

SISTEM *MONITORING* DAN PERINGATAN DINI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN GAMBUT BERBASIS ARDUINO DENGAN ANTARMUKA *WEBSITE* DAN *SHORT MESSAGE SERVICE* (SMS)

^[1]Tito Suhendra Leven, ^[2]Tedy Rismawan, ^[3]Irma Nirmala

^[1] ^[2] ^[3]Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail : ^[1]suhendraleven18@gmail.com ^[2]tedyrismawan@siskom.untan.ac.id

^[3]irma.nirmala@siskom.untan.ac.id

ABSTRAK

Kebakaran hutan dan lahan gambut yang terjadi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir berdampak secara nyata terhadap kondisi lingkungan. Hal tersebut mengakibatkan ribuan hektar hutan dan lahan gambut rusak, terganggunya kelestarian flora, fauna dan munculnya berbagai gangguan kesehatan. Untuk itu diperlukan sebuah alat untuk memantau kebakaran dini hutan dan lahan gambut dengan mengukur suhu, kelembaban, dan asap yang terjadi. Untuk mengukur tingginya suhu dan kelembaban udara, menggunakan sensor DHT11, sedangkan untuk mengukur ada atau tidak ada asap menggunakan sensor MQ7. Sensor asap MQ7 akan membaca data 0 bila tidak mendeteksi asap dan membaca data 1 bila mendeteksi adanya asap. Pengujian alat dilakukan dengan mengukur suhu, kelembaban, dan asap yang hasilnya akan ditampilkan pada antarmuka website dan SMS. Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem monitoring sudah dapat bekerja. Suhu rata-rata yang terdeteksi adalah 31,80°C dan kelembaban rata-rata yang terdeteksi adalah 66,46%. Untuk persentasi perhitungan error pengukuran suhu sebesar ±0,17%, dan untuk persentasi perhitungan error pengukuran kelembaban sebesar ±2,94%.

Kata Kunci : Kebakaran Hutan, DHT11, MQ7, SMS, *Website*.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara keempat yang memiliki lahan gambut terluas di dunia setelah Kanada, Rusia dan Amerika Serikat. Data luas lahan gambut senantiasa berubah setiap tahunnya seiring dengan banyaknya pembukaan lahan gambut oleh oknum-oknum yang tidak bertanggungjawab atau akibat faktor alam. Hasil pemutakhiran data tahun 2011 yang dilakukan oleh Litbang Kementerian Pertanian, luas lahan gambut Indonesia sekitar 14,9 juta hektar. Untuk Kalimantan Barat, berdasarkan data yang diperoleh dari Sekretariat Brigdakar BKSDA provinsi Kalimantan Barat, luas lahan gambut sekitar 2,2 juta hektar.

Kebakaran hutan dan lahan gambut yang terjadi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir berdampak secara nyata terhadap kondisi lingkungan yang mengakibatkan ribuan hektar hutan dan lahan gambut rusak, terganggunya kelestarian flora dan fauna, munculnya berbagai gangguan kesehatan seperti penyakit ISPA, kerugian ekonomi, dan

dampak-dampak lainnya. Hal tersebut dikarenakan kebakaran hutan dan lahan gambut yang terjadi menghasilkan emisi karbon terutama dalam bentuk karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar ke atmosfer sehingga menghasilkan asap yang tebal. Asap adalah hasil pembakaran yang terdiri dari partikel-partikel gas dan uap serta unsur terurai yang dilepas dari suatu bahan yang terbakar. Selain itu, juga mengeluarkan zat-zat beracun seperti nitrogen monoksida, nitrogen dioksida, sulfur, dll.

Untuk mengetahui secara lebih cepat adanya tanda-tanda kebakaran hutan dan lahan gambut maka diperlukan sebuah alat *monitoring* dan peringatan dini kebakaran hutan dan lahan gambut yang dilengkapi dengan beberapa sensor seperti sensor asap dan sensor suhu.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Lahan Gambut

Lahan gambut adalah kawasan yang unsur pembentukannya sebagian besar berupa sisa-sisa bahan organik yang tertimbun dalam waktu lama (sumber : Keputusan Presiden NO. 32 Tahun 1990 tentang : Pengelolaan Kawasan Lindung). Kata gambut berasal dari kosa kata bahasa Suku Melayu Banjar yang tinggal di Kalimantan Selatan. Kebakaran hutan dan lahan gambut yang terjadi di Indonesia mengakibatkan ribuan hektar hutan dan lahan gambut rusak, terganggunya kelestarian flora dan fauna, munculnya berbagai gangguan kesehatan seperti penyakit ISPA. Dampak dari kebakaran lahan gambut lebih berbahaya bila dibandingkan dengan kebakaran pada lahan kering (tanah mineral), hal ini disebabkan karena selain terbakarnya vegetasi di permukaan, lapisan serasah dan gambut juga ikut terbakar. Asap kebakaran hutan dan lahan gambut secara umum mengandung gas CO, CO₂, H₂O, jelaga, debu (partikel) ditambah dengan unsur yang telah ada di udara seperti N₂, O₂, CO₂, H₂O, dan lain-lain [1].

