

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR  
EMISI KARBON DIOKSIDA PORTABEL  
PADA TANAH MENGGUNAKAN SENSOR MG811**

**SKRIPSI**

diajukan untuk penulisan skripsi sebagai syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika



**Oleh**  
**DWI PUTRI DESTI UTAMI**  
**NIM 1503521**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2019**

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR  
EMISI KARBON DIOKSIDA PORTABEL  
PADA TANAH MENGGUNAKAN SENSOR MG811**

Oleh  
Dwi Putri Desti Utami

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Dwi Putri Desti Utami 2019  
Universitas Pendidikan Indonesia  
November 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR  
EMISI KARBON DIOKSIDA PORTABEL  
PADA TANAH MENGGUNAKAN SENSOR MG811**

**DWI PUTRI DESTI UTAMI**

**1503521**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing 1,



Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.  
NIP 197211122008121001

Pembimbing 2,



Dr. Mimin Iryanti, M.Si.  
NIP 197712082001122001

Mengetahui,  
Ketua Departemen Pendidikan Fisika,



Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si.  
NIP 195904011986011001

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Karbon Dioksida Portabel pada Tanah Menggunakan Sensor MG811**" beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan maupun pengutipan dengan cara yang tidak sesuai etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya ini.

Bandung, Agustus 2019

**Dwi Putri Desti Utami**  
**NIM 1503521**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadirat Allah *subhanahuwata'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan ridho-Nya, serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad *shallallahu'alaihiwasallam* beserta keluarga dan sahabatnya hingga akhir zaman. Dengan ini, penulis dapat menyelesaikan penulisan Proposal Skripsi yang bertujuan untuk mengajukan penulisan skripsi sebagai syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Fisika. Proposal Skripsi ini berjudul "**Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Karbon Dioksida Portabel pada Tanah Menggunakan Sensor MG811**". Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan hal yang bermanfaat bagi banyak kalangan terutama di bidang sains.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis memanjanatkan rasa syukur kepada Allah *subhanahuwata'ala* atas nikmat kesehatan dan waktu yang telah diberikan untuk menyelesaikan penelitian dan penulisan karya tulis ini. Penulis juga mengucapkan rasa terimakasihnya kepada mereka yang telah banyak membantu penulis selama penggerjaan karya ini, yakni:

1. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si. sebagai Pembimbing I dan Ibu Dr. Mimin Iryanti, M.Si. sebagai Pembimbing II yang telah membimbing, memberi arahan dan waktunya, serta memberikan dana penelitian, sehingga penelitian dapat terlaksanakan dan menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Nanang Dwi Ardi, M.T. dan Bapak Waslaluddin, M.T. sebagai dosen penelaah sekaligus sebagai dosen penguji dalam ujian sidang atas saran-saran perbaikan yang sangat membantu penulis dalam upaya menyempurnakan penulisan dari skripsi ini.
3. Bapak Dr. Endi Suhendi, M.Si. selaku dosen koordinasi skripsi yang telah memberikan arahan mengenai skripsi sebagai tugas akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen Departemen Pendidikan Fisika yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan tambahan wawasan, terutama dalam bidang Fisika, kepada penulis selama menjalankan studinya di Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Seluruh staf Departemen Pendidikan Fisika yang telah memberikan bantuan baik berupa layanan administrasi maupun bantuan layanan lainnya dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Keluarga. Kedua orang tua penulis, Bahaudin Maksum Yasin dan Suhriyah binti Suja'i, yang selalu memberikan bantuan secara mental dan materi, serta doa dan nasehat yang penulis percaya selalu membimbingnya selama ini. Kakak dan adik penulis, Muhammad Adam Pratama dan Muhammad Syalabi, seorang kakak yang terus memberikan dorongan motivasi dan materi kepada penulis, dan seorang adik yang membuat penulis termotivasi melakukan yang lebih baik. Termasuk keluarga besar dan kerabat yang selalu menyemangati penulis.

