

## RANCANG BANGUN SISTEM MULTISENSOR PENGUKUR KELEMBABAN TANAH GAMBUT BERDASAR VARIASI KEDALAMAN SEBAGAI UPAYA MITIGASI KEBAKARAN LAHAN

Ade Agung Harnawan\*, Noor Syifa Mulyana, Ichsan Ridwan, Muhammad Itqan Mazdadi

Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Kayu Tangi, Banjarmasin, Indonesia, Kotak Pos 219

\*Corresponding author: adeagungharnawan@ulm.ac.id

**Abstrak.** Kebakaran lahan gambut jauh lebih sulit ditangani dibandingkan dengan kebakaran hutan pada umumnya. Hal tersebut disebabkan penyebaran api tidak hanya terjadi pada vegetasi di atas permukaan gambut tapi juga terjadi dalam lapisan tanah gambut. Kelembaban tanah pada lahan gambut merupakan salah satu parameter jumlah air yang terdapat pada tanah gambut, sehingga semakin rendah kelembabannya maka potensi untuk terbakar semakin besar. Oleh karena itu parameter kelembaban tanah perlu diukur secara obyektif, terutama untuk setiap kedalamannya, minimal 0,5 m dari permukaan tanah gambut, terutama digunakan untuk upaya mitigasi kebakaran. Untuk itu diperlukan alat ukur kelembaban lapisan tanah gambut yang berwujud sistem yang terdiri atas 4 buah sensor kelembaban tanah dengan prinsip kapasitan, dimana setiap sensornya akan diletakkan pada tingkat kedalaman tanah gambut yang berbeda dari permukaan, sinyal listrik dari sensor dikondisikan oleh pengondisi sinyal dan proses dalam sistem diatur oleh mikrokontroler Arduino Mega2560. Data hasil pengukuran ditampilkan oleh LCD agar dapat dilihat dengan mudah oleh pemakainya. Luasan pengukuran dari sensor disesuaikan dengan tempat sensor, sehingga tidak seluruh permukaan sensor tersebut digunakan dalam pengukuran. Berdasarkan hasil karakterisasi dan kompensasi luaran sistem, maka kelembaban tanah dapat diukur dari 0% - 100% secara simultan oleh keempat sensornya dengan selisih pengukuran untuk keempat sensor adalah 1,8% – 2,6%. Pada akhirnya sistem diuji untuk mengukur kelembaban sampel tanah gambut yang ditempatkan pada silinder yang dipanaskan pada sisi bawahnya sehingga perubahan kelembaban setiap lapisan tanah gambut terukur dengan baik.

**Kata kunci:** gambut, kelembaban, kedalaman, mitigasi, multisensor

### 1. PENDAHULUAN

Manggala Agni Daops Banjar di Kalimantan Selatan melakukan pemadaman di Jalan Guntung Manggis Ujung, Kelurahan Guntung Manggis, Kota Banjarbaru. Kebakaran yang terjadi pada lahan bergambut ini didominasi semak belukar. Regu pemadam yang terdiri dari anggota Manggala Agni, BKSDA dan TNI menghadapi sedikit kesulitan dalam melakukan pemadaman (Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, 2017). 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, 2004). Untuk menghindari kerugian lebih besar baik yang disebabkan kebakaran atau tindakan untuk memadamkan kebakaran maka perlu dilakukan mitigasi bencana kebakaran.

Untuk melakukan mitigasi, langkah awal yang diperlukan adalah pengukuran parameter kebakaran, salah satunya melakukan studi untuk mengukur kelembaban tanah gambut, kelembaban tanah merupakan jumlah air yang berada dalam tanah yang berguna untuk menjaga peningkatan suhu tanah dari pengaruh eksternal, dalam laboratorium sebelum instrumen tersebut layak diterapkan di lapangan. Nilai kelembaban tanah juga mempunyai pengaruh signifikan dengan tinggi muka air tanah pada kedalaman antara 30 cm dengan 50 cm (Simatupang *et al.*, 2018) terutama untuk menjaga dari bencana kebakaran lahan gambut. Mintari *et al.* (2019) mengukur kelembaban tanah gambut langsung di lapangan, dari hasil yang didapat setiap tinggi muka air menunjukkan variasi nilai kelembaban tanah dilokasi terbakar reratanya 67,06% sedangkan di lokasi tidak terbakar reratanya 82,84%.

