaan suhu permukaan lahan yang ditampilkan di websit dapat dilihat pada Gambar 15. Gambar 16 merupakan contoh email yang dikirim dengan alamat hendrainrawan160194@gmail.com.



Gambar 15. Tampilan Web.



Gambar 16. Email Masuk Kepada Operator.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun wireless sensor network pada pendeteksi dini potensi kebakaran lahan gambut menggunakan Banana Pi IoT. Penerapan jaringan WSN yang dirancang menggunakan Arduino dan nRF24L01 dengan topologi *tree*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsumsi daya pada sistem sensor node rata-rata adalah 6,57 W. Jarak maksimum antar node dapat mencapai 100m. Pembacaan GPS dapat diakses dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan dari sistem dengan persentase keberhasilan mencapai 80%. sangat relevan dengan dengan kemampuan dan kapasitas komponen. Perancangan website didasarkan dengan *interface* yang mudah dan dapat dimengerti yaitu berupa tampilan profil suhu permukaan yang diwakili dengan intensitas warna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Pengelolaan Lahan Gambut*. Kelompok Kerja Pengelolaan Lahan Gambut Nasional, 2006.
- [2] A. Akbar and S. Faidil, "Kebakaran hutan dan lahan rawa gambut: penyebab faktor pendukung dan alternatif pengelolaannya," pp. 1–18, 2013.
- [3] F. L. Box, "Kebakaran Lahan Gambut, Penyakit Menahun Indonesia - Lingkungan," pp. 4–7, 2016.
- [4] and E. H. P. M. Y. Hariyawan, A. Gunawan, "Implementasi Wireless Sensor Network untuk Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan," vol. 5, pp. 1–10.
- [5] E. D. Meutia, J. Teknik, E. Universitas, and S. Kuala, "Internet of Things – Keamanan dan Privasi," *Semin. Nas. dan Expo Tek. Elektro 2015*, pp. 85–89, 2015.
- [6] U. Manual, "Arduino Nano."
- [7] Measurment Specialties, "Thermopile Sensor TS118-3," no. June, pp. 1–2, 2007.
- [8] Nordic Semiconductor, "nRF24L01 Single Chip 2 . 4GHz Transceiver Product Specification," no. July, 2007.
- [9] Banana Pi, "What is Banana Pi M2 Ultra?," *Banana Pi*.