7. Teman-teman mahasiswa Fisika yang telah banyak membantu penulis, selalu menemani, menyemangati, dan keterlibatan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
8. Dan pihak-pihak lain yang ikut membantu dalam penyelesaian skripsi ini, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Demikian, semoga Allah *subhanahuwata'ala* selalu memberikan rahmat, berkah, dan ridho-Nya kepada mereka yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis

# RANCANG BANGUN ALAT UKUR EMISI KARBON DIOKSIDA PORTABEL PADA TANAH MENGGUNAKAN SENSOR MG811

---

## DWI PUTRI DESTI UTAMI

Pembimbing I : Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.  
Pembimbing II : Dr. Mimin Iryanti, M.Si.

## ABSTRAK

Tanah gambut mengandung materi organik (berupa C-organik) yang sewaktu-waktu dapat teremisikan ke udara menjadi CO<sub>2</sub>. Salah satu faktor penyebabnya adalah suhu. Lahan gambut banyak ditemukan di Indonesia yang merupakan daerah tropis basah, khususnya Pulau Kalimantan yang hampir semua wilayahnya terdiri dari tanah gambut, dan tak jarang ditemukan lahan terbuka. Hal ini berdampak buruk karena dapat menambah emisi CO<sub>2</sub>. Penelitian bertujuan untuk merancang dan membuat alat ukur emisi CO<sub>2</sub> tanah dengan fungsi portabel yang dapat mengukur konsentrasi CO<sub>2</sub> tanah di lapangan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen berbasis mikrokontroler. Sistem alat dirancang menggunakan sensor MG811 beserta modul penguat sinyalnya sebagai pendekripsi gas CO<sub>2</sub> yang menghasilkan output berupa tegangan listrik, mikrokontroler sebagai pengolah sinyal yang dilengkapi dengan program untuk mengkonversi nilai output sensor menjadi besaran konsentrasi CO<sub>2</sub> dan menampilkan pada LCD, serta dilengkapi dengan sistem pemanas sebagai media yang membantu mengemisikan CO<sub>2</sub> dari tanah ke udara. Pemrograman pada mikrokontroler dilakukan dengan bantuan komputer dan aplikasi Arduino. Sistem pemanas yang digunakan merupakan hasil rancangan dari hasil studi mengenai pengaruh termal terhadap distribusi CO<sub>2</sub> pada permukaan tanah. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah gambut Kalimantan. Alat bekerja memanaskan tanah dengan sistem pemanasnya yang menyebabkan CO<sub>2</sub> dari tanah teremisi ke udara, kemudian dideteksi oleh sensor hingga dapat ditampilkan pada layar LCD. Alat berhasil diuji hingga LCD menampilkan nilai konsentrasi CO<sub>2</sub> dan telah dikalibrasi dengan VAISALA GMP343 yang tersertifikasi kalibrasi. Instrumen ini juga dapat membantu dalam mengidentifikasi tingkat kesuburan tanah dari hasil pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> tanah.

**Kata Kunci:** pemanas, tanah, sensor MG811, alat ukur CO<sub>2</sub>

---

## **DESIGNING MEASURING PORTABLE INSTRUMENT OF CARBON DIOXIDE EMISSION ON LAND USING MG811 SENSOR**

---

### **DWI PUTRI DESTI UTAMI**

Supervisor I : Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.  
Supervisor II : Dr. Mimin Iryanti, M.Si.

### **ABSTRACT**

Peat contain organic material (C-organic) which can be emitted to the air into CO<sub>2</sub>. One contributing factor is temperature. Peatlands are mostly found in Indonesia which is a wet tropical region, especially in Kalimantan, where almost all of its territory consists of peats, and it's common to find open land. This has a bad impact because it can increase CO<sub>2</sub> emissions. The research aims to design and make a soil CO<sub>2</sub> emission measuring instrument with portable function that can measure soil CO<sub>2</sub> concentrations in the field. Its method used is a microcontroller-based experimental method. The tool system're designed using the MG811 sensor with a signal amplifier module as a CO<sub>2</sub> gas detector that produces an output in the form of an electric voltage; a microcontroller as a signal processor equipped with a program to convert the sensor output to the amount of CO<sub>2</sub> concentration and display it on LCD; and it's equipped with a system heater as a medium that helps emit CO<sub>2</sub> from the ground into the air. Programming the microcontroller's done by using a computer and Arduino application. The heating system used is the result of a design from the result of study about the thermal effect on the distribution of CO<sub>2</sub> on the land. The soil sample used is Kalimantan peat soils. The tool works by heating the soil with a heating system that causes CO<sub>2</sub> from the soil to be emitted, afterwards detected by sensors then it can be displayed on the LCD. The instrument was successfully tested until the LCD displayed the CO<sub>2</sub> concentration and also calibrated with a calibrated certified VAISALA GMP343. This instrument can also assist in identifying soil fertility levels from the results of soil CO<sub>2</sub> concentration measurement.