Sebelumnya sudah pernah dibuat beberapa alat pendeteksi dini kebakaran hutan lahan gambut dengan prinsip pengukuran kelembaban dan suhu, yaitu prototipe multiprobe untuk pemantau kebakaran bawah permukaan lahan gambut (Mariati *et al.*, 2014). Kemudian disempurnakan oleh Harnawan *et al.*, (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 dikembangkan oleh Nasution *et al.* (2016) dan pada tahun 2019 Kharisma juga mengembangkan alat ukur multi kanal kelembaban tanah. Kemudian perancangan alat ukur untuk



mengukur karakteristik tanah gambut dikembangkan Farid *et al.* (2020). Beberapa alat ukur tersebut cenderung digunakan di lapangan, dan yang digunakan untuk studi lebih lanjut belum ada yang menggunakan sensor kelembaban dengan prinsip kapasitan, karena instrumen pengukur yang digunakan masih menggunakan prinsip gravimetri dan untuk yang di lapangan menggunakan metode gypsum block (Sir *et al.*, 2016)

Studi mitigasi kebakaran hutan gambut yang lebih komprehensif, salah satunya adalah mengetahui karakteristik kelembaban tanah gambut pada kedalaman tertentu dari permukaan dengan pemanasan dari sisi yang paling dalam dari sampel sebagai simulasi kebakaran bawah permukaan dalam waktu tertentu memerlukan sistem multisensor untuk mendapatkan data-data tersebut. Untuk itu dikembangkan sistem multisensor dengan mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut, yaitu: penggunaan sensor kelembaban tanah untuk pengukurannya diutamakan yang terjaga dari pengaruh korosi untuk jangka waktu yang lama, salah satunya adalah *capacitive soil moisture* yang ditunjukkan Gambar 1, sensor yang mampu mengukur tingkat kelembaban tanah dengan penginderaan kapasitif, dimana nilai kapasitansi dirubah menjadi tegangan dari 0,0 – 3,0 VDC yang sebanding dengan kelembaban tanah (Robu.in, 2020). Untuk menjaga beda tegangan antara sensor dengan ADC pada modul mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang mempunyai 16 input analog (arduino.cc, 2020), maka digunakan pengikut tegangan untuk menyamakan impedansi keduanya.

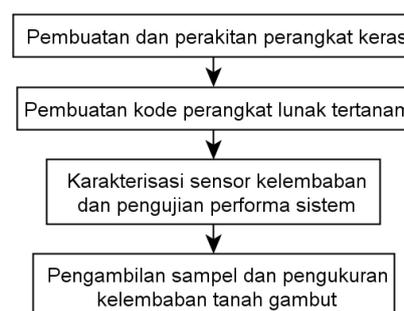


Gambar 1. Sensor kelembaban tanah dengan prinsip kapasitan (Robu.in, 2020)

Artikel ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan dan pembuatan sistem multisensor pengukur kelembaban tanah gambut yang digunakan sebagai alat bantu dalam studi mitigasi kebakaran lahan. Bagian yang paling penting dari suatu alat ukur adalah karakterisasi pengukurannya yang dibahas dengan jelas. Kemudian diakhiri dengan tampilan hasil pengukuran yang disajikan dalam bentuk grafik runtun waktu.

## 2. METODE

Langkah-langkah yang ditempuh untuk merancang bangun multisensor pengukur kelembaban tanah gambut sebagai upaya mitigasi kebakaran lahan dapat ditunjukkan pada Gambar 2. Pembuatan sistem dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat dan kemudian sampel tanah gambut yang digunakan diambil dari Desa Banua Hanyar Kabupaten Balangan, Kalimantan Selatan.



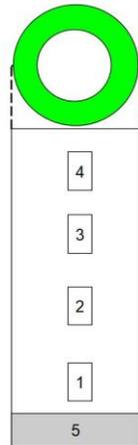
Gambar 2. Metode penelitian

Untuk mengetahui perbedaan kelembaban tanah yang disebabkan pemanasan dibawah permukaan maka dapat disimulasikan menggunakan *chamber* yang ditunjukkan pada Gambar 3 yang diisi oleh sampel tanah gambut, sehingga dapat diukur kelembaban tanahnya berdasarkan jaraknya dari permukaan tanah. Untuk itu didesain sistem pengukuran multisensor yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.

*Chamber* dibuat dengan menggunakan pipa PPR yang dibuat dari bahan thermoplastik *polypropylene random* sehingga dapat menahan panas sampai 120 °C dan dapat melebur pada suhu 260 °C (pipaplastik, 2020).

Berdasarkan data tersebut maka pemanas dapat dihidupkan sampai 100 °C, tanpa membuat *chamber* menjadi rusak karena panas dari pemanas.

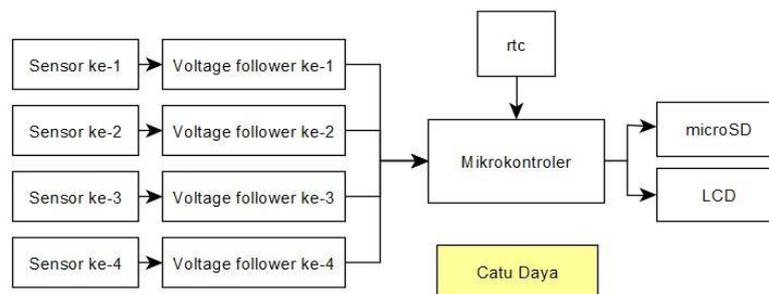
Sistem multisensor yang dibuat terdiri atas 4 buah sensor kelembaban tanah, yang dilengkapi dengan pengondisi sinyal untuk membuat sinyal sensor dapat dibaca dengan akurat oleh ADC dari mikrokontroler Arduino Mega2560. Sensor kelembaban tanah yang digunakan bekerja berdasarkan prinsip kapasitan, dimana luarannya analog tegangan DC dari 0-3 V. Hasil pembacaan nilai ADC keempat sensor dikonversi dan ditampilkan dalam LCD. Informasi waktu yang nyata dibaca mikrokontroler dari modul RTC (*Real Time Clock*) sehingga data pengukuran tiap waktu tertentu dapat disimpan dalam microSD.



Keterangan :

1. Sensor kelembaban tanah ke-1
2. Sensor kelembaban tanah ke-2
3. Sensor kelembaban tanah ke-3
4. Sensor kelembaban tanah ke-4
5. Pemanas

Gambar 3. Desain *chamber*

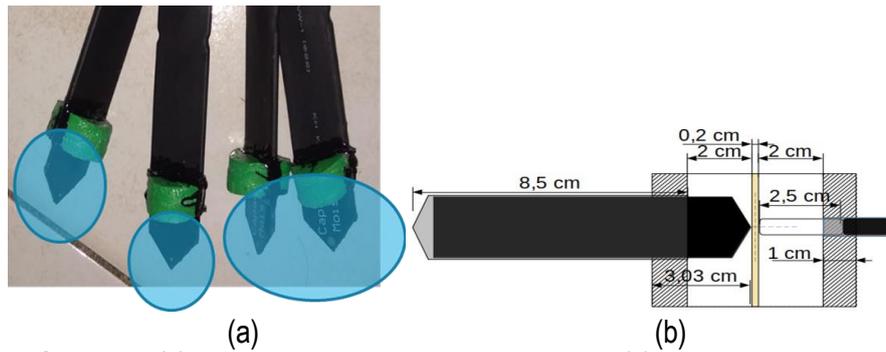


Gambar 4. Rancangan blok sistem multisensor

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pembuatan dan Perakitan Perangkat Keras

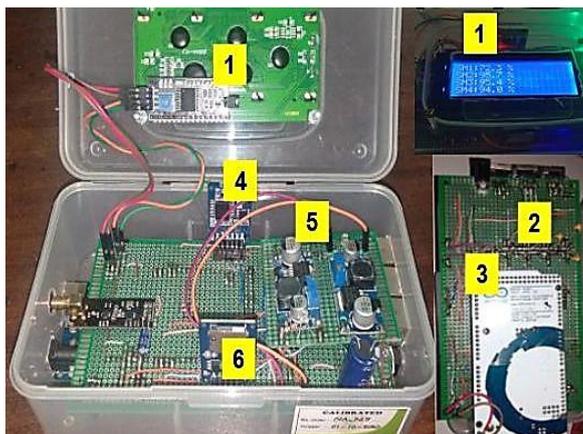
Empat buah sensor kelembaban yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 5(a). Luaran tegangan dari sensor dikondisikan dengan voltage follower sebelum dihubungkan dengan masukan analog modul mikrokontroler Arduino Mega 2560, yaitu pada ADC dengan menggunakan  $V_{ref\ eksternal}$  3,3 V. Untuk keempat sensor batas deteksinya dikurangi, seharusnya 8,5 cm tetapi hanya 2 cm saja dari ujung sensor yang digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah, ditunjukkan pada Gambar 5(b). Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan diameter *chamber* yang ditunjukkan Gambar 3, sehingga diperlukan karakterisasi sensor dalam pembacaan nilai kelembaban. Nilai karakterisasi yang didapatkan akan ditanamkan pada modul mikrokontroler Arduino Mega2560 melalui kode perangkat lunak pada Gambar 7.



Gambar 5. (a) Empat buah sensor kelembaban tanah; (b) ukuran ujung sensor

Sistem multisensor ditunjukkan pada

Gambar 6. Penggunaan LCD 4x20 karakter untuk menampilkan kondisi dalam modul Arduino Mega2560, baik berupa hasil pengukuran, waktu maupun kondisi penyimpanan data dalam microSD. Sumber daya untuk semuanya adalah tegangan DC dari catudaya yang mengkonversi tegangan AC menjadi tegangan DC 12 V, kemudian tegangan tersebut disesuaikan dengan menggunakan penurun tegangan merupakan konverter tegangan DC to DC yang digunakan untuk memberikan daya cukup dengan tegangan 8 V pada modul mikrokontroler Arduino Mega 2560 serta tegangan 3,3 V untuk 4 modul sensor kelembaban yang berbasis kapasitan, Daya dengan tegangan 5 V digunakan oleh modul microSD dan modul RTC yang diambil dari luaran tegangan dalam modul Arduino Mega2560.



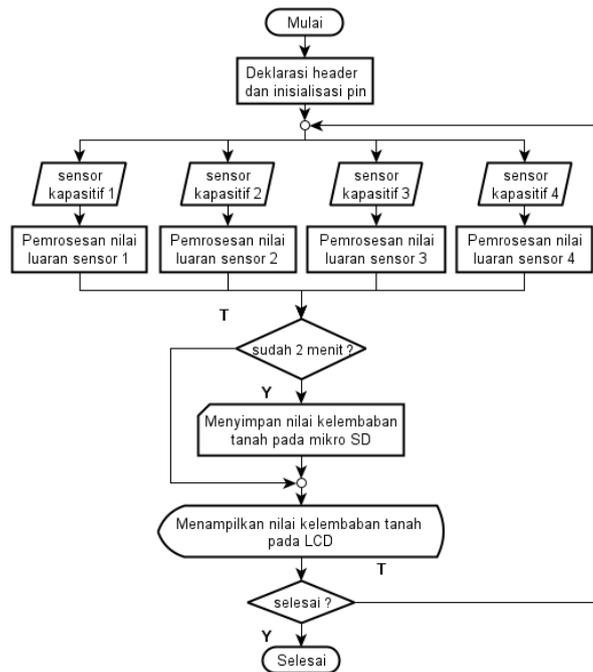
Keterangan :

1. LCD (*Liquid Crystal Display*) tampak depan dan belakang
2. Pengondisi sinyal
3. Modul mikrokontroler Arduino Mega2560
4. Modul RTC (*Real Time Clock*)
5. Penurun tegangan
6. Modul microSD

Gambar 6. Realisasi sistem multisensor

### 3.2. Pembuatan Kode Perangkat Lunak Tertanam

Kode perangkat lunak yang ditanamkan merujuk pada aliran program yang ditunjukkan pada Gambar 7. Dimana alat membaca keempat luaran sensor yang kemudian diproses didalam modul mikrokontroler, kemudian data tersebut disimpan tiap 2 menit sekali di dalam microSD.



Gambar 7. Flowchart sistem multisensor

Data-data tersebut adalah luaran nilaiADC keempat sensor dan konversinya menjadi parameter kelembaban tanah serta waktu pengambilan datanya. Data yang tersimpan berformat text sehingga mudah dibaca oleh berbagai perangkat komputer untuk dianalisis lebih lanjut.

### 3.3. Karakterisasi Sensor Kelembaban dan Pengujian Performa Sistem

Karakterisasi sensor kelembaban merupakan proses untuk membuat luaran sensor mendekati atau sama dengan Soil PH & HumidityTester model DM-5 sebagai acuan. Untuk itu dilakukan serangkaian proses karakterisasi yang terdiri dari pengambilan data kelembaban dan nilaiADC, dilanjutkan dengan membuat model matematis hubungan antara kelembaban tanah terukur dengan nilaiADC dan yang terakhir adalah menentukan nilai kompensasinya.

Proses pengambilan data kelembaban dan nilaiADC ditunjukkan pada Gambar 8, dimana media yang digunakan adalah pasir dengan rongganya yang menyimpan air dalam waktu sementara yang diletakkan pada ember, kemudian Soil PH & HumidityTester model DM-5 dimasukkan pada pasir sedalam 2 cm, dan keempat sensor diletakkan dengan posisi horizontal pada kedalaman yang sama. Rongga plastik diletakkan dengan posisi yang simetris terhadap keempat sensor kelembaban sehingga aliran air mengalir kedalam tanah kurang lebih sama untuk semua tempat menuju dasar ember dengan menggunakan prinsip gravitasi.

Selanjutnya air dengan jumlah 1 L dimasukkan dengan *sprayer* agar jumlahnya merata diseluruh luasan media, jumlah air ini sebanding dengan berat media yang digunakan. Dan kemudian dicatat nilai kelembaban dan nilaiADC dari keempat sensor tersebut. Nilai kelembaban tertinggi pada tanah diukur terlebih dahulu menggunakan keempat sensor dan begitu juga dengan menggunakan instrumen acuan yang menunjukkan nilai 100% dan juga kelembaban pada tanah kering tanpa air yaitu 0% yang terukur dengan instrumen acuan kemudian hasil pengukuran keempat sensor yang berupa nilaiADC dicatat.



Keterangan :

1. Soil PH & Humidity Tester model DM-5
2. 4 sensor kelembaban (2a....2d)
3. Sprayer
4. Tanah
5. Pori-pori tanah dibuat dari plastic berongga

Gambar 8. Pengambilan data kelembaban dan nilaiADC

Hasil dari pengambilan data yang diulang sebanyak 3 kali ditunjukkan dengan reratanya pada

Tabel 1 kemudian dibuat model matematis hubungan antara kelembaban dan nilaiADC menggunakan regresi linier, sehingga didapat untuk keempat sensor pada Pers. 1, 2, 3, dan 4. Dan keempat persamaan tersebut digunakan untuk mengkonversi nilaiADC menjadi nilai kelembaban terukur untuk setiap sensor.

$$\text{Kelembaban}_1 = \frac{(\text{nilaiADC}_1 - 832,826)}{-3,159}; R^2 = 0,994 \quad (1)$$

$$\text{Kelembaban}_2 = \left( \frac{\text{nilaiADC}_2 - 846,902}{-3,373} \right); R^2 = 0,997 \quad (2)$$

$$\text{Kelembaban}_3 = \left( \frac{\text{nilaiADC}_3 - 835,848}{-3,092} \right); R^2 = 0,994 \quad (3)$$

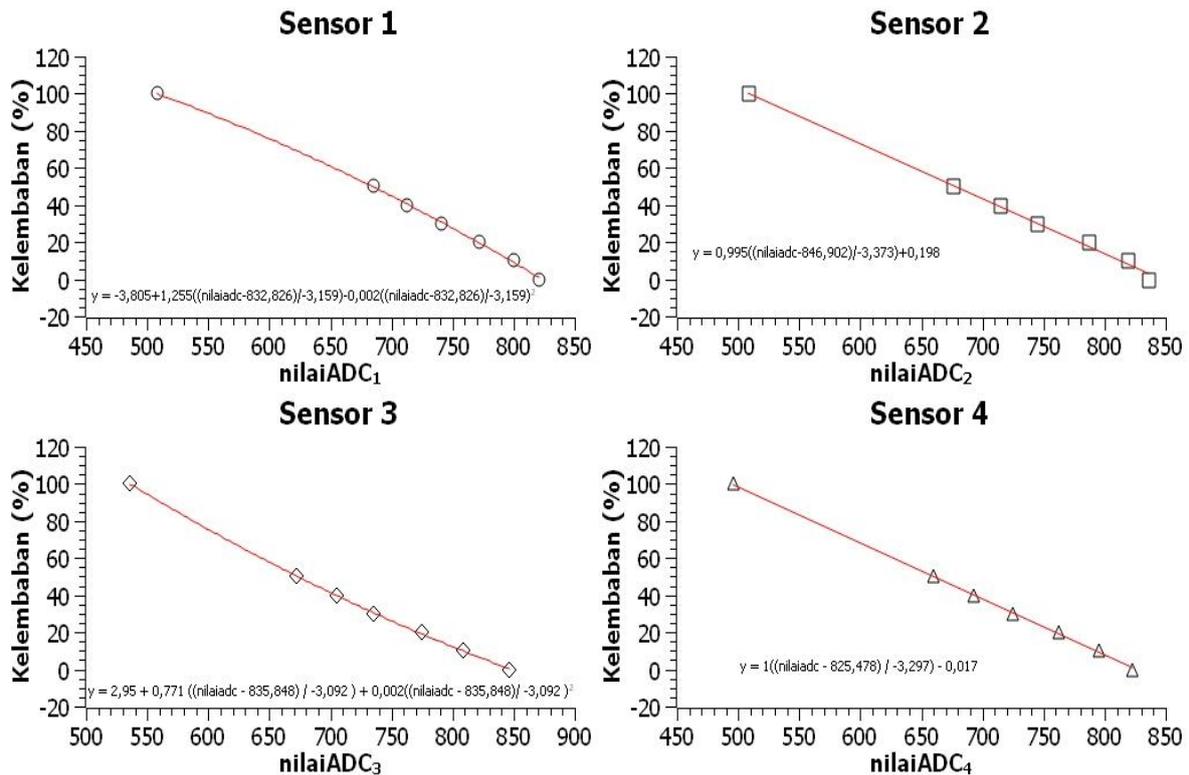
$$\text{Kelembaban}_4 = \left( \frac{\text{nilaiADC}_4 - 825,478}{-3,297} \right); R^2 = 0,994 \quad (4)$$

Berdasarkan nilai standar deviasi selisih setiap pengukuran sensor masih besar pada

Tabel 1 maka perlu dilakukan kompensasi nilai dengan menggunakan pendekatan regresi linier atau polinomial linier untuk luaran terukur keempat sensor dengan sensor acuan. Hasil kompensasi nilai kelembaban ini ditunjukkan dalam Gambar 9. dengan model persamaan karakterisasi dituliskan secara berurutan untuk sensor ke-1 sampai ke-4 pada Persamaan (5), (6), (7), dan (8). Keempat persamaan tersebut dimasukkan dalam kode program tertanam modul mikrokontroler Arduino Mega2560.

Tabel 1. Data karakterisasi dasar sensor kelembaban

Sensor acuan (%)	Sensor 1			Sensor 2			Sensor 3			Sensor 4			
	nilaiADC	Terukur (%)	Selisih (%)										
100,0	508	102,8	2,8	508	100,5	0,5	536	97,0	-3,0	496	99,9	-0,1	
50,0	685	46,8	-3,2	676	50,7	0,7	672	53,0	3,0	660	50,2	0,2	
40,0	713	37,9	-2,1	714	39,4	-0,6	705	42,3	2,3	693	40,2	0,2	
30,0	741	29,1	-0,9	745	30,2	0,2	735	32,6	2,6	725	30,5	0,5	
20,0	772	19,3	-0,7	787	17,8	-2,2	775	19,7	-0,3	762	19,3	-0,7	
10,0	800	10,4	0,4	819	8,3	-1,7	809	8,7	-1,3	795	9,2	-0,8	
0	821	3,7	3,7	836	3,2	3,2	846	-3,3	-3,3	823	0,8	0,8	
<b>Standar deviasi selisih</b>			2,5				1,8				2,7	0,6	



Gambar 9. Karakterisasi 4 sensor kelembaban

$$\text{Kelembaban}_1 = -3,805 + 1,255 \left( \frac{\text{nilaiADC}_1 - 832,826}{-3,159} \right) - 0,002 \left( \frac{\text{nilaiADC}_1 - 832,826}{-3,159} \right)^2 \quad (5)$$

$$; R^2 = 0,999$$

$$\text{Kelembaban}_2 = 0,995 \left( \frac{\text{nilaiADC}_2 - 846,902}{-3,373} \right) + 0,198; R^2 = 0,997 \quad (6)$$

$$\text{Kelembaban}_3 = 2,95 + 0,771 \left( \frac{\text{nilaiADC}_3 - 835,848}{-3,092} \right) + 0,0002 \left( \frac{\text{nilaiADC}_3 - 835,848}{-3,092} \right)^2 \quad (7)$$

$$; R^2 = 0,999$$

$$\text{Kelembaban}_4 = \left( \frac{\text{nilaiADC}_4 - 825,478}{-3,297} \right) - 0,017; R^2 = 0,999 \quad (8)$$

Performa sistem perlu diuji untuk memberikan luaran yang sesuai dengan standar acuan yang digunakan untuk itu dilakukan pengukuran ulang seperti yang ditunjukkan Gambar 8, dimana sistem multisensor telah diberikan kode tertanam luaran sensor dengan Persamaan (5), (6), (7), dan (8). Dan hasil dari pengujian performa yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dan hasil selisihnya dihitung dengan menggunakan standar deviasi yang menunjukkan beda pengukuran untuk keempat sensor adalah 1,8% – 2,6%

Tabel 2. Hasil uji performa sistem pengukuran kelembaban

No	Sensor acuan (%)	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
		Terukur (%)	Selisih (%)						
1	70,0	66,3	-3,7	65,4	-4,6	65,8	-4,2	71,4	1,4
2	64,6	64,7	0,1	63,9	-0,7	64,8	0,2	71,1	6,5
3	63,4	63,7	0,3	62,7	-0,7	64,5	1,1	69,9	6,5
4	62,2	62,5	0,3	61,5	-0,7	63,1	0,9	66,6	4,4
5	61,0	60,5	-0,5	60,6	-0,4	62,1	1,1	64,7	3,7
6	60,0	59,5	-0,5	58,6	-1,4	60,1	0,1	62,9	2,9
7	57,5	57,6	0,1	56,5	-1,0	57,5	0,0	60,2	2,7
8	56,6	53,9	-2,7	55,0	-1,6	54,9	-1,7	58,1	1,5
9	54,9	52,2	-2,7	52,7	-2,2	53,6	-1,3	55,0	0,1
10	50,0	48,8	-1,2	49,7	-0,3	49,4	-0,6	51,1	1,1
11	46,1	46,8	0,7	47,4	1,3	46,6	0,5	45,6	-0,5
12	44,0	43,4	-0,6	45,6	1,6	45,6	1,6	43,2	-0,8
13	41,6	42,7	1,1	41,5	-0,1	42,8	1,2	42,3	0,7
14	40,0	40,9	0,9	39,7	-0,3	41,9	1,9	39,3	-0,7
15	38,7	39,2	0,5	38,8	0,1	40,7	2,0	38,0	-0,7
16	37,0	38,5	1,5	36,7	-0,3	37,9	0,9	36,5	-0,5
17	35,0	36,0	1,0	35,0	0,0	37,0	2,0	33,8	-1,2
18	32,0	34,6	2,6	33,2	1,2	36,4	4,4	32,3	0,3
19	30,0	32,1	2,1	31,1	1,1	31,4	1,4	28,6	-1,4
20	20,0	20,0	0,0	21,1	1,1	23,6	3,6	18,6	-1,4
21	10,0	5,5	-4,5	9,3	-0,7	11,4	1,4	6,5	-3,5
22	0,0	0,5	0,5	6,1	6,1	0,7	0,7	1,0	1,0
<b>Standar deviasi selisih</b>		1,8		1,9		1,8		2,6	

### 3.4. Pengambilan Sampel dan Pengukuran Kelembaban Tanah Gambut

Sampel tanah gambut diambil di Desa Banua Hanyar, Kecamatan Batu Mandi Kabupaten Balangan Kalimantan Selatan pada Bulan Agustus 2020 dapat ditunjukkan pada Gambar 10a dan Gambar 10b. Sampel diambil berdasarkan ketinggian dari permukaan tanah sampai 50 cm. Setiap 10 cm sampel dimasukkan ke dalam tempat awal sampel, setelah itu disimpan dalam kondisi yang dijaga tidak sampai terbalik antara lapisan atas dan bawah. Sebelum diukur kelembaban sampel dalam laboratorium maka sampel dipindahkan secara hati-hati yang dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10c, dan Gambar 10d.

Setelah sampel dimasukkan dalam *chamber* maka 4 sensor kelembaban tanah dipasang pada ketinggian yang berbeda yang ditunjukkan dalam Gambar 11, kemudian pengontrol panas dihidupkan pada suhu 80 °C, dan pengukuran kelembaban dilakukan dimana setiap 2 menit data pengukuran disimpan dalam microSD.

Hasil pengukuran dapat ditunjukkan pada Gambar 12, dimana pengukuran dilakukan selama 1.544 menit. Pengukuran tersebut dicatat ketika pemanas sudah stabil pada suhu 80 °C. Berdasarkan grafik tersebut sensor ke-1 yang berada paling dekat dengan pemanas kelembabannya menurun, begitupun dengan kelembaban tanah pada sensor ke-2 juga menurun meskipun tidak setajam kelembaban tanah pada posisi sensor ke-1, hal ini disebabkan sensor ke-2 berada 24 cm jauhnya dari pemanas. Kelembaban tanah yang terukur pada sensor ke-3 yang berada 40 cm jauhnya dari pemanas kelembabannya tidak berubah, begitu juga kelembaban tanah yang terukur oleh sensor ke-1 yang berada 2 cm dari permukaan sampel dalam *chamber* tidak terlalu berubah meskipun nilainya lebih kecil daripada sensor ke-2, hal ini dapat disebabkan karena kelembaban tanah dikedalaman 2 cm

dipengaruhi oleh kelembaban udara lingkungan. Nilai gradien kemiringan kelembaban tanah yang disebabkan pemanasan akan menjadi perhatian dan dianalisa lebih jauh lagi diluar artikel ini.



Keterangan :

1. Daerah pengambilan sampel
2. Lubang pengambilan data sampel
3. Pembukaan tempat sampel
4. Pemindahan sampel dari tempat sampel awal ke *chamber* pengukuran

Gambar 10. Pengambilan sampel dan penyiapannya sebelum diukur

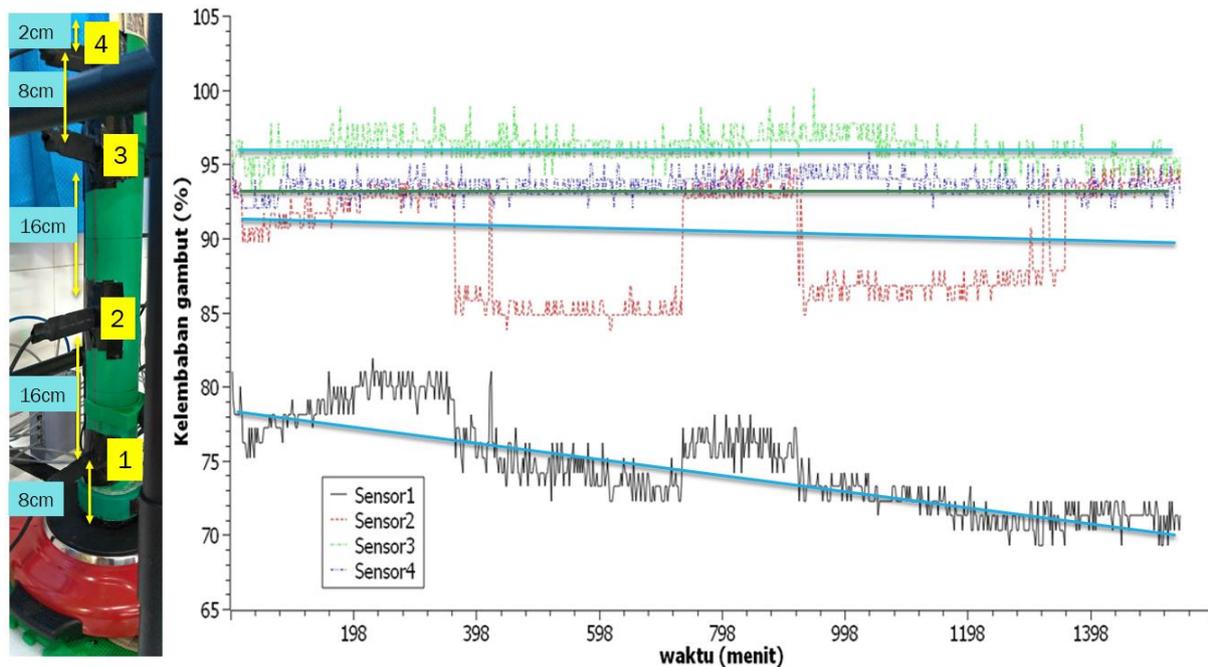


Keterangan :

1. *Chamber* tempat tanah gambut
2. 4 sensor kelembaban (2a....2d)
3. Sensor suhu pemanas
4. Pemanas
5. Pengontrol pemanas
6. Sistem multisensor kelembaban tanah
7. Sensor lingkungan untuk suhu dan kelembaban udara

Gambar 11. Proses pengukuran kelembaban tanah gambut

Berdasarkan pada Gambar 9 sistem multisensor dapat mengukur kelembaban sampel tanah menggunakan 4 buah sensor kelembaban dari 0-100% dan mempunyai model matematis karakterisasi yang dituliskan pada Persamaan (5), (6), (7), dan (8). Pengukuran kelembaban sampel gambut yang mempunyai nilai lebih dari 100% bisa dilakukan akan tetapi belum bisa dipastikan kebenarannya karena karakterisasi sensor dilakukan pada skala dibawah dan sama dengan 100%, sehingga kedepannya metode pengukurannya masih akan dikaji dan diperbaiki untuk sampel tersebut. Meski masih terdapat kelemahan dalam skala pengukurannya akan tetapi sistem ini juga dapat memonitor perubahan kelembaban sampel tanah gambut berdasarkan pada Gambar 12 sebab pemanasan yang disimulasikan sebagai kebakaran bawah permukaan, sehingga sistem ini dapat digunakan untuk studi sampel gambut dalam mitigasi kebakaran lahan.



Gambar 12. Hasil pengukuran kelembaban tanah gambut dalam runtun waktu

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi dan kompensasi luaran sistem, maka kelembaban tanah dapat diukur dari 0% - 100% secara simultan oleh keempat sensor dari sistem multisensor pengukur kelembaban tanah gambut berdasar variasi kedalaman sebagai upaya mitigasi kebakaran lahan, dengan selisih pengukuran dengan alat ukur standar untuk keempat sensor adalah 1,8% – 2,6%. Sistem penyimpanan data kelembaban tanah gambut dari sistem dapat bekerja dengan baik dan dapat menyimpan data hasil pengukuran setiap 2 menit pada microSD yang selanjutnya dapat diolah lebih lanjut.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor ULM yang telah mengalokasikan dana untuk pelaksanaan penelitian, jajaran personalia di Laboratorium FMIPA dan Yoga Pambudi, mahasiswa yang membantu dalam penelitian.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Arduino.cc. 2020. <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2020.
- Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. (2017). <http://ditjenppi.menlhk.go.id/berita-ppi/2955-pemadaman-di-kalimantan-selatan-oleh-manggala-agni.html>. Diakses pada tanggal 10 November 2020.
- 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., Nasution, H.R., Ramdani A.S., dan 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 Khusus. 1(1):107-111.
- Mariati, Elviyana E., Rohani R., Harnawan A.A. (2014). Prototipe Multiprobe Untuk Pemantau Kebakaran Bawah Permukaan Lahan Gambut. *Seminar Nasional Fisika 2014*, Serpong, 4 November 2014.

- Mintari, Astiani D., Manurung T. F. (2019). Beberapa Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Gambut Terbakar Dan Tidak Terbakar Di Desa Sungai Besar Kabupaten Ketapang. *Jurnal Hutan Lestari*. 7 (2): 947 – 955.
- 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).
- Pipa plastik. (2020). <https://pipaplastik.com/pipa/pipa-ppr/>. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2020.
- Robu.in. (2020). <https://robu.in/product/capacitive-soil-moisture-sensor-v2-0/>. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2020.
- Simatupang D., Astiani D., Widiastuti T. (2018). Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Beberapa Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Gambut Di Desa Kuala Dua Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(4): 988 – 1008.
- Sir T., Udiana I., Sari U. (2016). Perbandingan Pengukuran Kadar Air Tanah Lempung Menggunakan Metode Gravimetry Dan Metode Gypsum Block Berdasarkan Variasi Kedalaman. *Jurnal Teknik Sipil*. 5(2): 213-226.