2.2 Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, *hardware*-nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Tegangan yang dianjurkan untuk sebagian besar keluarga arduino adalah antara 7 Volt sampai dengan 12 Volt. Arduino Uno memiliki *memory* penyimpanan sebesar 32kb, 14 digital pin *input/output*, koneksi USB, jack listrik, dan tombol reset. Koneksi USB selain digunakan sebagai jalur listrik untuk mengaktifkan papan, juga digunakan untuk meng-*upload* kode dari komputer ke papan Arduino [2].



Gambar 1 Arduino Uno

2.3 Arduino Mega

Arduino mega merupakan salah satu jenis arduino yang sering digunakan dalam pem-

butan beberapa proyek atau rangkaian yang pengolahan datanya menggunakan mikro-kontroler arduino. Arduino mega memiliki memori penyimpanan yang lebih besar dari arduino uno yaitu sebesar 256kb, 54 digital pin *input/output* digital yang mana 16 pin digunakan sebagai PWM keluaran, 16 pin masukan analog, dan didalamnya terdapat 16 MHZ osilator kristal, 4 UART (*hardware* port serial), koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. [3].



Gambar 2 Arduino Mega

2.4 Ethernet Shield

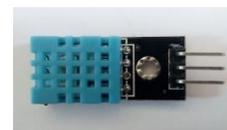
Ethernet shield adalah sebuah alat yang menambah kemampuan arduino *board* agar terhubung ke jaringan komputer. Ethernet shield berbasiskan cip ethernet Wiznet W5100. Ethernet *library* digunakan dalam menulis program agar arduino *board* dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan arduino ethernet shield. [2].



Gambar 3 Ethernet Shield

2.5 Sensor DHT11

Sensor DHT11 merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor ini sangat mudah digunakan bersama dengan arduino. DHT11 termasuk sensor yang memiliki harga terjangkau, respon pembacaan data yang cepat tingkat stabilitas yang sangat baik. Ukurannya yang kecil, dan dengan transmisi sinyal hingga 20 meter [5].



Gambar 4 Sensor DHT11

2.6 Sensor MQ7

Sensor asap MQ-7 merupakan sebuah modul sensor yang bereaksi terhadap kadar gas karbon monoksida yang terdapat dalam udara. Modul ini memiliki keluaran data analog serta desain *hardware* minimalis yang ditujukan untuk memudahkan proses penggunaan sensor MQ-7. Modul ini dapat diaplikasikan sebagai alarm peringatan dini, ataupun gas detector untuk membantu proses industri yang melibatkan gas karbon monoksida [6].



Gambar 5 Sensor MQ7

2.7 Modem GSM/GPRS SIM800L

SIM800L adalah sebuah modem (modulator/demodulator) GSM/GPRS yang merupakan suatu modul GSM yang dapat mengakses GPRS untuk pengiriman data ke internet dengan sistem M2M. Modul GSM/GPRS merupakan produk dari SIMCOM (Shanghai, China. Mendukung kode GPRS CS-1 sampai dengan CS-4, memiliki pin GPIO (General Purpose Input Output), ADC (Analog to Digital Converter) 10 bit, PMW (*Pulse Width Modulation*).



Gambar 6 Modem GSM/GPRS SIM800L

2.8 Solar Cell

Solar cell atau panel surya adalah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengkonversi cahaya sinar matahari menjadi energi listrik, baik secara langsung dengan menggunakan photovoltaic, atau tidak langsung dengan menggunakan tenaga surya terkonsentrasi sehingga menghasilkan tenaga listrik untuk rumah ataupun perusahaan. Solar cell biasanya dikemas dalam sebuah unit

yang disebut modul yang disusun secara seri maupun paralel [7].



Gambar 7 Solar Cell

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 8 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, dimana peneliti mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti dan mengkaji buku-buku serta melakukan observasi yang berkaitan dengan sistem yang akan dirancang. Selain itu, penulis juga mengambil referensi dari penelitian terdahulu, jurnal-jurnal, dan paper sebagai bahan acuan dalam melakukan penelitian. Tahap selanjutnya adalah analisa kebutuhan, dimana analisa kebutuhan dibedakan menjadi dua bagian yakni analisa kebutuhan perangkat keras dimana pada analisa ini dimulai dengan melihat aspek-aspek terkait estimasi biaya, kemudahan penggunaan sistem, ketersediaan alat dipasaran dan lain-lain. Beberapa perangkat utama yang dibutuhkan adalah mikrokontroler arduino uno, arduino mega, ethernet shield, sensor DHT11, sensor MQ7, modem SMS SIM800L, solar cell,. Kemudian analisa perangkat lunak dimana pada analisa ini membutuhkan beberapa perangkat lunak penunjang pemrograman dan

perancangan yang dibutuhkan adalah arduino IDE, aplikasi pemograman *website*, serta *software* untuk membuat rangkaian elektonika.

Selanjutnya, melakukan perancangan sistem secara keseluruhan dengan merancang sistem berdasarkan diagrom blok yang sudah dibuat, mulai dari pembuatan alat, pembuatan program arduino, pembuatan aplikasi antarmuka sebagai sistem *monitoring*. Selanjutnya tahap pengujian, pada tahap ini komponen-kompenen yang diuji antara lain : Solar cell, Sensor DHT11, Sensor MQ7, modem SMS SIM800L, dan *website*, hingga pengujian terhadap program arduino, apakah seluruh komponen dapat bekerja dengan baik seperti yang diinginkan. Tahap penerapan merupakan tahap terakhir setelah dilakukan serangkaian pengujian terhadap alat. Pada tahap ini, alat yang telah bekerja dengan baik akan diterapkan pada sistem *monitoring*. Peralatan pendukung dan sensor diletakkan pada masing-masing tempat yang telah dirancang. Penempatan peralatan dan sensor juga akan diperhatikan, dalam hal ini bertujuan agar alat berjalan sesuai yang diinginkan.

4. PENGUJIAN DAN ANALISA

Proses pengujian sistem dilakukan pada tiap bagian sesuai dengan blok diagram sistem. Hal ini dimaksudkan agar dapat mengetahui apakah sistem yang telah diran-cang berjalan dengan baik atau belum. Pengujian dibagi menjadi tiga bagian yakni pengujian *hardware* (perangkat keras), pengujian *software* (perangkat lunak) dan pengujian sistem keseluruhan.

4.1 Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*).

Pengujian bagian perangkat keras (*hardware*) merupakan pengujian yang dilakukan pada rangkaian-rangkaian yang telah didesain dan dibuat untuk diuji kinerjanya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja dengan baik atau tidak serta menganalisa data-data pengujian tersebut. Berikut perangkat keras yang akan di uji pada sistem parkir otomatis.

4.1.1 Pengujian Catu Daya

Pengujian catu daya bertujuan untuk melihat apakah solar cell dapat menghasilkan tegangan untuk memberikan daya kepada alat.

Hasil pengukuran tegangan solar cell dapat dilihat pada multimeter. Tabel 1 merupakan tabel hasil pengukuran tegangan dari pengujian solar cell.

Tabel 1 Pengujian Solar Cell

NO	WAKT U	TEGANGAN	CUACA	KETERANGAN
1	09:32	2 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tertutup
2	09:34	9 volt	Cerah	Tidak seluruh permukaan solar cell tertutup
3	09:36	10,5 volt	Cerah	Setengah permukaan solar cell tertutup
4	09:37	16 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
5	09:56	16,5 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
6	10:00	16,5 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
7	13:10	16 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
8	13:17	15,5 volt	Mendung	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
9	13:20	15 volt	Mendung	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
10	13:30	14 volt	Hujan	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
11	14:00	15,5 volt	Mendung	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
12	14:03	16 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
13	14:05	16,5 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
14	14:15	16 volt	Cerah	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
15	15:20	15 volt	Mendung	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
16	15:30	13 volt	Mendung	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
17	15:35	12,5 volt	Mendung	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
18	15:40	12 volt	Hujan	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
19	15:45	11,5 volt	Hujan	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup

20	15:50	11,5 volt	Hujan	Seluruh permukaan solar cell tidak tertutup
----	-------	-----------	-------	---

4.1.2 Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban
Pengujian sensor suhu dan kelembaban dilakukan dengan tujuan untuk melihat kinerja dari sensor dalam mengukur tingginya suhu dan kelembaban. Pengujian dilakukan sebanyak 7 kali selama satu hari dengan melakukan pengamatan setiap perubahan nilai suhu dan kelembaban antara sensor DHT11 dengan Hygro-Thermometer setiap 1 menit. Dan didapat nilai rata-rata dari pengujian suhu dan kelembaban antara sensor DHT11 dan Hygro-Thermometer.

Tabel 2 Nilai rata-rata dari pengujian suhu dan kelembaban sebelum dikalibrasi

SUHU		KELEMBABAN	
DHT11	HT	DHT11	HT
32,03	31,50	79,32	69,50

Dari nilai rata-rata yang didapat, dilakukan perhitungan % error untuk melihat apakah sensor harus dikalibrasi atau tidak dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ nilai error} = (A - B) / A * 100\%$$

% nilai error = nilai persentase kesalahan pengukuran

A = nilai rata-rata dari hasil pengukuran Hygro Thermometer

B = nilai rata-rata dari hasil pengukuran sensor DHT11

Pengukuran % nilai error suhu :

$$\% \text{ nilai error} = (A - B) / A * 100\%$$

$$\% \text{ nilai error} = (31,50 - 32,03) / 31,50 * 100\% = 1,68\%$$

Setelah dilakukan perhitungan % nilai error seperti yang telah dilakukan di atas, % nilai error pengukuran suhu dari sensor berada pada nilai $\pm 1,68\%$.

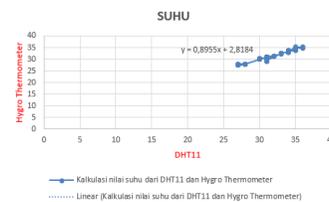
Pengukuran % nilai error kelembaban :

$$\% \text{ nilai error} = (A - B) / A * 100\%$$

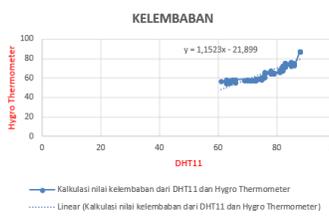
$$\% \text{ nilai error} = (69,50 - 79,32) / 69,50 * 100\% = 14,13\%$$

Setelah dilakukan perhitungan % nilai error seperti yang telah dilakukan di atas, % nilai error pengukuran kelembaban dari sensor berada pada nilai $\pm 14,13\%$.

Dengan melihat besarnya % nilai error pada hasil pengukuran suhu dan kelembaban setelah dilakukan pengujian, maka dilakukan kalibrasi pada sensor DHT11 terhadap alat ukur Hygro Thermometer dengan cara mengkalkulasikan data pengujian yang telah diperoleh menggunakan *microsoft excel* berdasarkan perhitungan regresi linier hingga mendapatkan persamaan untuk melakukan kalibrasi pada sensor DHT11.



Gambar 9 Grafik kalkulasi dan persamaan dari nilai suhu



Gambar 10 Grafik kalkulasi dan persamaan dari nilai kelembaban

Dari perhitungan tersebut diperoleh persamaan $y = 0,8955x + 2,8184$ yang digunakan untuk mengkalibrasi nilai suhu dan $y = 1,1523x - 21,899$ yang digunakan untuk mengkalibrasi nilai kelembaban pada sensor DHT11.

Setelah dilakukan kalibrasi pada alat, kemudian dilakukan kembali pengujian dengan mengukur suhu dan kelembaban dan didapatkan nilai rata-rata suhu dan kelembaban antara DHT11 dan Hygro-Thermometer.

Tabel 3 Nilai rata-rata dari pengujian suhu dan kelembaban setelah dikalibrasi

SUHU		KELEMBABAN	
DHT11	HT	DHT11	HT
31,80	31,74	66,46	68,47

Dari nilai rata-rata yang didapat, dilakukan perhitungan % error untuk melihat apakah sensor harus dikalibrasi atau tidak dengan rumus sebagai berikut :

% nilai *error* = $(A - B) / A * 100\%$
 % nilai *error* = nilai persenstase kesalahan pengukuran
 A = nilai rata-rata dari hasil pengukuran Hygro Thermometer
 B = nilai rata-rata dari hasil pengukuran sensor DHT11

Pengukuran % nilai *error* suhu :
 % nilai *error* = $(A - B) / A * 100\%$
 % nilai *error* = $(31,74 - 31,80) / 31,74 * 100\%$
 = 0,17%

Setelah dilakukan perhitungan % nilai *error* seperti yang telah dilakukan di atas, % nilai *error* pengukuran suhu dari sensor berada pada nilai $\pm 0,17\%$.

Pengukuran % nilai *error* kelembaban :
 % nilai *error* = $(A - B) / A * 100\%$
 % nilai *error* = $(68,47 - 66,46) / 68,47 * 100\%$
 = 2,94%

Setelah dilakukan perhitungan % nilai *error* seperti yang telah dilakukan di atas, % nilai *error* pengukuran kelembaban dari sensor berada pada nilai $\pm 2,94\%$.

4.1.3 Pengujian Sensor Asap

Pengujian sensor asap bertujuan untuk melihat kinerja dari sensor asap dalam mendeteksi ada atau tidak ada asap. Pengujian dilakukan dengan melihat pengamatan data yang masuk petugas melalui SMS dan data yang masuk ke *server* melalui *serial monitor*.



Gambar 11 Hasil pemberitahuan dari *client* ke petugas melalui SMS



Gambar 12 Tampilan pada *serial monitor server* saat asap terdeteksi

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Asap yang Dikirim dari *Client* ke Petugas

NO	WAKTU	SUHU	KELEMBABAN	ASAP
1	10.14	37°C	53%	Asap Terdeteksi
2	10.15	38°C	54%	Asap Terdeteksi
3	11.16	38°C	55%	Asap Terdeteksi
4	11.18	52°C	36%	Asap Terdeteksi
5	11.34	49°C	17%	Asap Terdeteksi

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Asap yang Dikirim dari *Client* ke *Database*

NO	WAKTU	SUHU	KELEMBABAN	ASAP
1	10.15	37°C	54%	Y
2	10.15	38°C	54%	Y
3	11.16	38°C	55%	Y
4	11.19	52°C	35%	Y
5	11.35	49°C	17%	Y

4.1.4 Modem SMS

Pengujian modem SMS dilakukan dengan tujuan untuk melihat kinerja dari modem SMS dalam mengirimkan data dari *client* ke *server*, *server* menerima data dari *client*, dan *client* mengirimkan data kepada petugas.



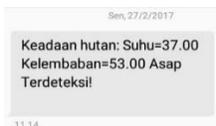
Gambar 13 Tampilan pada *serial monitor client* saat mengirimkan data



Gambar 14 Tampilan pada *serial monitor server* saat menerima data

Pengiriman data dari *client* ke *server* berupa nomor handphone pengirim data, tanggal pengiriman data, waktu pengiriman data, data suhu, kelembaban, dan asap. Untuk data suhu

yang masuk sebesar 35°C, kelembaban 52%, dan asap 0 yang berarti tidak ada asap terdeteksi. Setiap data yang masuk ke *server* memiliki indeks 1. Setelah data yang dikirim dari *client* tersebut masuk ke *database*, maka data tersebut akan di hapus karena modem SMS SIM800L hanya akan membaca data yang memiliki indeks 1 yang merupakan data terbaru.



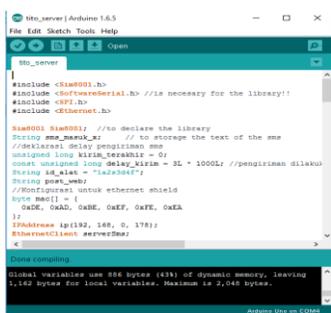
Gambar 15 SMS yang masuk dari *client* ke petugas

4.2 Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

Pengujian bagian perangkat lunak (*software*) merupakan pengujian yang dilakukan pada aplikasi yang telah didesain dan dibuat untuk diuji kinerjanya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi dapat bekerja dengan baik atau tidak. Terdapat dua bagian pengujian perangkat lunak (*software*) yakni pengujian perangkat lunak arduino dan pengujian perangkat lunak antarmuka (*website*).

4.2.1 Pengujian Perangkat Lunak Arduino

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah secara Aplikasi Program Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang akan di *upload* ke arduino uno dan mega sudah benar. Pengujian ini dilakukan dengan cara *verify/compile* program yang telah dibuat maka akan terlihat seperti pada gambar 19 dan 20.



Gambar 16 *Compiling* program *client*



Gambar 17 *Compiling* program *server*

4.2.2 Pengujian Aplikasi Antarmuka (*Website*)

Halaman *website* ini akan berfungsi sebagai antarmuka sistem penampil informasi berupa tanggal *monitoring* nilai suhu dan kelembaban yang terdeteksi, ada atau tidak ada asap yang terdeteksi, serta grafik suhu dan kelembaban.



Gambar 21 Tampilan *website* saat asap tidak terdeteksi



Gambar 22 Tampilan *website* saat asap terdeteksi

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat setelah proses pengerjaan proyek tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. “Sistem *Monitoring* dan Peringatan Dini Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut Berbasis Arduino dengan Antarmuka *Website* dan *Short Messages Service* (SMS)” yang mengintegrasikan beberapa sensor, modem, ethernet shield dan arduino dengan antarmuka *website* dan *short messages services* (SMS) telah berhasil dibuat. Hasilnya dapat dilihat dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dimana arduino mampu memproses data yang dibaca oleh

beberapa sensor dan mengirim data ke *database* maupun ke petugas.

2. Solar cell sudah dapat bekerja dengan memberikan tegangan rata-rata 11,5 volt sampai 14 volt saat cuaca hujan. 12,5 volt sampai 15,5 volt saat cuaca mendung. 2 volt sampai 16,5 volt saat cuaca cerah dengan kondisi permukaan solar cell seluruhnya tertutup, tidak seluruh permukaan tertutup, setengah permukaan tertutup, seluruh permukaan solar cell tidak tertutup.
3. Sensor asap, suhu, dan kelembaban berhasil diterapkan sebagai alat ukur kondisi asap, suhu, dan kelembaban. Dengan rata-rata pengukuran suhu sebesar 31,80°C, rata-rata pengukuran kelembaban sebesar 66,46%, dan adanya asap yang terdeteksi.
4. Modem SMS berhasil diterapkan sebagai unit untuk mengirimkan data hasil pengukuran sensor ke *server* yang akan ditampilkan pada antarmuka *website* dan ke petugas dengan pemberitahuan via SMS.
5. Berdasarkan hasil pengujian sistem, masih terdapat selisih hasil pengukuran antara sensor DHT11 dengan Hygro-Termometer walaupun tidak terlalu jauh. Hasil pengujian dari sensor DHT11 menunjukkan nilai rata-rata pengukuran suhu sebesar 31,80°C, sedangkan dari Hygro-Termometer menunjukkan nilai rata-rata pengukuran suhu sebesar 31,74°C. Hasil pengujian dari sensor DHT11 menunjukkan nilai rata-rata pengukuran kelembaban sebesar 66,46%, sedangkan dari Hygro-Termometer menunjukkan nilai rata-rata pengukuran kelembaban sebesar 68,47%. Untuk persentasi perhitungan *error* pengukuran suhu $\pm 0,17\%$, dan untuk persentasi perhitungan *error* pengukuran kelembaban $\pm 2,94\%$. Nilai kesalahan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti, suhu yang panas sehingga membuat sensor yang merupakan alat elektronik menjadi kurang maksimal dalam melakukan pengukuran.

6. SARAN

Adapun saran-saran untuk menyempurnakan kerja sistem dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Untuk sistem monitoring dan peringatan dini kebakaran hutan dan lahan yang lebih spesifik dan teliti, dibutuhkan sensor-sensor masukan yang lebih beragam seperti sensor kecepatan angin, sensor api, sensor curah hujan, dan sensor-sensor lain yang dapat mengoptimalkan kerja sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahri, S. (2002). Kajian Penyebaran Kabut Asap Kebakaran Hutan dan Lahan di Wilayah Sumatera Bagian Utara dan Kemungkinan Mengatasinya dengan TMC. *Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, 99-104.
- [2] Mandarani, P. (2014). Perancangan dan Implementasi User Interface Berbasis Web Untuk Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Asap Pada Ruangan Berbeda Dengan Memanfaatkan Jaringan Local Area Network. *TEKNOIF*, 37-42.
- [3] Wahyudi, A., & Agoes, S. (2016). Implementasi Otomatis Mesin Grating Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *TESLA*, 177-187.
- [4] Syam, R. (2013). *Dasar Dasar Teknik Sensor*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- [5] Nebath, E., Pang, D., & Wuwung, J. O. (2014). Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO dan CO₂ di Lingkungan Industri. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 65-72.
- [6] Mudhofiroh, N., & Noor, M. F. (2014). Karakteristik Solar Cell 10-WP Pada Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan. 12-19.
- [7] Suhartanto, M. (2012). Pembuatan Website Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Delanggu Dengan Menggunakan Php dan MySQL. *Speed-Sentra Penelitian Engineering dan Edukasi*, 1-8.
- [8] Djuandi, F. (2011). *Pengenalan Arduino*. Jakarta: Elexmedia.