**Keywords:** heater, soil, MG811 sensor, CO<sub>2</sub> measuring instrument

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	4
1.3    Tujuan Penelitian.....	4
1.4    Batasan Masalah.....	4
1.5    Manfaat Penelitian.....	5
1.6    Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	6
2.1    Karbon Dioksida.....	6
2.2    Emisi Karbon Dioksida dalam Tanah.....	7
2.3    Teori Kinetik Gas .....	8
2.4    Perpindahan Kalor pada Tanah .....	10
2.5    Sensor Gas MG811.....	11
2.6    Modul <i>Board</i> Sensor Gas MG811 .....	14
2.7    Mikrokontroler .....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1    Metode Penelitian.....	19
3.2    Diagram Alir Penelitian.....	20
3.3    Alat, Bahan, dan Perangkat Lunak .....	22
3.4    Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23

3.5	Prosedur Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35	
4.1	Pengujian Distribusi Temperatur pada Permukaan Tanah Gambut .....	35
4.2	Pengujian Respon Sensor MG811 terhadap Jarak Efektif dari <i>Heater</i> ..	47
4.3	Pengujian Hasil Rancangan Sistem <i>Heater</i> .....	55
4.4	Pengujian Alat Ukur Emisi CO <sub>2</sub> Portabel pada Tanah.....	57
4.5	Kalibrasi Instrumen Hasil Rancangan dengan VAISALA GMP 343 ....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64	
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....	66	
LAMPIRAN .....	70	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor Gas MG811 .....	13
Tabel 3.1 Daftar Alat Penelitian.....	22
Tabel 3.2 Daftar Perangkat Lunak Penunjang Penelitian .....	22
Tabel 3.3 Daftar Bahan Penelitian .....	23
Tabel 4.1 Nilai-nilai Laju Perubahan Temperatur Permukaan Tanah .....	45
Tabel 4.2 Perbandingan Laju Perubahan Temperatur tiap Titik Uji Tanah .....	47
Tabel 4.3 Rata-rata Hasil Pengukuran Konsentrasi CO <sub>2</sub> oleh Sensor MG811 .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Molekul-molekul Gas dalam Wadah Kotak .....	8
Gambar 2.2 Ilustrasi Perpindahan Kalor Koduksi .....	10
Gambar 2.3 Sensor Gas MG811 .....	11
Gambar 2.4 Skema dan Konstruksi Bagian-bagian Sensor MG811 .....	12
Gambar 2.5 Grafik Sensitivitas Sensor MG811 .....	13
Gambar 2.6 Skema Rangkaian Sensor MG811.....	15
Gambar 2.7 Modul Sensor Gas MG811.....	15
Gambar 2.8 ATMega328 .....	16
Gambar 2.9 Pin ATMega328 .....	17
Gambar 2.10 <i>Board</i> Arduino Uno.....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 3.2 Rancangan Rangkaian Alat Ukur Emisi CO <sub>2</sub> .....	4
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Program Mikrokontroler untuk Alat Ukur CO <sub>2</sub> Portabel pada Tanah .....	25
Gambar 3.4 Skema Pengujian Distribusi Temperatur pada Sumbu-x dan Sumbu-y .....	27
Gambar 3.5 Skema Pengujian Jarak Maksimal dari Pengaruh Perubahan Temperatur .....	28
Gambar 3.6 Skema Pengujian dengan Sensor CO <sub>2</sub> Ditempatkan pada Titik P1 dan P2.....	29
Gambar 3.7 Skema Rancangan Sistem <i>Heater</i> .....	30
Gambar 3.8 Skema Pengujian Rancangan Sistem <i>Heater</i> .....	30
Gambar 3.9 Diagram Blok Alat Ukur Emisi CO <sub>2</sub> Portabel pada Tanah.....	31
Gambar 3.10. Rancangan Alat Ukur Emisi CO <sub>2</sub> Portabel .....	32
Gambar 3.11. Skema Pengujian Alat Ukur Emisi CO <sub>2</sub> Portabel .....	33
Gambar 4.1 Pengujian Distribusi Temperatur Arah Sumbu-x .....	36
Gambar 4.2 Grafik Perubahan Temperatur terhadap Waktu untuk Sumbu-x Bagian Kiri .....	37
Gambar 4.3 Grafik Perubahan Temperatur terhadap Waktu untuk Sumbu-x Bagian Kanan .....	37

