Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah *p-ISSN 2623-1611*
Volume 7 Nomor 1 Halaman 202-212 April 2022 *e-ISSN 2623-1980*

SISTEM KOMUNIKASI DATA NIRKABEL MIKROKONTROLER DENGAN RASPBERRY PI DALAM MITIGASI KEBAKARAN GAMBUT

Ade Agung Harnawan [1,*], Muhammad Itqan Mazdadi [1], Yoga Pambudi [1], Wahyu Ansari [1], Satrio Yudho Prakoso[1]
[1] Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Kayu Tangi, Banjarmasin, Indonesia, Kotak Pos 219
*Penulis korespondensi: adeagungharnawan@ulm.ac.id

Abstrak. Mitigasi kebakaran lahan gambut perlu dilakukan karena penanganannya komplek yaitu untuk sebaran api pada vegetasi di atas permukaan dan dalam lapisan tanah. Untuk itu perlu diukur beberapa parameternya oleh sistem sensor yang berbasis mikrokontroler ATMega2560. Pemantauan parameter tersebut dilakukan secara *real-time*, kemudian parameter tersebut akan ditampilkan dan disimpan dalam webserver sehingga diperlukan perangkat IoT yang berbasis Raspberry Pi. Pengiriman data memanfaatkan sistem komunikasi nirkabel 2,4GHz berbasis nRF24l01. Komunikasi ini mempunyai batas aliran data 32 byte untuk sekali kirim, sehingga untuk data yang lebih dari batasan tersebut maka digunakan algoritma komunikasi tertentu. Hasilnya adalah sistem sensor dapat mengirimkan delapan data temperatur tanah, empat data kelembaban, satu data temperatur udara dan satu kelembaban udara pada perangkat IoT setiap dua menit.

Kata kunci: gambut, mikrokontroler, nrf24l01, nirkabel, raspberri pi

1. PENDAHULUAN

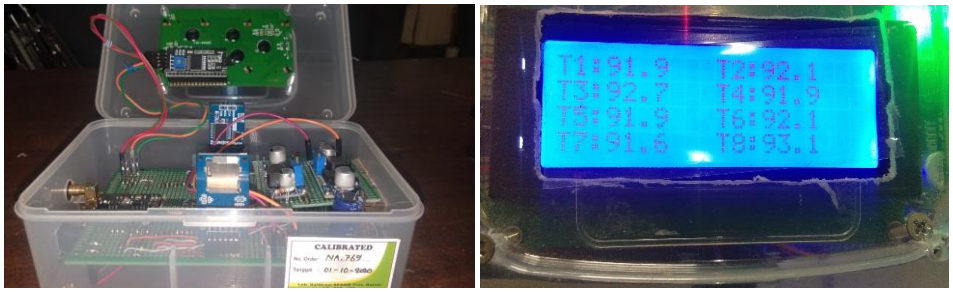
Kebakaran di lahan gambut jauh lebih sulit untuk ditangani dibandingkan dengan kebakaran yang terjadi di hutan tanah mineral/dataran tinggi. Hal demikian disebabkan oleh penyebaran api yang tidak hanya terjadi pada vegetasi di atas gambut tapi juga terjadi di dalam lapisan tanah gambut yang sulit diketahui penyebarannya. Usaha pemadaman api di lahan gambut, terutama jika apinya telah menembus lapisan gambut yang sangat dalam, hanya dapat dilakukan secara efektif oleh hujan lebat. Usaha-usaha pemadaman oleh manusia selain membutuhkan biaya dan tenaga yang besar juga belum tentu dapat memadamkan apinya dengan tuntas (Adinugroho, Suryadiputra, Saharjo, & Siboro, 2004), sehingga teknologi mitigasi diperlukan untuk mencegah terjadinya bencana yang lebih besar.

Salah satu teknologi mitigasi kebakaran hutan dan lahan telah dikembangkan oleh BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) Indonesia adalah SMOKIES (Sistem Monitoring *Online* Kandungan Air Lahan Gambut Indonesia untuk *Early Warning System* Karhutla) menggunakan parameter pengukuran tinggi muka air, temperatur dan kelembaban tanah, temperatur dan kelembaban udara (BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional), 2019). Beberapa teknologi mitigasi kebakaran hutan yang lain adalah prototipe multiprobe untuk pemantau kebakaran bawah permukaan lahan gambut (Mariati, Harnawan, Elviana, & Rohani, 2014). Kemudian disempurnakan oleh (Harnawan, Nasution, Ramdani, & Wijanarko, 2015) dalam rancang bangun sistem sensor perekam kelembaban dan suhu bawah dan permukaan tanah dalam upaya pencegahan dini kebakaran lahan gambut. Kemudian penggunaan basis data sistem jaringan sensor temperatur kelembaban permukaan dan bawah lahan gambut (Nasution, Fahrudin, & Harnawan, 2016). Kharisma juga mengembangkan alat ukur multikanal kelembaban tanah (Kharisma, Sugriwan, & Harnawan, 2019). Kemudian perancangan alat ukur untuk mengukur karakteristik tanah gambut dikembangkan Farid (Farid, F Peslinof, M Fendriani, Samsidar, Handayani, Rustan, & Afrianto, 2020), dan pada tahun 2020 dilakukan penelitian tentang karakterisasi konduksi panas tanah gambut sebagai upaya mitigasi kebakaran lahan (Harnawan & Mazdadi, 2020). selanjutnya rancang bangun sistem multisensor pengukur kelembaban tanah gambut berdasar variasi kedalaman (Harnawan, Mulyana, Ridwan, & Mazdadi, 2021).

Penelitian (Harnawan & Mazdadi, 2020) sebelumnya telah menghasilkan sistem sensor dan perangkat IoT yang belum terhubung secara nirkabel. Sistem sensor yang ditunjukkan pada Gambar 1 dikembangkan mampu mengukur 7 buah temperatur titik dalam tanah gambut yang disusun secara vertikal, dimana lapisan terbawah mempunyai kedalaman 50 cm dan dipanaskan dengan temperatur yang diatur konstan. Selain parameter temperatur tanah gambut, dalam sistem sensor dikembangkan juga pengukur kelembaban 4 titik tanah gambut

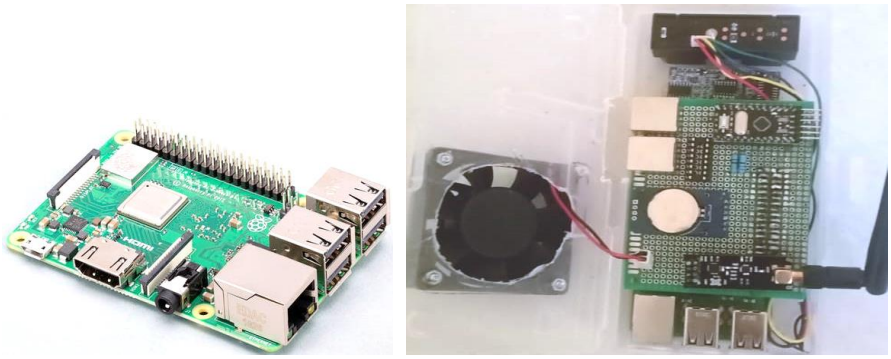
© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

yang diatur secara vertikal, selain itu terdapat sensor temperatur udara, dan kelembaban udara. Sehingga terdapat 14 nilai parameter yang harus dikirim secara nirkabel pada perangkat IoT yang ditunjukkan pada Gambar 2. Modul nRF24l01 dipilih untuk menjadi perangkat komunikasi data nirkabel diantara keduanya, yaitu sistem sensor dan perangkat IoT.



(a) Perangkat elektronika (b) Tampilan display LCD

Gambar 1. Sistem sensor (Harnawan & Mazdadi, 2020)



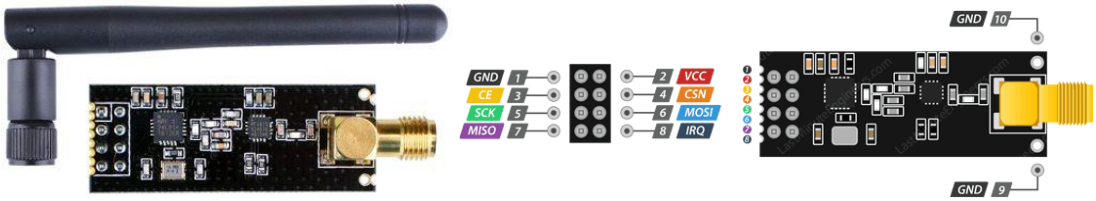
(a) Raspberri Pi 3 (b) Raspberri Pi yang dilengkapi beberapa komponen

Gambar 2. Perangkat IoT (Harnawan & Mazdadi, 2020)

Modul nRF24l01 menggunakan pita 2,4 GHz dan dapat beroperasi dengan *baudrate* mulai dari 250 Kbps hingga 2 Mbps. Jika digunakan di ruang terbuka dan dengan *baudrate* yang lebih rendah jangkauannya bisa mencapai 100 meter. Modul ini dapat menggunakan 125 *channel* berbeda yang memberikan kemungkinan untuk memiliki jaringan 125 modem yang bekerja secara independen di satu tempat. Setiap *channel* dapat memiliki hingga 6 alamat, atau setiap unit dapat berkomunikasi dengan hingga 6 unit lainnya secara bersamaan(Semicondutor, 2008).

Modul sistem komunikasi yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3 yang telah ditambahkan PA (*power amplifier*) dan antena yang berguna untuk membantu modul memperbesar jangkauan transmisi sampai 1000m di ruang terbuka, LNA (*low-noise amplifier*) yang berfungsi memperkuat sinyal sangat lemah yang diterima antena dan memperkuatnya sehingga dapat terbaca dengan baik, dan selanjutnya adalah rangkaian saklar yang berfungsi untuk mengatur modul dalam kondisi mengirim (Tx) atau menerima (Rx) sinyal (Lastminuteengineers.com, 2021). Dalam sistem ini digunakan komunikasi antara 2 buah modul nRF24l01.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat



(a) Penampilan dari sisi atas (b) Konfigurasi pin

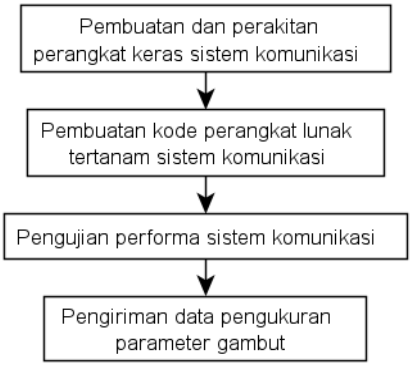
Gambar 3 Modul nRF24l01, PA, LNA dan antena (Lastminuteengineers.com, 2021)

Modul pada Gambar 3 menggunakan struktur paket yang dikenal sebagai *enhanced shockburst*. Struktur paket sederhana ini dipecah menjadi 5 susunan data yaitu *preamble, address, packet control, payload*, dan *CRC* (Semicondutor, 2008). Data sinyal ditempatkan pada *payload*. Struktur paket ini membuat komunikasi aliran data lebih baik berdasarkan 3 hal berikut : Pertama, data yang dikirim dapat bervariasi dari 1 hingga 32 byte. Kedua, setiap paket yang dikirim dengan ID paket, yang memungkinkan perangkat penerima menentukan apakah sebuah data terkirim itu baru atau telah dikirim ulang sehingga dapat diabaikan. Dan terakhir, setiap pesan data dapat meminta status telah terkirim ketika diterima oleh perangkat lain(Lastminuteengineers.com, 2021).

Artikel ini membahas pembuatan dan perakitan perangkat keras sistem komunikasi nirkabel dan integrasinya dengan sistem sensor dan perangkat IoT. Kemudian membahas pembuatan algoritma yang berbentuk kode program tertanam pada kedua perangkat yang dikomunikasikan. Selanjutnya akan dibahas tentang pengujian sistem yang menghasilkan performa komunikasi nirkabelnya dan terakhir adalah penerapannya pada pengukuran parameter gambut selama beberapa waktu tertentu.

2. METODE

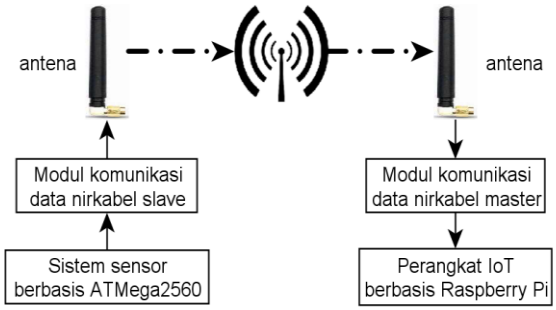
Langkah-langkah untuk mengaplikasikan sistem komunikasi nirkabel mikrokontroler dengan Raspberry pi dalam mitigasi kebakaran gambut ditunjukkan pada Gambar 4. Pembuatan sistem dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat.



Gambar 4. Metode penelitian

Pembuatan dan perakitan perangkat keras sistem komunikasi merupakan penambahan modul komunikasi pada sistem sensor dan perangkat IoT sesuai dengan Gambar 5. Modul tersebut terdiri atas modul komunikasi data nirkabel slave yang terhubung dengan sistem sensor dan modul komunikasi master yang terhubung dengan perangkat IoT. Kedua modul komunikasi tersebut menggunakan Nrf24l01.

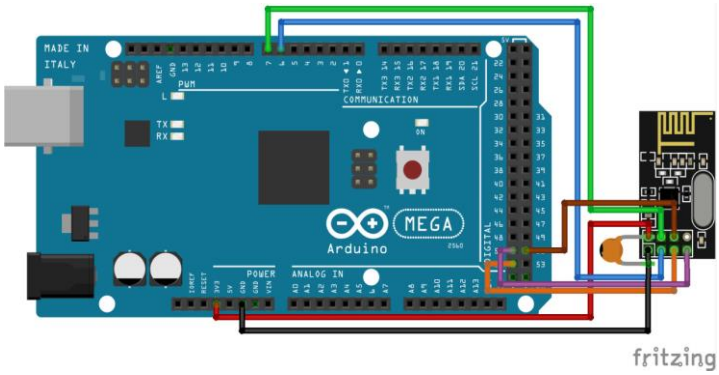
© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat



Gambar 5. Blok sistem perangkat keras sistem komunikasi

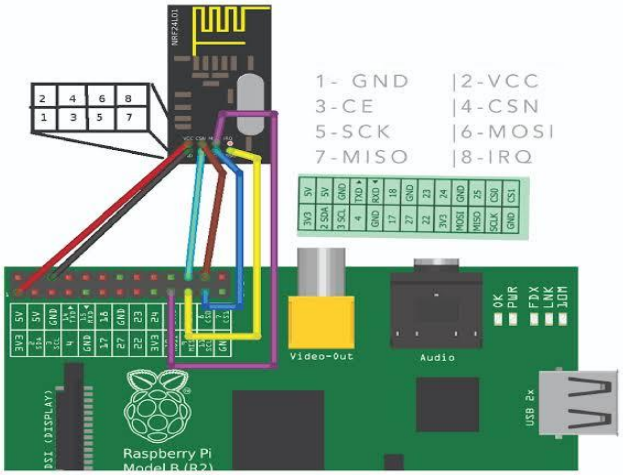
Rangkaian yang digunakan untuk menghubungkan antara sistem sensor dan modul komunikasi slave ditunjukkan pada Gambar 6. Beberapa pin dalam mikrokontroler yang digunakan merupakan pin yang dikhususkan untuk antarmuka dengan modul nRF24l01, dan pin yang lainnya sudah digunakan untuk antarmuka perangkat yang lain dalam sistem sensor.

Dalam Gambar 6 ditunjukkan penambahan kapasitor 10µF pada Vcc dan groundnya di modul nRF24l01 yang berfungsi untuk memberikan kestabilan sinyal dalam komunikasi data diantara modul komunikasi, sehingga dapat mengantisipasi gangguan pengiriman sinyal yang terjadi. Kemudian skema rangkaian untuk menghubungkan modul komunikasi master dengan perangkat IoT yang berbasis Raspberri Pi ditunjukkan pada Gambar 7.



pin modul	pin mikrokontroler
Gnd	Gnd
Vcc	3V3
CE	pin 6 mikro
CSN	pin 7 mikro
MISO	pin 50 mikro
MOSI	pin 51 mikro
SCK	pin 52 mikro

Gambar 6. Rangkaian integrasi antara sistem sensor dengan modul komunikasi nirkabel slave

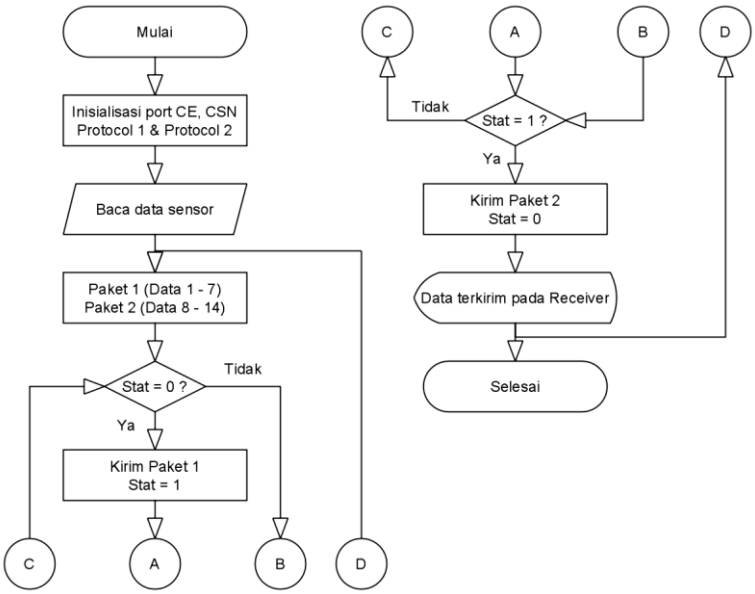


Gambar 7. Rangkaian integrasi antara perangkat IoT dengan modul komunikasi nirkabel master (Riya, 2014)

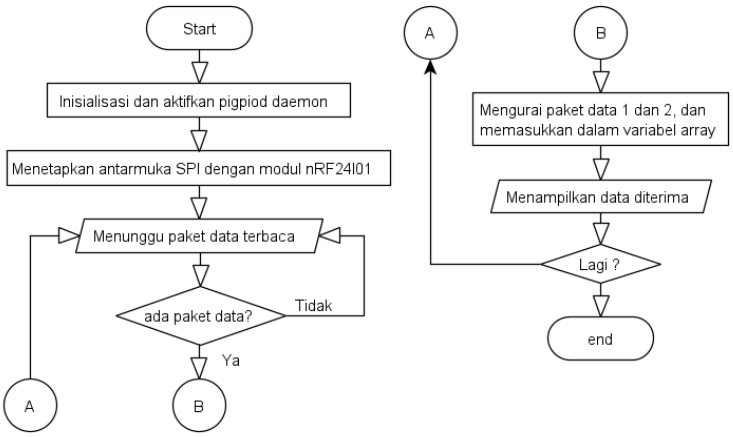
Gambar 7 merupakan antarmuka perangkat keras modul komunikasi nRF24l01 master dengan GPIO Raspberri Pi 3 B+. Beberapa hal penting yang harus dihubungkan adalah catu daya 3.3v, Gnd harus dihubungkan dengan Gnd, pin SPI harus sesuai dengan GPIO (MOSI, MISO dan CLK). Setelah dihubungkan dengan benar kemudian ditambahkan algoritma untuk mengakses kedua modul komunikasi tersebut.

Algoritma untuk mengakses dan mengirim sinyal pada modul komunikasi *slave* yang dihubungkan dengan mikrokontroler ATMega2560, maka perlu diperhatikan *datasheet* modul nRF24l01 yaitu batas pengiriman data sebesar 32 byte di *payload*, sehingga algoritma pengiriman data yang dibuat ditunjukkan menggunakan aliran program pada Gambar 8. Kemudian algoritma untuk mengakses dan mengirim sinyal pada modul komunikasi master yang dihubungkan dengan raspberri pi ditunjukkan menggunakan aliran program pada Gambar 9. Paket data yang dikirimkan untuk seluruh data sensor tidak dapat dimasukkan dalam satu kiriman paket data, karena ukurannya lebih besar dari 32 byte sehingga seluruh data dibagi menjadi 2 sehingga terdapat 2 buah paket data dan dikirimkan sebanyak 2 kali untuk sekali pengambilan data oleh sistem sensor, hal ini ditunjukkan dalam Gambar 8.

Sistem komunikasi nirkabel *master* yang ditanamkan pada perangkat IoT akan menunggu sinyal yang dipancarkan oleh sistem komunikasi *slave*, dan jika terdapat sinyal yang sesuai maka sistem master menerima sinyal dari perangkat *slave* sesuai dengan protokol paket data *enhanced shockburst* nRF2401. Untuk mengirimkan seluruh data pengukuran sistem sensor maka protokol paket data dibaca 2 kali. Pada Gambar 9 data 2 buah paket data yang dikirimkan secara nirkabel akan diuraikan satu per satu setiap datanya dan dimasukkan dalam variabel larik atau disebut *array*, yang akan diproses lebih lanjut oleh perangkat IoT. Dan hasil data yang diterima dapat dilihat dalam *shell* raspberry pi yang ditampilkan dalam monitor yang terhubung dengannya .



Gambar 8. Algoritma pengiriman data melalui modul komunikasi nirkabel *slave*

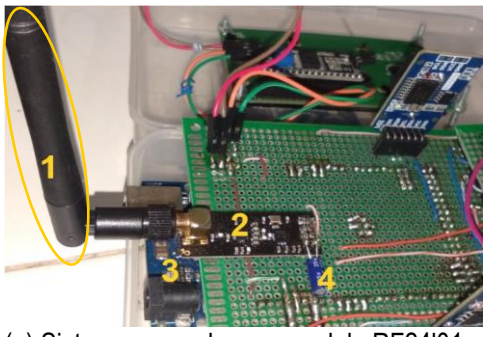


Gambar 9. Algoritma pengiriman data melalui modul komunikasi nirkabel *master*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan dan perakitan perangkat keras

Hasil pembuatan dan perakitan perangkat keras sistem komunikasi merupakan penambahan modul komunikasi pada sistem sensor dan perangkat IoT. Penambahan modul sistem komunikasi *slave* pada sistem sensor ditunjukkan pada Gambar 10 dan penambahan modul komunikasi master pada perangkat IoT ditunjukkan pada Gambar 11.



(a) Sistem sensor dengan modul nRF24l01

Keterangan :
1. Antena nRF24l01
2. Modul nRF24l01
3. Mikrokontroler ATMega2560
4. Kapasitor 10µF

(b) sistem sensor dengan antena

Gambar 10. Penambahan modul sistem komunikasi nirkabel *slave*

(a) Perangkat IoT dengan modul nRF24l01

Keterangan :
1. Antena nRF24l01
2. Modul nRF24l01
3. Perangkat IoT

(b) Perangkat IoT dengan antena

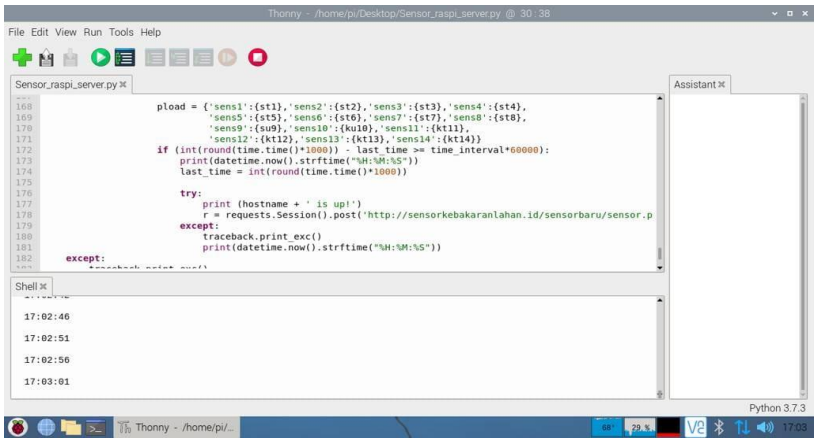
Gambar 11. Penambahan modul sistem komunikasi nirkabel master

3.2. Pembuatan kode perangkat lunak tertanam

Algoritma yang ditanamkan pada sistem sensor, yang ditunjukkan pada Gambar 12 merupakan penambahan dari algoritma sistem sensor secara umum, sehingga kinerja sistem sensor tidak terganggu. Kode program ditulis dengan menggunakan Arduino IDE sesuai dengan aliran program yang terdapat pada Gambar 8. Data 14 sensor dibagi menjadi 2 buah pengiriman data karena ada Batasan 32 byte yaitu pengiriman pertama untuk data 7 buah data sensor dan pengiriman kedua untuk 7 buah data sensor yang berikutnya. Kemudian waktu jeda setiap pengambilan data ditentukan selama 2 menit.

Gambar 12. Kode program modul komunikasi nirkabel *slave*

Kemudian untuk algoritma yang ditanamkan pada perangkat IoT merupakan penambahan dari algoritma umum untuk sistem IoT. Kode program ditulis dengan menggunakan Bahasa Python sesuai dengan aliran program yang terdapat pada Gambar 9, ditunjukkan pada Gambar 13.

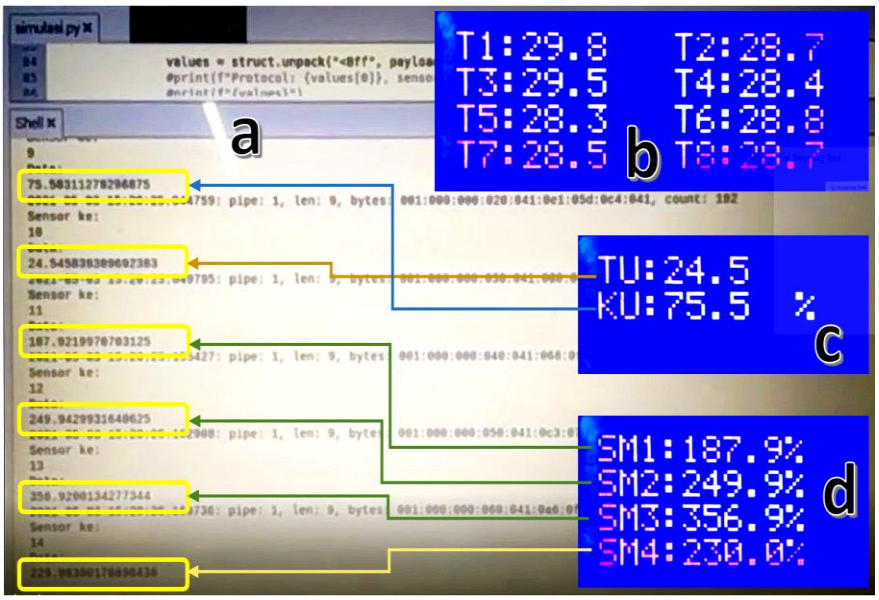


Gambar 13. Kode program modul komunikasi nirkabel *master*

3.3 Pengujian performa sistem komunikasi

Setelah setiap program ditanamkan pada sistem sensor dan perangkat IoT, maka performa program diuji dengan dua buah cara, yang pertama adalah sistem komunikasi *master* dan *slave* dapat berkomunikasi dan terdapat data yang disampaikan antara keduanya, kemudian pengujian yang kedua adalah stabilitas komunikasi antara sistem sensor dan perangkat IoT dijalankan secara terus-menerus selama 3 jam, dimana data selama waktu tersebut bisa dikirim dengan baik. Untuk pengujian performa uji yang pertama didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.

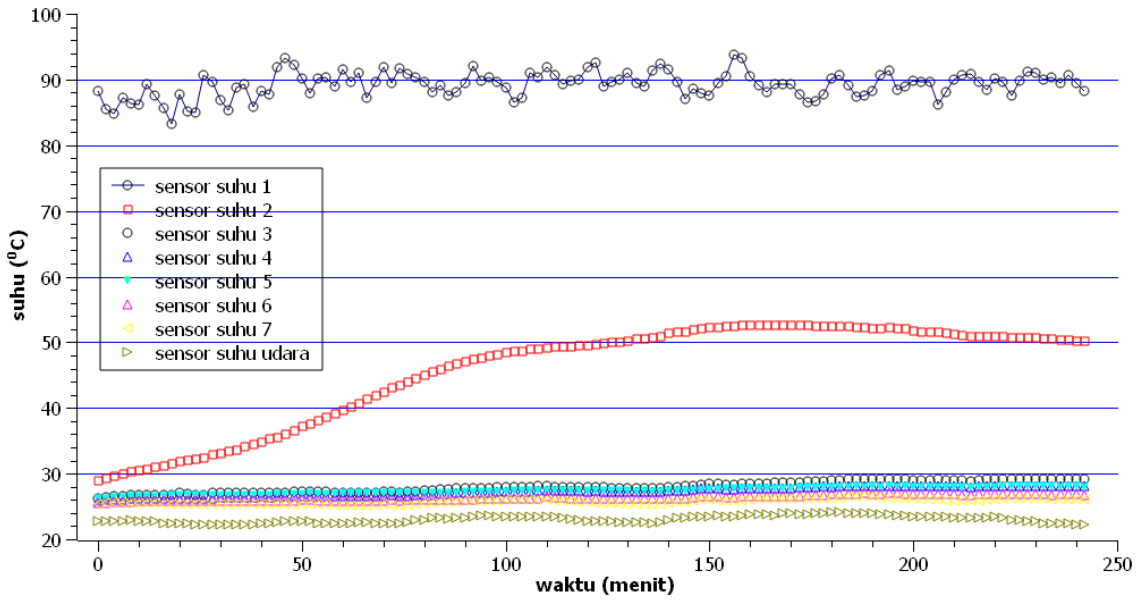
© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat



Keterangan :

a. tampilan monitor data transmisi 9-14 data nilai kelembapan tanah gambut dan suhu udara di perangkat IoT
b. tampilan data pengukuran 8 titik suhu di LCD sistem sensor
c. tampilan data pengukuran kadar air tanah gambut dan suhu permukaan gambut di LCD sistem sensor
d. tampilan data pengukuran 4 titik kelembaban tanah gambut di LCD sistem

Gambar 14. Hasil uji koneksi sistem nirkabel master dan slave



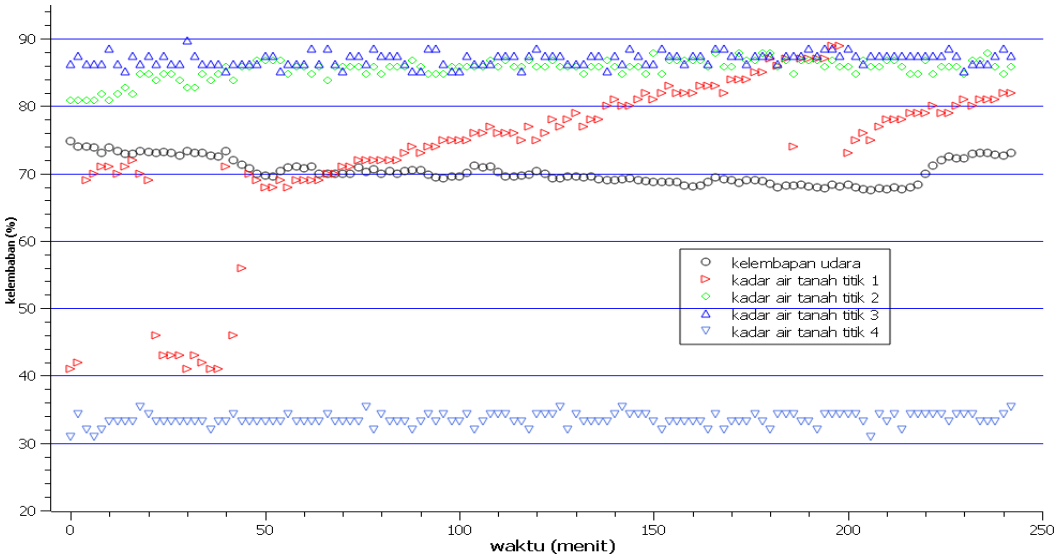
Gambar 15. Hasil uji stabilitas komunikasi sistem nirkabel master dan slave data luaran sensor suhu

Gambar 14 menunjukkan bahwa nilai data yang terbaca pada *shell* Raspberri Pi telah terkirim dengan baik, yaitu 14 data luaran sensor. Untuk 8 nilai luaran sensor suhu tidak ditunjukkan jelas karena layar monitor bergerak ke atas dengan cepat untuk menampilkan luaran sensor 9-14 pada layar monitor, akan tetapi data tersebut disimpan dalam media penyimpanan dalam microSD. Data luaran sensor 9-14 ditunjukkan sama nilainya antara tampilan di LCD sistem sensor dan perangkat IoT. Sehingga hasil ujinya menyatakan performa koneksi sistem nirkabel dapat berjalan dengan baik.

Pada Gambar 15 luaran data sensor suhu 1-8 selama 3 jam yang ditransmisikan secara nirkabel dan semua data tersebut dengan baik diterima oleh perangkat IoT. Begitu juga untuk luaran data untuk transmisi yang kedua dari kelembapan udara dan kadar air tanah yang digambarkan pada Gambar 16, semua data

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

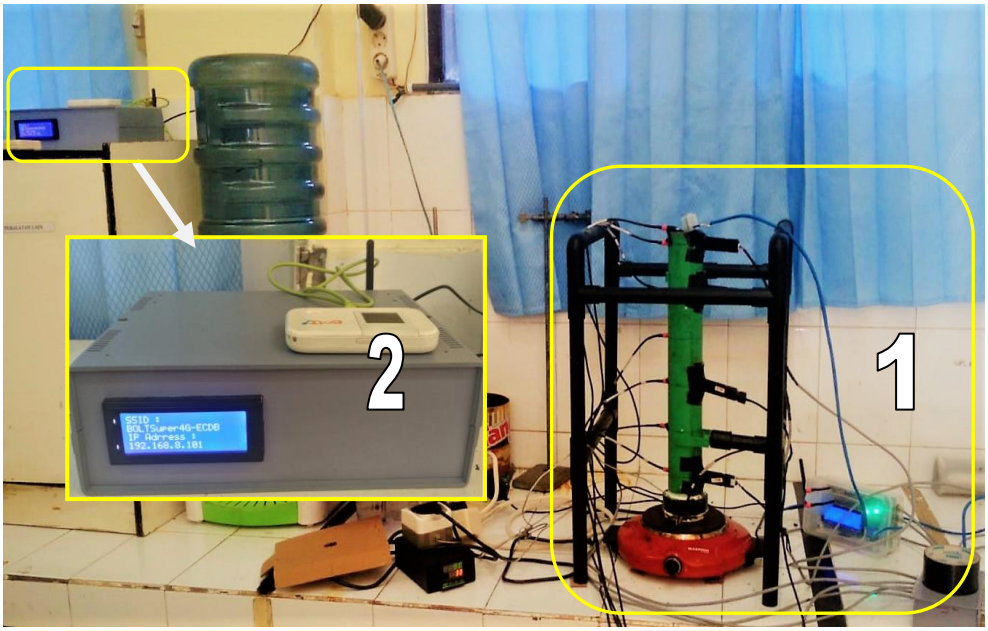
terkirim dengan baik dengan media nirkabel. Sehingga stabilitas pengiriman data nirkabel untuk semua data berjalan dengan baik dan stabil selama 3 jam.



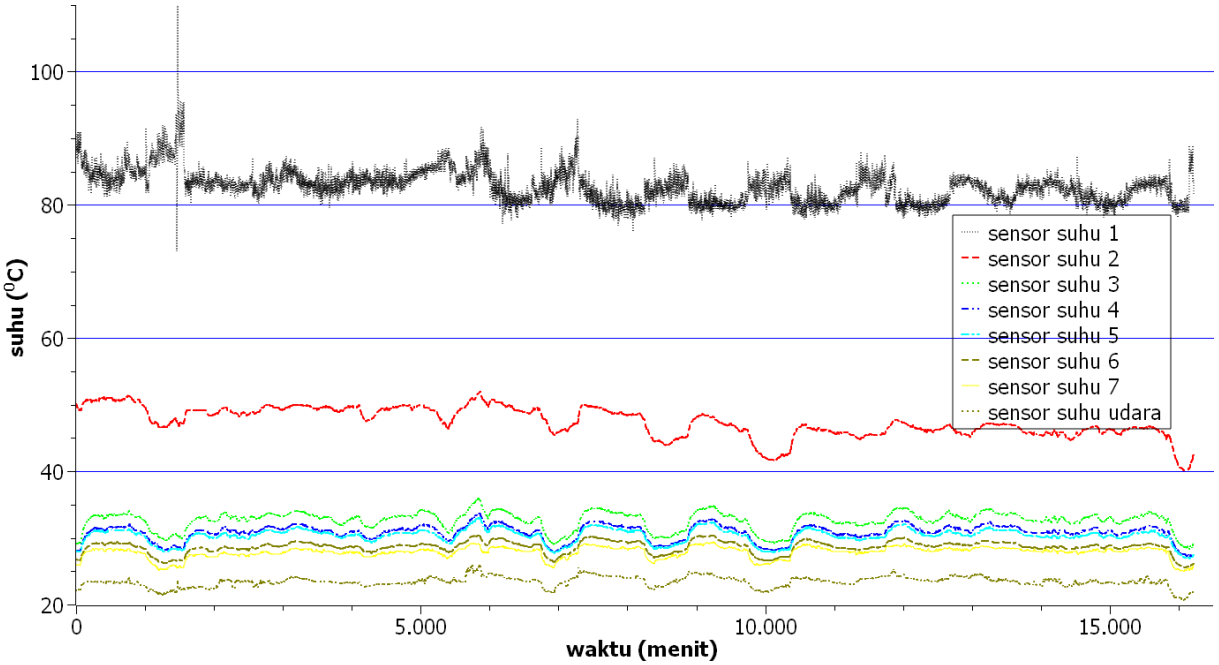
Gambar 16. Hasil uji stabilitas komunikasi sistem nirkabel master dan slave data sensor kelembaban udara dan kadar air tanah

3.4 Pengiriman data pengukuran parameter gambut

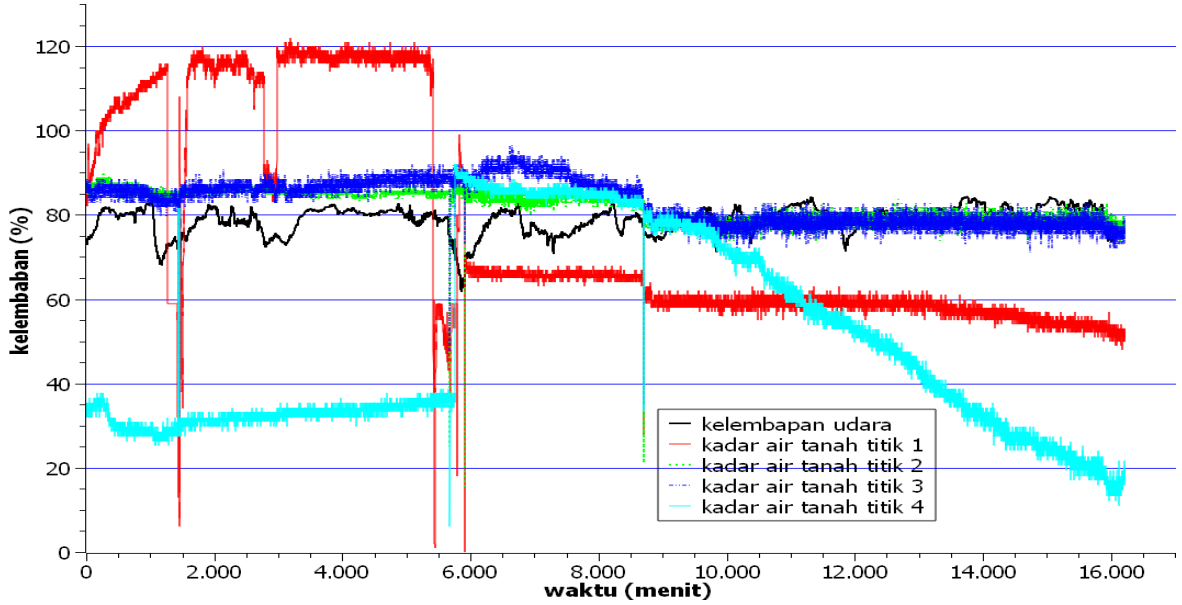
Tahapan yang dilakukan untuk mengintegrasikan sistem komunikasi nirkabel dalam sistem pengukuran parameter gambut sebagai usaha mitigasi kebakaran hutan gambut dapat dilakukan. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengukur parameter tanah gambut di dalam laboratorium. Untuk itu dalam tahap ini sistem sensor mengukur data parameter mitigasi gambut dan selanjutnya data dikirim melalui sistem komunikasi nirkabel pada perangkat IoT dalam waktu tertentu. Gambaran realisasi penempatan sistem sensor pada nomor 1 dan perangkat IoT pada nomor 2 ditunjukkan pada Gambar 17 dan luarannya ditunjukkan pada Gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 17. Pengiriman data melalui sistem komunikasi nirkabel



Gambar 18. Data suhu yang dikirim dan diterima melalui sistem komunikasi nirkabel



Gambar 19. Data kelembaban udara dan empat titik kadar air yang dikirim dan diterima melalui sistem komunikasi nirkabel

Gambar 18 dan Gambar 19 menunjukkan jumlah data yang dikirimkan dari sistem sensor lebih dari 16.000 data, oleh sistem komunikasi nirkabel dan diterima oleh perangkat IoT. Data-data tersebut semua dapat terbaca dengan benar dalam perangkat IoT meskipun dalam Gambar 19 tergambar beberapa titik yang berubah secara simultan yaitu pada nilai kelembaban tanah pada titik 1 dan 4 yang menunjukkan sensornya terdapat permasalahan, akan tetapi semua datanya dapat diterima oleh perangkat IoT dengan baik. Sehingga dapat disimpulkan sistem komunikasi nirkabel yang ditanamkan di sistem sensor dan perangkat IoT bekerja dengan baik.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

4. SIMPULAN

Sistem komunikasi data nirkabel mikrokontroler dengan raspberry pi dibuat untuk menghubungkan sistem sensor dengan perangkat IoT. Sistem ini disusun dari dua buah modul nRF24l01 yaitu modul slave dan modul master. Keduanya berkomunikasi dengan protokol paket data *enhanced shockburst* nRF2401, dimana batas aliran data 32 byte untuk sekali pengiriman data. Performa sistem komunikasi nirkabel diuji berdasarkan koneksi dan hasilnya komunikasi dapat berjalan dengan baik, kemudian stabilitas pengiriman data nirkabel untuk pengiriman data berjalan dengan baik dan stabil selama tiga jam. Modul slave yang diintegrasikan pada sistem sensor mampu mengirimkan delapan titik data temperatur tanah, empat titik data kadar air tanah, data temperatur udara dan kelembapan udara, dengan dua kali proses pengiriman paket data dan keduanya diterima dengan baik oleh modul master yang telah terintegrasi dengan perangkat IoT untuk dapat diolah lebih lanjut dalam upaya mitigasi kebakaran lahan gambut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor ULM yang telah mengalokasikan dana untuk pelaksanaan penelitian PDWM 2021 dan jajaran personalia di Laboratorium FMIPA yang membantu dalam proses penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

Adinugroho, W. C., Suryadiputra, I. N. N., Saharjo, B. H., & Siboro, L. (2004). *Panduan Pengendalian Hutan dan Lahan Gambut* (I; B. H. Saharjo, ed.). Bogor: Wetlands International. Diakses dari https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=Ji2R4TMX4R4C&oi=fnd&pg=PR1&dq=Pengendalian+Hutan+dan+Lahan+Gambut.+Bogor.+Wetlands+international.&ots=hMZfmOqis&sig=Lk9a6gFA05VxxnOcLVbcWuQaCWw&redir_esc=y#v=onepage&q=Pengendalian Hutan dan Lahan Gambut. Bog.

BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional). (2019). *Atasi Karhutla, BPPT Terapkan TMC dan SMOKIES*. Diakses dari https://www.bppt.go.id/berita-bppt/atasi-karhutla-bppt-terapkan-tmc-dan-smokies.

Farid, F., Peslinof, M., Fendriani, Y., Samsidar, Handayani, L., Rustan, & Afrianto, M. F. (2020). Perancangan Alat Ukur Multi Sensor Yang Terintegrasi Untuk Pengukuran Karakteristik Tanah Gambut. *JoP*, *6*(1), 24–31.

Harnawan, A. A., & Mazdadi, M. I. (2020). *Karakterisasi Konduksi Panas Tanah Gambut Sebagai Upaya Mitigasi Kebakaran Lahan*. Banjarmasin: LPPM Universitas Lambung Mangkurat.

Harnawan, A. A., Mulyana, N. S., Ridwan, I., & Mazdadi, M. I. (2021). Rancang bangun sistem multisensor pengukur kelembaban tanah gambut berdasar variasi kedalaman sebagai upaya mitigasi kebakaran lahan. *Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, *6*(April). Banjarmasin: Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah.

Harnawan, A. A., Nasution, H. R., Ramdani, A. S., & Wijanarko, A. (2015). Rancang Bangun Sistem Sensor Perekam Kelembaban Dan Suhu Bawah dan Permukaan Tanah Dalam Upaya Pencegahan Dini Kebakaran Lahan Gambut. *Seminar Nasional Fisika*. Lombok – NTB.

Kharisma, M., Sugriwan, I., & Harnawan, A. A. (2019). Pembuatan Alat Ukur Multi Kanal Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Fisika FLUX*, *Edisi Khus*(1).

Lastminuteengineers.com. (2021). How nRF24L01+ Wireless Module Works & Interface with Arduino. Diakses dari How nRF24L01+ Wireless Module Works & Interface with Arduino website: https://lastminuteengineers.com/nrf24l01-arduino-wireless-communication/

Mariati, Harnawan, A. A., Elviana, E., & Rohani, S. (2014). Prototipe Multiprobe Untuk Pemantau Kebakaran Bawah Permukaan Lahan Gambut. *Seminar Nasional Fisika*. Serpong: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Pusat Penelitian Fisika.

Nasution, H. R., Fahrudin, A. E., & Harnawan, A. A. (2016). Prototipe sistem jaringan sensor untuk monitoring suhu-kelembaban permukaan dan bawah lahan gambut berbasis database. *Jurnal Fisika FLUX*, *13*(1).

Riya. (2014). Testing an nrf24l01 module with raspberry pi using poor mans (2.4Ghz)wifi scanner. Diakses dari Coastal And Estuarine Processes website: https://www.riyas.org/2014/08/testing-nrf24l01-module-with-raspberry-version-poormans-wifi-scanner.html.

Semicondutor, N. (2008). *Preliminary Product Specification v1.0*. Diakses dari https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/nRF24L01Pluss_Preliminary_Product_Specification_v1_0.pdf.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat