



Pemanfaatan Sistem Alat Ukur Kadar Gas Metana (CH₄), Suhu dan Kelembaban pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut

Iwan Sugriwan, Adi Saputra Ramdani, Arfan Eko Fahrudin, Suryajaya
Program Studi Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru
Jalan Ahmad Yani KM 36 Banjarbaru Kalimantan Selatan 70714

Email korespondensi : iwansugriwan@ulm.ac.id

Submitted 10 Desember 2018, accepted 21 Februari 2019

ABSTRACT-Alat ukur kadar gas metana (CH₄), suhu dan kelembaban telah dilakukan. Alat ukur ini dapat diaplikasikan di perkebunan kelapa sawit di lahan gambut. Alat ukur ini terdiri dari sensor TGS2611, sensor SHT11, catu daya, *voltage follower*, mikrokontroler ATMega8535 dan LCD karakter 16x2. Tegangan keluaran sensor TGS2611 dikondisikan dengan rangkaian *voltage follower* kemudian dihubungkan dengan ADC internal mikrokontroler ATMega8535. Persamaan karakteristik sensor TGS2611 ditentukan dengan cara mengambil beberapa data kadar gas metana dan tegangan keluaran sensor pada *datasheet* sensor TGS2611 kemudian dibuat grafik persamaan karakteristiknya, sehingga diperoleh persamaan karakteristik sensor $V=0,544\ln(x)-2,113$, dengan V adalah tegangan keluaran sensor dan x adalah kadar gas metana (ppm). Sensor SHT11 merupakan sensor digital yang sudah terkalibrasi pabrik, sehingga sensor SHT11 bisa langsung dihubungkan dengan catu daya, lalu *data* dari sensor dihubungkan ke mikrokontroler ATMega8535. Data hasil pengukuran ditampilkan pada LCD karakter 16x2 dan ditampilkan pada komputer dengan program yang telah dibuat menggunakan Delphi 7.0. Data hasil pengukuran juga tersimpan dalam *database*. Hasil pengukuran yang dilakukan selama 2 hari dengan durasi pengukuran satu setengah jam pada hari pertama dan 2 jam pada hari kedua menyatakan bahwa keberadaan gas metana tidak terdeteksi di kebun kelapa sawit yang ditanam di lahan gambut. Pada hari pertama pengukuran nilai suhu udara berkisar antara 28,8 0C – 30 0C dan nilai kelembaban udara berkisar 87,6% - 89,6%. Pada hari kedua pengukuran nilai suhu udara berkisar antara 26,6 0C - 33,1 0C dan nilai kelembaban udara berkisar 85,1% - 88,4%.

KATA KUNCI : ATMega8535, Lahan gambut, Metana, SHT11, TGS2611

I. PENDAHULUAN

Kelapa sawit adalah salah satu produk perkebunan yang perkembangannya dalam dua dekade terakhir paling cepat di Indonesia (Susila, n.d.). Hal ini ditunjukkan dengan pembangunan perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang telah meningkat, dari luas areal 8,9 juta hektar pada tahun 2011 menjadi 11,3 juta hektar pada tahun 2015. Data dari Direktorat Jendral Perkebunan pada tahun 2015 menunjukkan terjadi peningkatan produksi kelapa sawit yaitu sekitar 23 juta ton pada tahun 2011

menjadi 31 juta ton pada tahun 2015 dengan produktivitas sekitar 3,5 kg per hektar pada tahun 2011 menjadi 3,7 kg per hektar pada tahun 2015.

Lahan gambut adalah lahan yang berpotensi untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit karena terbatasnya lahan yang ada saat ini. Terdapat tantangan yang nyata dalam pembukaan lahan gambut sebagai perkebunan kelapa sawit yaitu dari segi produktivitas dan segi lingkungan hidup. Faktor kesuburan tanah dan tingkat manajemen usaha tani sangat diperlukan

dalam upaya peningkatan potensi produktivitas di lahan gambut. Kondisi lingkungan di areal lahan gambut memiliki sifat seperti kondisi lahan yang jenuh air, bereaksi asam dan mengandung asam organik yang beracun serta unsur hara yang rendah. Lahan gambut juga rentan terdegradasi. Jika lahan tidak dikelola dengan baik maka laju dekomposisi terjadi sangat cepat sehingga mengakibatkan kebakaran lahan yang berimbas terhadap emisi gas rumah kaca (GRK). Konsep pengelolaan lahan gambut berkelanjutan yang dapat dilakukan dalam hal pengelolaan air dan pembukaan lahan tanpa dibakar adalah pemberian amelioran dan pemberian tanaman penutup tanah.

Perkebunan kelapa sawit di lahan gambut merupakan salah satu penghasil gas metana dengan emisi gas metana rata-rata 0,24 gram/m² per tahun (Melling et al., 2005). Selain itu emisi gas metana juga berasal dari limbah pabrik kelapa sawit (Lognoul et al., 2017), dengan perkiraan emisi gas metana sekitar 32 sampai dengan 48 kg/ha tiap tahun (Reijnders & Huijbregts, 2008).

Gas metana termasuk gas rumah kaca (GRK) yang emisinya 21 kali lebih kuat daripada karbondioksida. Gas metana menyebabkan terjadinya pemanasan global karena mampu menyerap dan meneruskan radiasi gelombang pendek sinar matahari namun memantulkan kembali radiasi gelombang panjang yang dipancarkan dari permukaan bumi sehingga mengakibatkan kenaikan suhu bumi. Gas Metana merupakan satu dari GRK yang berperan dalam terjadinya pemanasan global (Lestari et al., n.d.).

Berdasarkan permasalahan-permasalahan tersebut, pengukuran kadar gas metana sangat penting dilakukan di perkebunan kelapa sawit di lahan gambut. Pengukuran kadar gas metana bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak emisi gas metana sehingga pihak-pihak yang

bertanggung jawab terhadap pengelolaan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut dapat mengambil kebijakan untuk mengurangi emisi gas metana di lahan tersebut.

Pengukuran kadar gas metana sudah dilakukan oleh (Melling et al. 2005) dan (Handayani, n.d.). Pembuatan prototipe alat ukur kadar gas metana sudah dilakukan (Sugriwan et al., 2016). Penelitian (Melling et al. 2005) melakukan pengukuran kadar gas metana di lahan sawit dengan cara memerangkap gas metana di dalam sebuah *chamber* yang diletakkan di atas lahan kelapa sawit. Gas metana yang sudah terperangkap kemudian kadarnya diukur menggunakan gas kromatografi. Pengukuran tersebut dilakukan tiap bulan dalam satu tahun. Pengukuran kadar gas metana berikutnya dilakukan oleh (Handayani et al., n.d.). Pengukuran yang dilakukan oleh Handayani adalah pengukuran emisi gas metana di *rhizosfer* dan *non rhizosfer* pada perkebunan kelapa sawit yang memiliki keragaman dalam ketebalan gambut dan umur tanaman. Proses pengukuran emisi gas metana menggunakan *chamber* dan gas kromatografi seperti yang dilakukan oleh (Melling et al. 2005).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Sugriwan et al., (2016) adalah pembuatan prototipe alat ukur kadar gas metana di lahan gambut menggunakan sensor TGS2611. Alat ukur yang telah dibuat dapat mengukur kadar gas metana secara *realtime* dan pencatatan data otomatis, namun alat ukur yang telah dibuat hanya dapat mengukur kadar gas metana tanpa mengukur parameter lingkungan lainnya yaitu suhu dan kelembaban.

Fokus dari penelitian ini adalah pengembangan prototipe alat ukur kadar gas metana, suhu dan kelembaban menggunakan sensor TGS2611 dan sensor SHT11. Prototipe alat ukur kadar gas metana, suhu dan kelembaban dapat

melakukan pengukuran secara *real time*, pencatatan data otomatis dan hasil pengukuran dapat disimpan dalam *database*.

II. MATERIAL DAN METODE

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit termasuk tumbuhan pohon yang tingginya dapat mencapai 24 meter. Buah dan bunga dari kelapa sawit berupa tandan dan bercabang banyak. Buah kelapa sawit berbentuk kecil yang sering digunakan sebagai bahan utama pengolah minyak goreng. Selain itu, buah kelapa sawit juga digunakan untuk bahan pengolah sabun dan lilin (Ekawati et al., 2017).

Kelapa sawit dapat dikembangkan di lahan gambut. Kelapa sawit dapat berproduksi lebih tinggi dengan rata-rata produksi 23,08 ton tandan buah segar per hektar per tahun. Pengembangan kelapa sawit di lahan gambut berdampak negatif terhadap lingkungan karena sumber emisi gas rumah kaca (GRK) seperti karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄) berasal dari lahan tersebut (Handayani et al., n.d.).

2.2 Gas Metana (CH₄)

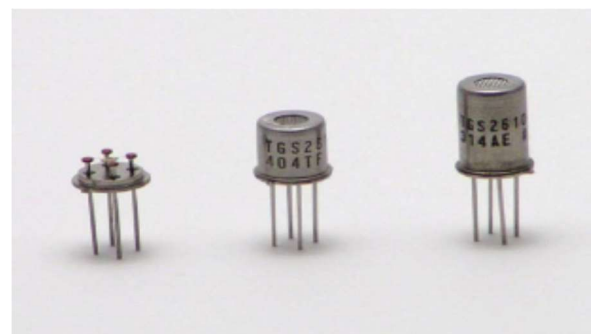
Metana terbentuk dari senyawa organik atau gabungan gas karbon yang diuraikan oleh bakteri metanogenik secara anaerob di lapisan gambut jenuh. Pada gambut lapisan atas, bakteri metanotropik mengoksidasi gas metana kemudian didifusi menjadi CO₂ (Watanabe et al., 2009).

Metana merupakan salah satu komponen penyusun biogas. Biogas biasanya terdiri dari 50–75% metana (CH₄), 25–45% karbon dioksida (CO₂), dan sejumlah gas lainnya (Winrock Interational, 2015). Suhu berpengaruh terhadap produksi biogas, dimana biogas akan dihasilkan pada suhu 32 °C sampai dengan 37 °C (Ueyama et al. 2015).

2.3 Sensor Gas Metana

Sensor gas metana yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor TGS2611 yang merupakan produk dari Figaro. Sensor TGS2611 mempunyai 4 buah pin. Pin 1 dan 4 berguna sebagai pemanas sensor yang terbuat dari bahan RuO₂. Pin 2 dan 3 sebagai elektroda sensor. Elektroda sensor terbuat dari bahan SnO₂ yang telah dicetak di atas substrat alumina.

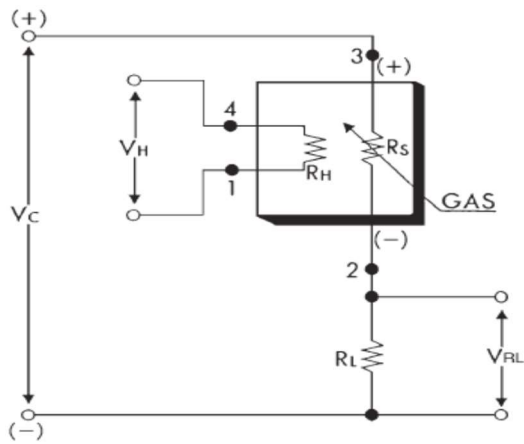
Sensor TGS2611 memiliki dua model yang berbeda tapi memiliki sensitivitas yang sama terhadap gas metana yaitu TGS2611-C dan TGS2611-E. Pada penelitian ini digunakan sensor TGS2611-C karena TGS2611-C memiliki bentuk yang lebih kecil dan cepat dalam merespon gas (Lee and Reedy, 2000). Gambar 1 merupakan bentuk fisik sensor TGS2611.



Gambar 1 Bentuk fisik TGS2611

Gambar 2 menunjukkan rangkaian dasar sensor TGS2611. V_c merupakan sumber tegangan yang mengalirkan arus listrik melewati resistansi antara 2 buah elektroda (R_S) dan resistansi beban (R_L) yang dirangkai secara seri. V_{RL} merupakan tegangan keluaran sensor yang mewakili hasil pengukuran kadar gas metana. V_{RL} akan menjadi input Op amp yang kemudian nilai V_{RL} tersebut akan diproses pada mikrokontroler untuk menghasilkan kadar metana. Nilai R_S berubah sesuai dengan Persamaan (1) (Figaro, 2011).

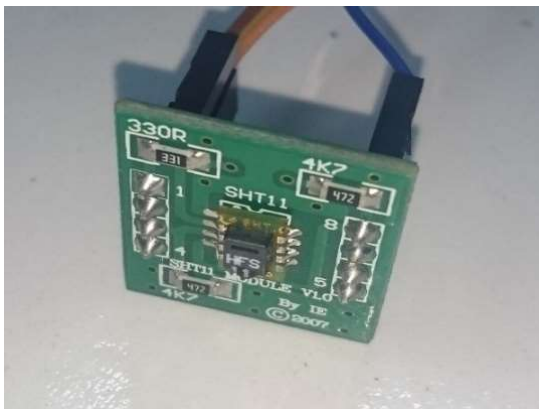
$$R_S = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} R_L \quad (1)$$



Gambar 2 Rangkaian sensor TGS2611

2.4 Sensor Suhu dan Kelembaban

Sensor SHT11 merupakan sensor dari sensirion yang berfungsi untuk mengindera suhu dan kelembaban. Sensor SHT11 merupakan salah satu dari sensor SHT1x (yaitu SHT10, SHT11 dan SHT15). Sensor ini menghasilkan keluaran digital yang sudah terkalibrasi. Untuk pengukuran suhu, sensor SHT11 menggunakan sensor band-gap sedangkan pengukuran kelembaban digunakan sensor berbasis kapasitif. Sensor suhu dan kelembaban dihubungkan dengan ADC (analog to digital converter) 14 bit dan rangkaian interface serial yang menghasilkan sinyal yang baik, respon waktu cepat dan tidak terpengaruh oleh gangguan dari luar (Hidayat et al., 2017). Gambar 3 merupakan bentuk fisik sensor SHT11.

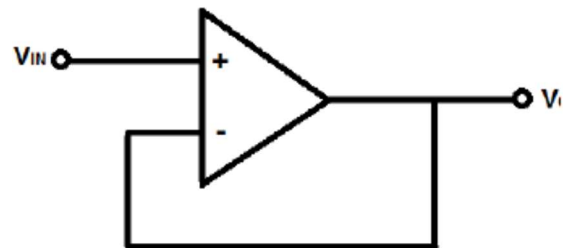


Gambar 3 Bentuk fisik SHT11

2.5 Penguat Operasional

Op-amp merupakan sebuah komponen elektronika yang terdiri dari transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam sebuah rangkaian terpadu (*integrated circuit*). Op-amp dapat dihidupkan dengan cara menghubungkan sumber tegangan dengan kaki op-amp yaitu tegangan positif pada kaki V_{CC} dan tegangan negatif pada kaki V_{EE} . Pada op-amp juga terdapat dua buah kaki input yaitu input noninverting dan input inverting (Sugriwan et al., 2016).

Dalam penelitian ini, penguat yang akan digunakan sebagai pengkondisi sinyal keluaran sensor adalah rangkaian *voltage follower*. Kelebihan lain dari penguat ini adalah penguat tegangan yang stabil. Penguatan untuk rangkaian *voltage follower* adalah 1 kali. Rangkaian penguat *voltage follower* dapat dilihat pada Gambar 4.



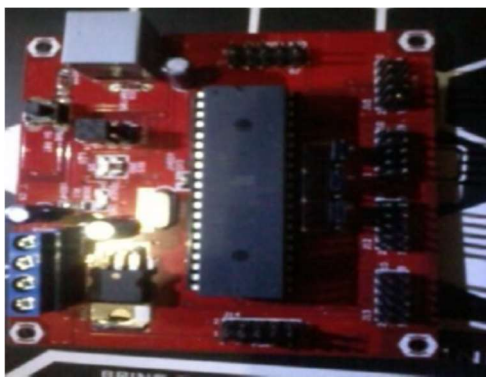
Gambar 4 Penguat pengikut tegangan

IC OP07 adalah op amp yang digunakan pada penelitian ini. IC OP07 memiliki dua buah kelebihan yaitu arus bias input yang kecil ± 4 nA dan penguatan loop terbuka (open loop gain) yang tinggi sebesar 200 V/mV. Namun, IC OP07 memiliki tegangan offset input yang sangat rendah dengan tegangan maksimal $75 \mu\text{V}$. Dengan kelebihan tersebut OP07 dapat digunakan pada sistem instrumentasi (Sugriwan et al. 2016).

2.6 Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang terdiri mikroprosesor, input/output, memori dan ADC (Analog to

Digital Converter) yang dikemas dalam sebuah chip. Salah satu mikrokontroler yang sering digunakan untuk penelitian adalah mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) yang diproduksi oleh Atmel. Mikrokontroler tersebut diinstruksikan dalam kode 16 bit dengan arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) 8 bit (Sugriwan et al., 2013). ATmega8535 adalah salah satu mikrokontroler AVR. Gambar 5 merupakan bentuk fisik mikrokontroler ATmega8535 yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 5 Minimum sistem ATmega8535

2.7 Basic Compiler (Bascom)

BASCOM (Basic Compiler) AVR merupakan program mikrokontroler buatan MCS Electronics. BASCOM AVR digunakan untuk memberikan algoritma pemrograman ke dalam mikrokontroler AVR. BASCOM AVR menggunakan bahasa basic dalam pemrogramannya sehingga pengguna mendapatkan banyak kemudahan dalam mengatur sistem kerja dari mikrokontroler (Sugriwan, 2016).

2.8 Delphi 7.0

Delphi adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat program aplikasi pada komputer yang berbasis visual. Bahasa pemrograman yang digunakan Delphi adalah bahasa Pascal. Delphi mempunyai kelebihan yaitu lebih mudah dipahami dan banyak referensi untuk belajar menggunakannya. Delphi sudah terbukti performanya dalam menghasilkan software yang berkualitas. Delphi 7.0 merupakan salah satu versi yang ada

pada Delphi. Delphi 7.0 merupakan versi yang cukup stabil dibandingkan dengan Delphi versi lainnya yang dapat digunakan di komputer berbasis Windows (Sugriwan and Soesanto, 2017).

2.9 XAMPP dan MySQL

XAMPP merupakan perangkat lunak open source yang mendukung sistem operasi dari berbagai kompilasi perangkat lunak. XAMPP berfungsi sebagai server localhost. XAMPP terdiri dari program Apache HTTP Server, MySQL database, PHP dan Perl. MySQL yang terdapat dalam XAMPP digunakan untuk keperluan database. XAMPP merupakan singkatan dari X berarti mendukung sistem operasi, Apache, MySQL, PHP dan Perl (Sugriwan and Soesanto, 2017).

2.10 Metode

Penelitian yang telah dilakukan dibagi dalam dua tahapan yaitu pembuatan alat ukur kadar gas metana, suhu dan kelembaban dan pengukuran di lapangan. Pembuatan alat ukur dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Program studi Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat. Pengukuran di lapangan dilakukan di tiga tempat yaitu di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Cahaya Kencana Kabupaten Banjar, lahan gambut yang bertempat di Desa Tegal Arum Landasan Ulin dan Perkebunan Kelapa Sawit PT. Hasnur Citra Terpadu (HCT).

Alat ukur kadar gas metana, suhu dan kelembaban dibuat dengan mengintegrasikan sensor TGS2611, sensor SHT11, catudaya, rangkaian pengkondisi sinyal voltage follower, modul minimum sistem mikrokontroler ATmega8535 dan LCD 16x2.

Sensor TGS2611 yang digunakan memerlukan proses karakterisasi sensor terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai alat ukur kadar gas metana. Karakterisasi sensor bertujuan untuk mendapatkan persamaan hubungan antara tegangan keluaran sensor (VRL) dengan kadar gas metana. Persamaan karakteristik sensor TGS2611 ditentukan

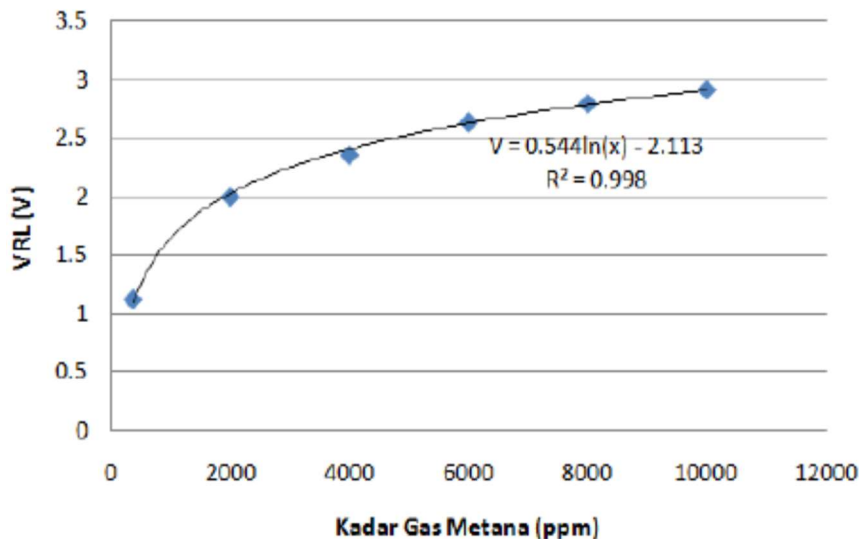
dengan cara mengambil beberapa data kadar gas metana dan VRL pada datasheet, kemudian dibuat grafik persamaan karakteristik sensor TGS2611. Sehingga grafik yang dibuat menyerupai seperti grafik pada datasheet. Persamaan karakteristik tersebut yang dituliskan ke dalam listing program yang kemudian diunggah ke dalam mikrokontroler ATmega8535.

Alat ukur yang selesai dibuat, kemudian diinterface dengan Delphi 7.0 agar hasil pengukuran dapat di tampilkan dan disimpan di PC/laptop. Program interface yang sudah dibuat kemudian dikoneksikan dengan XAMPP yang berfungsi untuk

program pembuat database hasil pengukuran dan XAMPP digunakan sebagai server localhost untuk dapat mengakses database yang telah dibuat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat ukur kadar gas metana, suhu dan kelembaban yang telah dibuat menggunakan sensor TGS2611 dan sensor SHT11 dengan persamaan karakteristik sensor TGS2611 yang diperoleh adalah $V = 0.544\ln(x) - 2.113$ dengan V adalah tegangan keluaran sensor dan x adalah kadar gas metana. Gambar 6 merupakan grafik persamaan karakteristik sensor TGS2611.



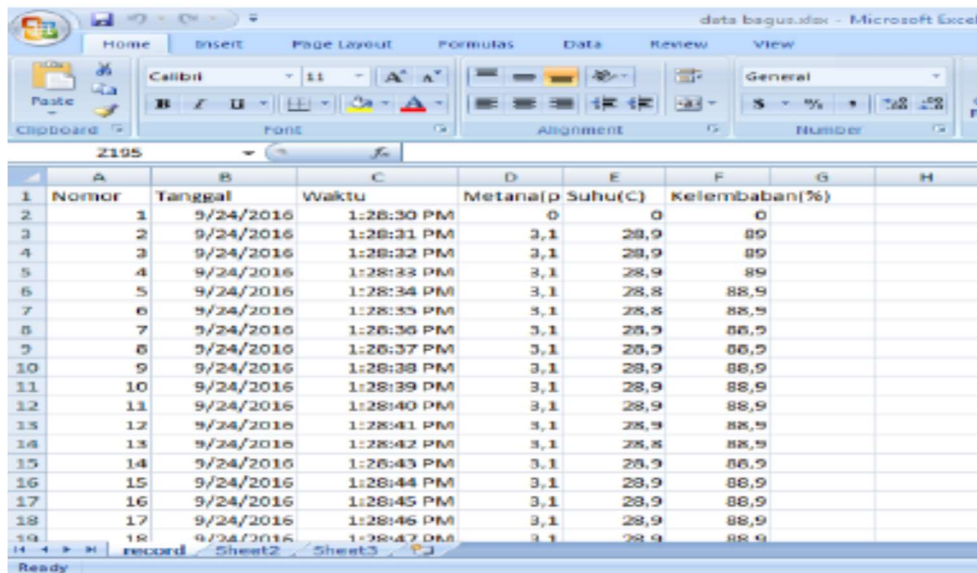
Gambar 6 Grafik karakteristik TGS2611

Interface alat dengan PC yang telah dibuat dengan Delphi 7.0 menghasilkan sebuah program yang dapat menampilkan dan merekam data kadar gas metana, suhu dan kelembaban. Tampilan program berupa kadar gas metana, suhu, kelembaban, waktu, grafik hubungan antara kadar gas metana dengan waktu dan grafik hubungan antara

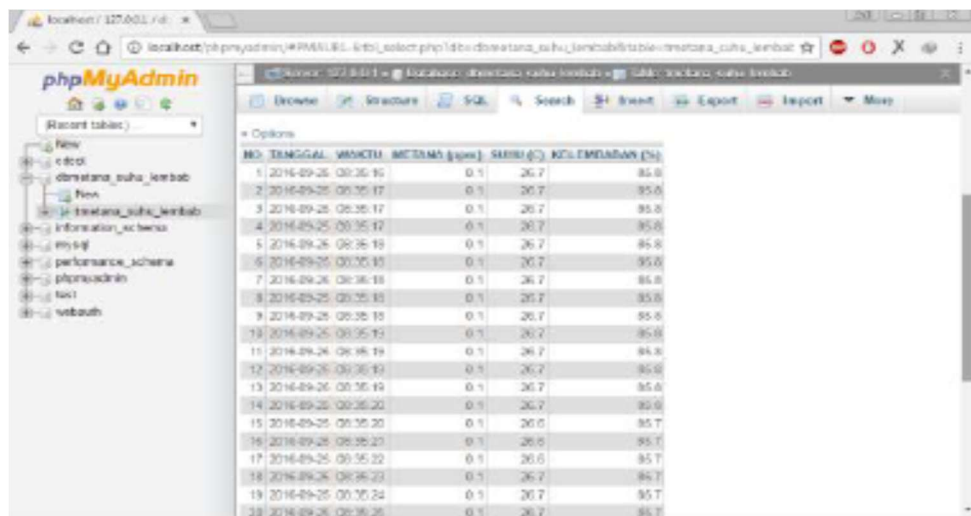
suhu dan kelembaban. Data hasil pengukuran dapat di simpan di Microsoft Excel dalam format *xlsx dan dalam bentuk database di XAMPP. Gambar 7 adalah tampilan program interface alat ke PC, Gambar 8 adalah tampilan data di Microsoft Excel dan Gambar 9 adalah tampilan database di XAMPP.



Gambar 7 Tampilan interface pada PC



Gambar 8 Tampilan pada excel



Gambar 9 Tampilan database pada XAMPP

Telah dilakukan pengukuran kadar gas metana, suhu dan kelembaban di 3 tempat yaitu di TPA Cahaya Kencana, lahan gambut Desa Tegal Arum Banjarbaru dan kebun kelapa sawit PT. Hasnur Citra Terpadu. Pengukuran di TPA dan lahan gambut

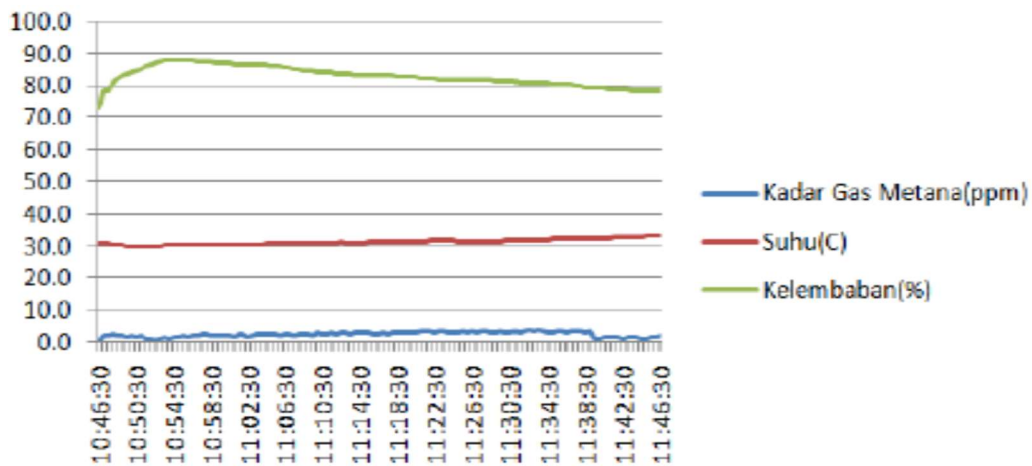
bertujuan untuk memastikan apakah alat ukur yang telah dibuat mampu melakukan pengukuran terhadap kadar gas metana, suhu dan kelembaban. Gambar 10 merupakan susunan alat ukur saat melakukan pengukuran.



Gambar 10 Aplikasi sistem di kebun sawit

Data hasil pengukuran ditunjukkan dalam bentuk grafik. Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13 dan Gambar 14 berturut-turut merupakan grafik data hasil pengukuran kadar gas metana, suhu dan kelembaban di

TPA Cahaya Kencana Kabupaten Banjar, lahan gambut Desa Tegal Arum Banjarbarudan kebun kelapa sawit PT. Hasnur Citra Terpadu pada hari pertama dan kedua.



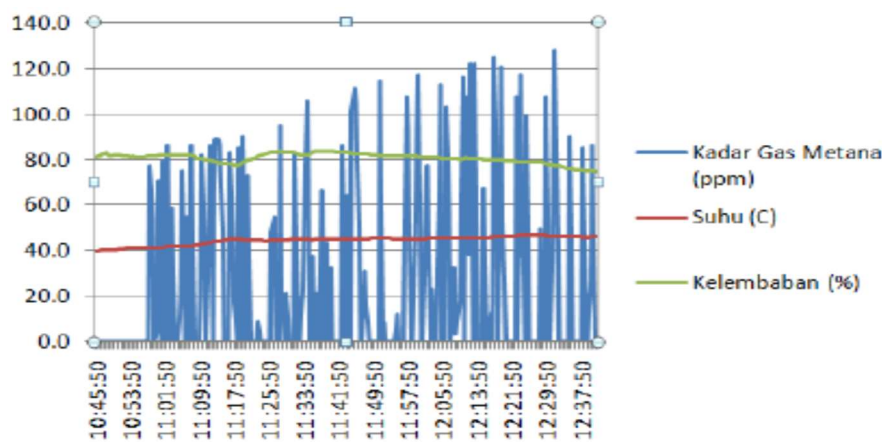
Gambar 11 Grafik data hasil pengukuran di TPA

Gambar 11 menunjukkan bahwa kadar gas metana berhasil terukur dengan nilai minimum 0,6 ppm dan nilai maksimum 3,7 ppm. Nilai kadar gas metana mengalami kenaikan pada awalnya kemudian lama kelamaan kadar gas metana mengalami penurunan. Nilai suhu dan kelembaban udara didalam

chamber juga berhasil terukur dengan suhu udara minimum 29,9 0C dan suhu udara maksimum 33 0C serta kelembaban udara minimum 73% dan kelembaban udara maksimum 87,7%. Nilai suhu udara di dalam chamber pada awalnya menurun dimenit-menit awal pengambilan data, kemudian nilai suhu udara lama kelamaan

naik. Untuk nilai kelembaban udara di dalam chamber mengalami kenaikan pada menit-menit awal pengambilan data

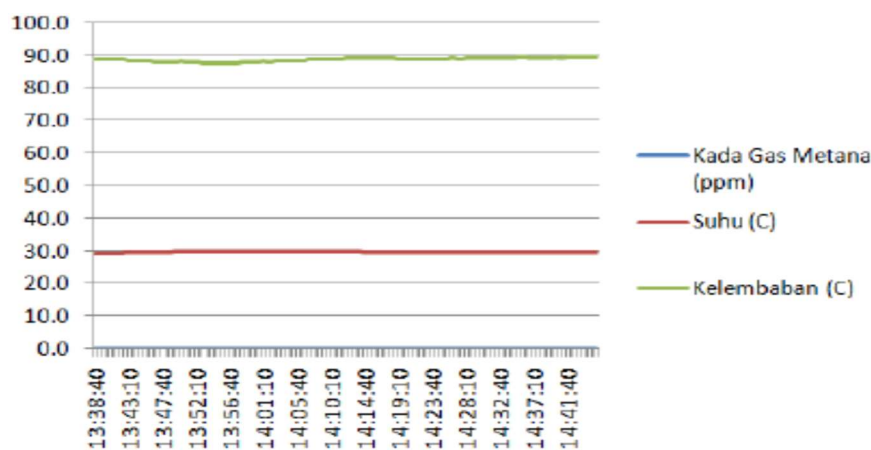
kemudian setelah itu kelembaban udara terus-menurus menurun.



Gambar 12 Data hasil pengukuran di lahan gambut

Gambar 12 menunjukkan bahwa kadar gas metana berhasil terukur tetapi nilai kadar gas metana tidak terukur secara kontinyu. Nilai kadar gas metana terukur sesekali kemudian tidak terukur lagi. Nilai kadar gas metana minimum 0,6 ppm dan nilai maksimum 127,9 ppm. Nilai suhu dan kelembaban udara di dalam chamber juga berhasil terukur dengan suhu udara minimum 39,2 0C dan suhu udara

maksimum 46,8 0C serta kelembaban udara minimum 71,9% dan kelembaban udara maksimum 83,6%. Nilai suhu udara di dalam chamber terlihat mengalami kenaikan selama proses pengambilan data. Untuk nilai kelembaban udara di dalam chamber mengalami fluktuasi sekitar satu jam pertama pengambilan data kemudian setelah itu kelembaban udara terus-menurus menurun.



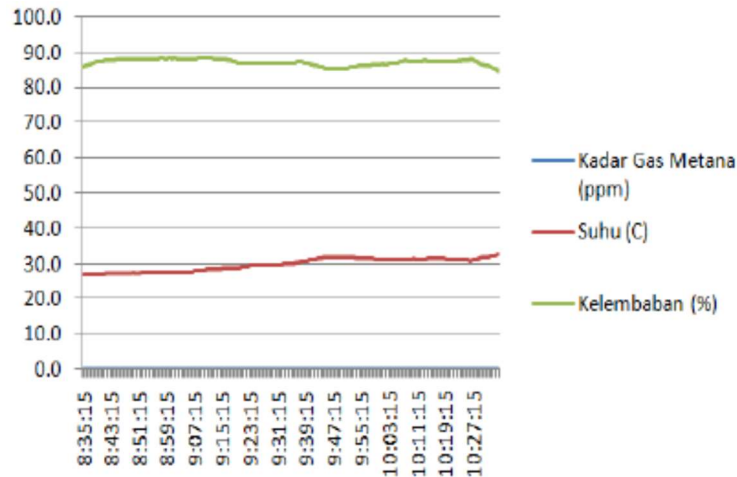
Gambar 13 Data hasil pengukuran di kebun sawit, hari pertama

Hasil pengukuran kadar gas metana yang diperoleh di kebun sawit menunjukan bahwa di kebun kelapa sawit yang ditanam di lahan gambut tidak menghasilkan gas metana. Pada Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan bahwa kadar gas metana

menunjukkan nilai 0,1 ppm selama pengukuran. Nilai suhu dan kelembaban udara di dalam chamber berhasil terukur. Nilai suhu udara minimum, suhu udara maksimum, kelembaban udara minimum dan kelembaban udara maksimum berturut-turut

pada hari pertama pengukuran adalah 28,8 0C, 30 0C, 87,6% dan 89,6%. Nilai suhu udara minimum, suhu udara maksimum, kelembaban udara minimum dan kelembaban udara maksimum berturut-turut pada hari kedua pengukuran adalah 26,6 0C, 33,1 0C, 85,1% dan 88,4%. Suhu udara yang terukur pada hari pertama dan hari kedua sama-sama mengalami kenaikan. Suhu udara

pada hari pertama mengalami kenaikan lebih kecil dibandingkan dengan kenaikan suhu udara pada hari kedua. Kelembaban udara pada hari pertama mengalami sedikit penurunan pada awal pengukuran kemudian lama-kelamaan nilai kelembaban udara meningkat dan kembali pada nilai awal. Pada hari kedua, nilai kelembaban udara mengalami penurunan yang kecil.



Gambar 14 Data hasil pengukuran di kebun sawit, hari kedua

IV. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Alat ukur kadar gas metana, suhu dan kelembaban telah selesai dibuat dengan menggunakan sensor TGS2611 dan sensor SHT11 dengan persamaan karakteristik sensor TGS2611 yang diperoleh $V=0.544\ln(x) - 2.113$, V adalah tegangan keluaran sensor dan x adalah kadar gas metana.
2. Sistem akuisisi perangkat lunak data kadar gas metana, suhu dan kelembaban dibuat menggunakan software Delphi 7.0 dan XAMPP. Pengukuran dilakukan secara real time, terus menerus dan otomatis setiap detik yang selanjutnya data hasil pengukuran dapat disimpan dalam database.
3. Hasil pengukuran yang dilakukan selama 2 hari dengan durasi pengukuran satu setengah jam pada hari pertama dan 2 jam pada hari kedua menyatakan bahwa

keberadaan gas metana tidak terdeteksi di kebun kelapa sawit yang ditanam di lahan gambut. Pada hari pertama pengukuran nilai suhu udara berkisar antara 28,8 0C – 30 0C dan nilai kelembaban udara berkisar 87,6% - 89,6%. Pada hari kedua pengukuran nilai suhu udara berkisar antara 26,6 0C - 33,1 0C dan nilai kelembaban udara berkisar 85,1% - 88,4%.

V. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Strategis Nasional Institusi (PSNI) Tahun 2018.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Ekawati, D., Sugriwan, I., & Manik, T.N., 2017. Pengukuran Kadar Oksigen (O₂),

- Kelembaban dan Temperatur di PT. Perkebunan Nusantara XIII. *J. Fis. Flux* 14, 34. <https://doi.org/10.20527/flux.v14i1.3778>
- Handayani, E.P., n.d., 2009. Program Studi Ilmu Tanah Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, 173.
- Handayani, E.P., Idris, K., Sabiham, S., & Djuniwati, S., n.d. *Emisi Co2 pada Kebun Kelapa Sawit di Lahan Gambut: Evaluasi Fluks Co2 di Daerah Rizosfer dan Non Rizosfer* 11, 6.
- Hidayat, A., Sugriwan, I., & Harnawan, A.A., 2017. Desain dan Fabrikasi Alat Ukur Temperatur dan Kelembaban Udara Dalam Tanah Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. *J. Fis. FLUX* 14, 14. <https://doi.org/10.20527/flux.v14i1.3584>
- Lee, A.P., & Reedy, B.J., 2000. Application of radiometric temperature determination methods to semiconductor gas sensors. *Sens. Actuators B Chem.* 69, 37–45. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(00\)00297-5](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(00)00297-5).
- Lestari, L.I., Soemirat, J., & Dirgawati, M., n.d. *Penentuan Konsentrasi Gas Metan di Udara Zona 4 TPA Sumur Batu Kota Bekasi* 11.
- Lognoul, M., Theodorakopoulos, N., Hiel, M.-P., Regaert, D., Broux, F., Heinesch, B., Bodson, B., Vandebol, M., & Aubinet, M., 2017. Impact of tillage on greenhouse gas emissions by an agricultural crop and dynamics of N₂O fluxes: Insights available in, automated closed chamber measurements. *Soil Tillage Res.* 167, 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.11.008>
- Melling, L., Hatano, R., & Goh, K.J., 2005. Methane fluxes available in three ecosystems in tropical peatland of Sarawak, Malaysia. *Soil Biol. Biochem.* 37, 1445–1453. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.01.001>.
- Reijnders, L., & Huijbregts, M.A.J., 2008. Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. *J. Clean. Prod.* 16, 477–482. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.07.054>.
- Sugriwan, I., 2016. *Pengembangan Pengendalian Kelembaban, Temperatur pada Rumah Kaca dengan Pencatatan Data Otomatis* 11.
- Sugriwan, I., Nasrulloh, A.V., & Fahrudin, A.E., 2013. A Low Cost Microcontroller-Based Electronic Pressure Meter Using MPX2100 3, 4.
- Sugriwan, I., Rachmattullah, A., Soesanto, O., Harnawan, A.A., 2016. Desain dan Fabrikasi Alat Ukur Kadar Gas Metana (CH₄) pada Lahan Gambut Menggunakan Sensor Tgs2611 Berbasis Atmega8535. *J. Neutrino* 8, 11. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.3165>.
- Sugriwan, I., Soesanto, O., 2017. Development of TGS2611 methane sensor and SHT11 humidity and temperature sensor for measuring greenhouse gas on peatlands in south kalimantan, indonesia. *J. Phys. Conf. Ser.* 853, 012006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/853/1/012006>.
- Susila, W.R., n.d. *Peluang Pengembangan Kelapa Sawit Di Indonesia: Perspektif Jangka Panjang* 2025 19.
- Ueyama, M., Takeuchi, R., Takahashi, Y., Ide, R., Ataka, M., Kosugi, Y., Takahashi, K., & Saigusa, N., 2015. Methane uptake in a temperate forest soil using continuous closed-chamber measurements. *Agric. For. Meteorol.* 213, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.05.004>.
- Watanabe, A., Purwanto, B.H., Ando, H., Kakuda, K., Jong, F.-S., 2009. Methane and CO₂ fluxes available in, an Indonesian peatland used for sago palm (Metroxylon sagu Rottb.) cultivation: Effects of fertilizer and groundwater level management. *Agric. Ecosyst. Environ.* 134, 14–18. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.06.015>.