Gambar 4.4 Grafik Selisih Perubahan Temperatur terhadap Waktu Antardua Titik Uji di Sumbu- <i>x</i> .....	38
Gambar 4.5 Pengujian Distribusi Temperatur Arah Sumbu- <i>y</i> .....	39
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Temperatur terhadap Waktu untuk Sumbu- <i>y</i> Bagian Depan .....	40
Gambar 4.7 Grafik Perubahan Temperatur terhadap Waktu untuk Sumbu- <i>y</i> Bagian Belakang.....	40
Gambar 4.8 Grafik Selisih Perubahan Temperatur terhadap Waktu Antardua Titik Uji di Sumbu- <i>y</i> .....	41
Gambar 4.9 Pengujian Distribusi Temperatur Terusan Arah Sumbu- <i>x</i> Bagian Kanan .....	42
Gambar 4.10 Grafik Perubahan Temperatur terhadap Waktu untuk Tiga Titik Uji .....	43
Gambar 4.11 Grafik Selisih Perubahan Temperatur terhadap Waktu Antardua Titik Uji dari Tiga .....	43
Gambar 4.12 Diagram Distribusi Temperatur pada Tanah.....	46
Gambar 4.13 Pengujian Respon Sensor MG811 terhadap Jarak Efektif .....	48
Gambar 4.14 Pengujian Respon Sensor MG811 pada Titik Uji P1 .....	48
Gambar 4.15 Grafik Respon Sensor MG811 pada Titik Uji P1 .....	49
Gambar 4.16 Diagram Perubahan Temperatur terhadap Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> tiap Waktu dari Respon Sensor MG811 pada Titik Uji P1 .....	50
Gambar 4.17 Pengujian Respon Sensor MG811 pada Titik Uji P2 .....	51
Gambar 4.18 Grafik Respon Sensor MG811 pada Titik Uji P2 .....	51
Gambar 4.19 Diagram Perubahan Temperatur terhadap Perubahan Konsentrasi CO <sub>2</sub> tiap Waktu dari Respon Sensor MG811 pada Titik Uji P2 .....	52
Gambar 4.20 (a) Dimensi Lempengan, (b) Dimensi Penyangga, (c) Hasil Rancangan dan (d) Pengujian Kenaikan Temperatur Sistem <i>Heater</i> .....	55
Gambar 4.21 Grafik Respon Sensor Gas CO <sub>2</sub> dengan Kenaikan Temperatur tiap Waktu .....	56
Gambar 4.22 Hasil Rancangan Alat Ukur Emisi CO <sub>2</sub> Tanah Portabel .....	57
Gambar 4.23 Pengujian Rancangan Alat Ukur Emisi CO <sub>2</sub> Tanah Portabel .....	58
Gambar 4.24 Grafik Hasil Pengujian Instrumen.....	59

Gambar 4.25 Proses Kalibrasi Instrumen Hasil Rancangan dengan VAISALA GMP 343 .....	60
Gambar 4.26 Grafik Hasil Pengukuran Instrumen Rancangan dan VAISALA GMP 343 di Udara Ruang Laboratorium.....	61
Gambar 4.27 Grafik Hasil Pengukuran Instrumen Rancangan dan VAISALA GMP 343 pada Tanah di <i>Chamber</i> .....	62

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Program Mikrokontroler.....	70
Lampiran 2 Data Pengujian Distribusi Temperatur pada Permukaan Tanah.....	72
Lampiran 3 Data Pengujian Respon Sensor Gas MG811 pada Jarak Efektif .....	77
Lampiran 4 Data Uji Coba Alat Ukur CO <sub>2</sub> Portabel pada Tanah .....	84
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian.....	91
Lampiran 7 Skema Rancangan.....	93
Lampiran 8 Sertifikat Kalibrasi VAISALA GMP 343 .....	94
Lampiran 9 Riwayat Hidup Penulis .....	95

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung. (2016). *Inilah Tanaman Bernilai Ekonomis di Lahan Gambut*. Diakses 5 Maret 2019, dari Maxigrow Indonesia - Perkebunan, Pertanian: <https://www.maxigrowindonesia.com/inilah-tanaman-bernilai-ekonomis-di-lahan-gambut/>
- Aminudin, A., Hasanah, T. R., & Iryanti, M. (2018). The Characteristics of Electrical and Physical Properties of Peat Soil in Rasau Village, West Kalimantan. *Journal of Physics*.
- Aziz, M. H. (2018). *Rancang Bangun Alat Uji Kadar Karbon Dioksida pada Tanah Menggunakan Sensor MG-811 Berbasis Mikrokontroler ATMega328* (Skripsi). Program Studi Fisika FPMIPA UPI, Bandung.
- Aziz, M. N. (2016). *Rancangan Bangun Sistem Monitoring Kadar gas Karbon Monoksida dan Senyawa Hidrokarbon pada Kabin Mobil Menggunakan Sensor Gas TGS 2201 Berbasis Arduino* (Skripsi). Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik, Malang.
- Baderan, D. W. (2017). Kerapatan, Nilai Biomassa dan Serapan Karbon Spesies Ceriops tagal (Perr.) C. B. Rob di Wilayah Pesisir Tabulo Selatan Provinsi Gorontalo. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek II*.
- CCS MIAMI. (tnp.thn.). *Datasheet MG811*. Retrieved from <https://eph.ccs.miami.edu/precise/GasSensorSpecs/CO2.pdf>.
- Febrianti, N. (2008). *Hubungan Pemanasan Global dengan Kondisi Suhu Udara dan Curah Hujan di Indonesia*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/323784168>
- Goeritno, A. (2000). Kemungkinan Pengenaan Pajak Terhadap Emisi CO<sub>2</sub> Industri. (hal. 242-250). Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif - BATAN.
- Handayani, E. P. dkk.. (2009). Emisi CO<sub>2</sub> pada Kebun Kelapa Sawit di Lahan Gambut: Evaluasi Fluks CO<sub>2</sub> di Daerah Rizosfer dan Non-Rizosfer. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, XI(1), 8-13.

- Hirano, T. dkk.. (2012). Effects on Disturbances on The Carbon Balance of Tropical Peat Swamp Forest. *Global Change Biology*, XVIII(11), 3410-3422.
- IPCC WG1 Report. (2007). *Climate Change 2007 The Physical Science Basis – Frequently Asked Questions and Selected Technical Summary Boxes*. Diakses 27 Februari 2019, dari [https://wg1.ipcc.ch/publications/wg1-ar4/faq/docs/AR4WG1\\_FAQ-Brochure\\_LoRes.pdf](https://wg1.ipcc.ch/publications/wg1-ar4/faq/docs/AR4WG1_FAQ-Brochure_LoRes.pdf)
- Klemedtsson, A. K. (1997). Greenhouse Gas Emissions from Farmed Organic Soil: a review. *Soil Use and Management*, XIII, 245-250.
- Kosegeran, V. V. (2013). Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Hidro Karbon (HC) pada Gas Buang Kendaraan Bermotor. *e-Journal Teknik Elektro dan Komputer*.
- Learning about Electronics. (n.d.). *Learning about Electronics*. Retrieved 2019, from ATmega328 Pinout: <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Atmega328-pinout.php>
- Meliyanto, N., & Eka, B. (2014). Pengendali Kipas Sirkulasi Udara melalui Deteksi Suhu Udara dan Karbon Dioksida Berlebih. *Jurnal Ilmiah Go Infotech*, XX(1), 1-8.
- Micro Robotics. (tnp.thn.). *Sensor MG811*. Diakses dari <https://www.robotics.org.za/image/cache/catalog/dfrobot/SEN0159/SEN0159-MAIN-500x500.jpg>
- Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2004). *Termodinamika Teknik Edisi ke-4*. Jakarta: Erlangga.
- Najiyati, S., Muslihat, L., & Suryadiputra, I. N. (2005). *Panduan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan*. Bogor, Indonesia: Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada.
- National Semiconductor. (2003, April). *LMC662 CMOS Dual Operational Amplifier*. Diakses 27 Agustus 2019, dari [http://images.100y.com.tw/pdf\\_file/LMC662.pdf](http://images.100y.com.tw/pdf_file/LMC662.pdf)

- Nebath, E., Pang, D., & Wuwung, J. O. (2014). Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO dan CO<sub>2</sub> di Lingkungan Industri. *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 65-72.
- Norberg, L. (2017). *Greenhouse Gas Emissions from Cultivated Organic Soil – Effect of Cropping System, Soil Type, and Drainage*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Proto Central. (tnp.thn.). *Arduino Uno R3*. Diakses dari Protocentral: [https://www.protocentral.com/4969-large\\_default/arduino-uno-r3.jpg](https://www.protocentral.com/4969-large_default/arduino-uno-r3.jpg)
- Pusat Penelitian Tanah. (1983). *Term of Reference (TOR): Survei Kapabilitas Tanah. Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT)*. Kerjasama Pusat Penelitian Tanah dan Departemen Transmigrasi.
- Risal, A. dkk.. (2017). *Mikrokontroler dan Interface* (Skripsi). Makassar: Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.
- Saleh, A., Wiguna, A. L., & Chaniago, P. A. (2016). Pengaruh Mesh dan Panjang Kain Nilon terhadap Peningkatan Kadar Metana pada Purifikasi Biogas. *Jurnal Teknik Kimia*, XXII(2), 62-69.
- Saleh, A., Yulistia, E., & Rambe, F. R. (2017). Purifikasi Biogas Berdasarkan Perbedaan Mesh Kain Nilon dan Laju Alir Biogas. *Jurnal Teknik Kimia*, XXIII(2), 137-145.
- Saleh, T., Darmawan, & Sumawinata, B. (2017). Fluks CO<sub>2</sub> dari Tanah Andosol pada Penggunaan Lahan Kebun Sayur dan Hutan di Kecamatan Cisarua Kabupaten Bogor. *Buletin Tanah dan Lahan*, I(1), 115-120.
- Samiaji, T. (2011). Gas CO<sub>2</sub> di Wilayah Indonesia. *Berita Dirgantara*, XII(2), 68-75.
- Saptiani, P. (2018). *Karakterisasi Kadar Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) pada Jenis Tanah Gambut terhadap Perubahan Temperatur*. Bandung: Program Studi Fisika FPMIPA UPI.
- Setia, R. dkk.. (2011). Relationship Between Carbon Dioxide Emission and Soil Properties in Salt-Affected Landscapes. *Soil Biology and Biochemistry*, XLIII(3), 667-674.

- Streets, D. G. dkk.. (2003). An Inventory of Gaseous and Primary Aerosol Emissions In Asia In The Year 2000. *Journal of Geophysical Research*, CVIII(D21), GTE 30 - (1-23).
- Subowo. (2010, Juli). Strategi Efisiensi Penggunaan Bahan Organik untuk Kesuburan dan Produktivitas Tanah melalui Pemberdayaan Sumberdaya Hayati Tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, IV(1), 13-25.
- Tim Publikasi Katadata. (29 April 2019). *Luas Gambut Indonesia Terbesar Kedua di Dunia*. Diakses 17 November 2019, dari DKatadata.co.id: <https://katadata.co.id/infografik/2019/04/29/luas-gambut-indonesia-terbesar-kedua-di-dunia>
- Tipler, P. A. (1998). *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Wahyunto, Ritung, S., & Subagjo, H. (2004). *Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan, 2002-2004*. Bogor, Jawa Barat, Indonesia: Wetlands International - Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC).
- Winoto, A. (2010). *Mikrokontroler AVR ATMega8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika.