

**HASIL PRODUKSI PADI DAN NILAI *CARBON BUDGET*  
PADA BEBERAPA MACAM PRAKTIK BUDIDAYA PADI  
DI KECAMATAN SAMBIREJO, KABUPATEN SRAGEN**

**TESIS**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
guna memperoleh derajat Magister Pertanian  
Pada Program Studi Agronomi



Oleh  
**Ibnu Supriyanto**  
S611008007

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2011**

*commit to user*

## HALAMAN PENGESAHAN

### HASIL PRODUKSI PADI DAN NILAI *CARBON BUDGET* PADA BEBERAPA MACAM PRAKTIK BUDIDAYA PADI DI KECAMATAN SAMBIREJO, KABUPATEN SRAGEN

Yang dipersiapkan dan disusun oleh  
Ibnu Supriyanto  
S611008007

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal : 20 Oktober 2011  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Kedudukan Penguji	Nama	Tandatangan	Tanggal
Ketua	<u>Prof. Dr. Ir. Supriyono, MS</u> NIP. 19590711 198403 1 002		
Sekretaris	<u>Dr. Ir. Supriyadi, MS</u> 19580813 198503 1 003		
Anggota	1. <u>Prof. Dr. Ir. H. Suntoro, MS</u> NIP.19551217 198203 1 003		
	2. <u>Prof.Dr. Ir. Mth. Sri Budiastuti, MSi</u> NIP. 19591205 198503 2 001		

Mengetahui  
Direktur Program Pascasarjana                      Ketua Program Studi Agronomi

Prof. Drs. Suranto, M.Sc, Ph.D  
NIP. 19570820 198503 1 004

Prof. Dr. Ir. Supriyono, MS  
NIP. 19590711 198403 1 002

*commit to user*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanallahu Wata'ala, atas nikmat dan karuniaNya, penulis dapat melaksanakan penelitian dengan judul **Hasil Produksi Padi Dan Nilai *Carbon Budget* Pada Beberapa Macam Praktik Budidaya Padi Di Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen**. Atas terselesainya penyusunan skripsi ini, dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Drs. Suranto, M.Sc, Ph.D selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Prof. Dr. Ir. Supriyono, MS selaku Ketua Program Studi Agronomi, PPs UNS dan Ketua Tim Penguji
3. Dr. Ir. Supriyadi, MS selaku sekretaris Tim Penguji
4. Prof. Dr. Ir. H. Sunoro, MS selaku Pembimbing I yang telah membimbing hingga selesainya tesis ini.
5. Prof.Dr. Ir. Mth. Sri Budiastuti, MSi selaku Pembimbing Utama yang begitu baik, perhatian, dan sabar dalam memberikan masukan serta ilmunya kepada penulis.
6. Istri tercinta saya Nurma Muharromi yang telah sabar dan terus memberikan semangat dan dukungan penulis dalam menyelesaikan tesis
7. Bapak dan ibu tercinta yang telah memberikan dukungan moral dan material untuk membantu mewujudkan cita-cita penulis.
8. Ibu Jauhari Syamsiah dan Bapak Mujiyo yang telah memberikan saya kesempatan dan kepercayaan untuk menjalankan proyek penelitian sehingga penulis dapat lulus tepat waktu
9. Yoga, Bayu W, Joko Widodo, dan Demi yang selalu membantu penulis baik di lapang maupun di dalam lab.
10. Bapak Kirno dan Bapak Sarwono yang telah memberikan waktu dan kepercayaan di kantor Balai Sungai sehingga peneliti dapat menyelesaikan studi dengan lancar.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi tercapainya kesempurnaan tesis ini. Akhir kata penyusun berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Surakarta, Nopember 2011

Penulis

*commit to user*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
A. Pertanian organik .....	4
B. Sumber emisi CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> .....	5
C. Emisi CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada lahan sawah .....	12
D. Pengaruh emisi CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> .....	15
E. Carbon budget .....	19
F. Kerangka Berpikir .....	22
G. Hipotesis .....	22
<b>III. METODELOGI</b> .....	23
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	24
C. Rancangan Penelitian .....	24
D. Tata Laksana Penelitian .....	25
E. Variabel-Variabel yang Diamati dalam Penelitian .....	31
F. Analisis Data .....	35

*commit to user*

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
A. Karakter Site Sampling .....	36
1. Cara budidaya.....	36
2. Topografi.....	37
3. Tanah.....	38
4. Pupuk.....	41
B. Total C ( Carbon ) Masuk .....	42
1. Total C pupuk organik .....	42
2. C tanaman.....	44
3. Akumulasi C Masuk.....	46
C. Total C (Carbon) Keluar .....	48
1. Emisi CH <sub>4</sub> .....	48
2. Emisi CO <sub>2</sub> .....	53
3. Akumulasi C keluar.....	57
D. Total C (carbon) Tersimpan.....	58
E. Carbon Budget .....	61
F. Indikator Tanah Dalam Mempertahankan C (carbon) .....	63
G. Pengaruh Carbon Budget, Indikator Tanah dalam Mempertahankan C Terhadap Hasil Tanaman .....	65
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>69</b>
A. Kesimpulan .....	69
B. Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>74</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Emisi gas CH <sub>4</sub> dari sentra produksi padi di Jawa Tengah.....	10
Tabel 2.2. Emisi gas CH <sub>4</sub> dan hasil padi pada beberapa cara pengelolaan tanah sawah dengan penambahan herbisida (takaran 3 kg bahan aktif ha-1) di Jakenan per musim tanam.....	11
Tabel 2.3. Emisi GRK Sektor Pertanian Pada Tahun 1990 (Gg).....	17
Tabel 3.1. Karakter Site Sampling.....	26
Tabel 4.1. Cara Budidaya Padi.....	36
Tabel 4.2. Karakteristik Topografi pada Site Sampling.....	37
Tabel 4.3. Karakteristik Tanah Pada Site Sampling.....	39
Tabel 4.4. Karakteristik Pupuk yang digunakan.....	41
Tabel 4.5. Carbon budget , indikator tanah dan Hasil tanaman padi.....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Dinamika gas metan pada lahan sawah.....	11
Gambar 2.2. Dinamika produksi dan emisi gas CH <sub>4</sub> dari lahan sawah.....	13
Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian .....	23
Gambar 3.2. Peta Penggunaan Lahan Pada Site Sampling .....	27
Gambar 3.3. Peta letak Site Sampling.....	28
Gambar 3.4. Sungkup untuk pengambilan gas CH <sub>4</sub> dengan posisi tanaman padi berada di dalam sungkup.....	29
Gambar 3.5. Sungkup untuk pengambilan gas CO <sub>2</sub> dengan posisi tanaman padi berada di luar sungkup.....	30
Gambar 4.1. Peta Topografi Site Sampling .....	38
Gambar 4.2. Grafik Total C Pupuk Organik yang diaplikasikan.....	42
Gambar 4.3. Grafik Total C Jaringan Tanaman. ....	44
Gambar 4.4. Grafik Akumulasi C Masuk.....	46
Gambar 4.5. Grafik Emisi CH <sub>4</sub> pada site sampling.....	48
Gambar 4.6. Grafik Emisi CH <sub>4</sub> pada Fase Pertumbuhan Tanaman Padi ....	51
Gambar 4.7. Grafik Emisi CO <sub>2</sub> pada site sampling.....	54
Gambar 4.8. Grafik Total C keluar. ....	56
Gambar 4.9. Grafik Total C Tersimpan .....	59
Gambar 4.10. Grafik Carbon Budget .....	61
Gambar 4.11. Grafik indikator tanah dalam mempertahankan C. ....	63
Gambar 4.12. Grafik hubungan Carbon Budget, indikator tanah dan hasil tanaman Padi .....	67

**ABSTRAK**

*Ibnu Supriyanto. S611008007.2011. Hasil Produksi Padi Dan Nilai Carbon Budget Pada Beberapa Macam Praktik Budidaya Padi Di Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen. Penelitian ini dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Sutoro, MS dan Prof. Dr. Ir. Mth. Sri Budiastuti, MSi. Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.*

*Carbon budget merupakan pedoman dalam menentukan kebijakan dan tolok ukur dalam mitigasi gas rumah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan macam budidaya padi yang menekan sebesar – besarnya emisi  $CH_4$  dan  $CO_2$ , serta setinggi – tingginya hasil padi, dan mempelajari korelasi antara cara budidaya padi, karakteristik tanah dengan carbon budget. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif dengan objek penelitian ditentukan secara purposive sampling berdasarkan sistem budidaya tanaman padi, saat sistem padi diterapkan dan varietas tanaman. Analisis data menggunakan analisis korelasi dan stepwise regression. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa sistem budidaya padi secara organik yang dimulai pada tahun 1995 dengan varietas IR 64 dan pupuk organik sebesar  $6 \text{ ton.ha}^{-1}$  mampu menekan emisi  $CH_4$  ( $-213,89 \text{ kg.ha}^{-1}$  per musim) dan  $CO_2$  ( $-476,68 \text{ kg.ha}^{-1}$  per musim) serta hasil padi tertinggi yaitu  $8,75 \text{ ton.ha}^{-1}$ . Sistem pertanian organik menghasilkan carbon budget tertinggi. Carbon budget yang cukup tinggi berhubungan erat dengan saat sistem padi diterapkan (0,836), pupuk kandang (0,634), bahan organik tanah (0,875) dan C-organik tanah (0,874).*

*Kata Kunci: Carbon budget, Budidaya padi, Emisi  $CH_4$ , Emisi  $CO_2$ , Hasil padi*

*commit to user*



## Summary

*Ibnu Supriyanto. S611008007.2011. Rice Production Yield and Carbon Budget Calculations On Some Rice Cultivations in Sambirejo District, Sragen. This research was supervised by Prof. Dr. Ir. H. Suntoro, MS, and Prof. Dr. Ir. Mth. Sri Budiastuti, MSi. Pascasarjana Program, Sebelas Maret University Surakarta.*

*Carbon budget is a guideline for determining the policies and benchmark in greenhouse gases mitigation. The aim of this study was to find the kinds of rice cultivation, that could pressure a lot of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emissions, as well as highly rice yields, and study the correlation between the way of rice cultivation, soil characteristics with the carbon budget. This study was a descriptive exploratory and the object of research was determined by purposive sampling based on rice cultivation system, time of rice system implementation and varieties of plants. Data were analysed by correlation and stepwise regression. The result of this study showed that organic rice cultivation system when began in 1995 with IR 64 and 6 ton.ha<sup>-1</sup> of organic fertilizer could suppress the emission of CH<sub>4</sub> (-213.89kg.ha<sup>-1</sup> per season) and CO<sub>2</sub> (-476.68 kg.ha<sup>-1</sup> per season) and the highest of rice yield as big as 8.75 ton.ha<sup>-1</sup>. Organic farming systems produced the highest carbon budget. The high of carbon budget closely related with time of rice system implementation (0.836), organic fertilizer (0.634), soil organic matter (0.875) and soil C-organic(0.874).*

**Keywords:** Carbon Budget, Rice Cultivation, emissions of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>, rice yields

*commit to user*

**ABSTRAK**

*Ibnu Supriyanto. S611008007.2011. Hasil Produksi Padi Dan Nilai Carbon Budget Pada Beberapa Macam Praktik Budidaya Padi Di Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen. Penelitian ini dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Sutoro, MS dan Prof. Dr. Ir. Mth. Sri Budiastuti, MSi. Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.*

*Carbon budget merupakan pedoman dalam menentukan kebijakan dan tolok ukur dalam mitigasi gas rumah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan macam budidaya padi yang menekan sebesar – besarnya emisi  $CH_4$  dan  $CO_2$ , serta setinggi – tingginya hasil padi, dan mempelajari korelasi antara cara budidaya padi, karakteristik tanah dengan carbon budget. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif dengan objek penelitian ditentukan secara purposive sampling berdasarkan sistem budidaya tanaman padi, saat sistem padi diterapkan dan varietas tanaman. Analisis data menggunakan analisis korelasi dan stepwise regression. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa sistem budidaya padi secara organik yang dimulai pada tahun 1995 dengan varietas IR 64 dan pupuk organik sebesar  $6 \text{ ton.ha}^{-1}$  mampu menekan emisi  $CH_4$  ( $-213,89 \text{ kg.ha}^{-1}$  per musim) dan  $CO_2$  ( $-476,68 \text{ kg.ha}^{-1}$  per musim) serta hasil padi tertinggi yaitu  $8,75 \text{ ton.ha}^{-1}$ . Sistem pertanian organik menghasilkan carbon budget tertinggi. Carbon budget yang cukup tinggi berhubungan erat dengan saat sistem padi diterapkan (0,836), pupuk kandang (0,634), bahan organik tanah (0,875) dan C-organik tanah (0,874).*

**Kata Kunci:** *Carbon budget, Budidaya padi, Emisi  $CH_4$ , Emisi  $CO_2$ , Hasil padi*

## Summary

*Ibnu Supriyanto. S611008007.2011. Rice Production Yield and Carbon Budget Calculations On Some Rice Cultivations in Sambirejo District, Sragen. This research was supervised by Prof. Dr. Ir. H. Suntoro, MS, and Prof. Dr. Ir. Mth. Sri Budiastuti, MSi. Pascasarjana Program, Sebelas Maret University Surakarta.*

*Carbon budget is a guideline for determining the policies and benchmark in greenhouse gases mitigation. The aim of this study was to find the kinds of rice cultivation, that could pressure a lot of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emissions, as well as highly rice yields, and study the correlation between the way of rice cultivation, soil characteristics with the carbon budget. This study was a descriptive exploratory and the object of research was determined by purposive sampling based on rice cultivation system, time of rice system implementation and varieties of plants. Data were analysed by correlation and stepwise regression. The result of this study showed that organic rice cultivation system when began in 1995 with IR 64 and 6 ton.ha<sup>-1</sup> of organic fertilizer could suppress the emission of CH<sub>4</sub> (-213.89kg.ha<sup>-1</sup> per season) and CO<sub>2</sub> (-476.68 kg.ha<sup>-1</sup> per season) and the highest of rice yield as big as 8.75 ton.ha<sup>-1</sup>. Organic farming systems produced the highest carbon budget. The high of carbon budget closely related with time of rice system implementation (0.836), organic fertilizer (0.634), soil organic matter (0.875) and soil C-organic(0.874).*

**Keywords:** Carbon Budget, Rice Cultivation, emissions of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>, rice yields

*commit to user*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar belakang

Kebutuhan beras organik terus mengalami peningkatan seiring dengan kesadaran masyarakat akan pentingnya peran makanan yang sehat. Beras tersebut merupakan hasil dari budidaya pertanian organik dan mempunyai kelebihan dari beras biasa yaitu rasa yang enak, tidak mudah basi, harga yang lebih mahal, memiliki kandungan nutrisi dan mineral tinggi, aman untuk dikonsumsi. Hal tersebut mendorong para petani untuk mengembangkan pertanian organik pada lahan sawah.

Kelebihan pertanian padi organik yaitu dapat memperbaiki kualitas air dan tanah serta menghasilkan beras yang aman di konsumsi. Pertanian organik juga meningkatkan keanekaragaman hayati dengan cara menyediakan habitat yang sehat bagi banyak spesies mulai dari jamur mikroskopis hingga makro fauna. Akan tetapi kekurangan budidaya padi secara organik adalah telah terbukti sebagai penyumbang gas rumah kaca.

Gas rumah kaca akan berdampak pada perubahan iklim global yaitu: (1) kenaikan suhu udara yang juga berdampak terhadap unsur iklim lain, terutama kelembaban dan dinamika atmosfer, (2) perubahan pola curah hujan dan peningkatan intensitas kejadian iklim ekstrim (anomali iklim) seperti El-Nino dan La-Nina, dan (3) kenaikan permukaan air laut akibat pencairan gunung es di kutub utara. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat dua kali lipat dari konsentrasi CO<sub>2</sub> dari tahun 2002, maka diperkirakan frekuensi kejadian ENSO (*El-Nino and Southern Oscillation*) akan meningkat dari sekali dalam 3-7 tahun menjadi sekali dalam 2-5 tahun dan jika konsentrasinya meningkat tiga kali lipat, frekuensi kejadian menjadi sekali dalam 2-3 tahun (Boer,2002). Satu kali kejadian EI-Nino (Iemah-sedang) dapat menurunkan produksi padi nasional sebesar 2-3%. Jika iklim ekstrim diikuti oleh peningkatan suhu udara maka penurunan produksi padi akan lebih tinggi (Noegroho, 2010).

Budidaya padi pada lahan tergenang dapat mengakibatkan tanah kehilangan C sebagai emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Selain gas tersebut juga dihasilkan

*commit to user*

gas  $N_2O$ . Gas tersebut merupakan gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global.  $CH_4$  mampu memantulkan panas ke bumi lebih tinggi dibandingkan  $CO_2$  yaitu sebesar 23 kali dari  $CO_2$  (Reay *et al.*, 2010).

$CH_4$  (Methan) adalah salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan melalui dekomposisi anaerobik bahan organik. Pemasukan intensif bahan organik berupa jerami pada keadaan tergenang sangat ideal bagi berlangsungnya dekomposisi anaerobik di lahan sawah. Budidaya padi di pulau Jawa merupakan penghasil emisi gas metan terbesar di Indonesia. Begitu pula dengan gas  $CO_2$  dalam kondisi berlebihan,  $CO_2$  ikut berperan dalam peningkatan efek rumah kaca.  $CO_2$  mempunyai jumlah paling besar dibandingkan dengan gas rumah kaca lainnya.

Emisi gas diturunkan dengan budidaya padi ramah lingkungan. Untuk itu perlu dicari budidaya padi yang rendah kehilangan C dengan cara mengukur masukan, simpanan dan keluaran C serta masukan bahan organik yang menekan laju gas  $CO_2$  dan  $CH_4$  dan hal tersebut merupakan salah satu upaya mitigasi. Mitigasi emisi gas rumah kaca adalah upaya untuk menekan laju emisi gas rumah kaca dari berbagai kegiatan yang berhubungan dengan aktivitas manusia (Ravindranath *et al.*, 2008). Sumber pelepasan gas rumah kaca berhubungan erat dengan berbagai sektor yang berkaitan langsung dengan kehidupan manusia seperti energi, industri, pertanian, kehutanan, dan pengelolaan limbah (Casper, 2010).

Sumbangan utama emisi pada lahan sawah adalah penggunaan pupuk. Pemberian bahan organik pada lahan sawah akan menyebabkan bahan organik terdekomposisi dalam keadaan anaerob. Dekomposisi bahan organik secara anaerob akan menghasilkan gas berupa  $CH_4$ .  $CH_4$  merupakan salah satu gas rumah kaca yang dapat menyebabkan perubahan iklim global, sehingga perlu adanya rekomendasi mengenai masukan bahan organik dan pengelolaan budidaya padi secara organik melalui *carbon budget*. *Carbon budget* merupakan strategi dalam mitigasi gas karbon dengan cara mempertimbangkan masukan carbon ke dalam tanah, carbon yang tersimpan dan carbon yang keluar, sehingga akan tercipta sistem pertanian organik yang sehat dan ramah lingkungan.

## B. Perumusan Masalah

Berdasarkan pada paparan diatas, ada beberapa pertanyaan penelitian yang berusaha dijawab dalam penelitian ini, beberapa pertanyaan tersebut meliputi:

1. Macam budidaya padi apakah yang dapat menekan secara maksimal emisi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ , serta hasil padi yang paling optimum.
2. Bagaimana korelasi antara cara budidaya padi, karakteristik tanah dengan *carbon budget*.

## C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Menentukan macam budidaya padi yang menekan secara maksimal emisi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ , serta hasil padi yang paling optimum.
2. Mempelajari korelasi antara cara budidaya padi, karakteristik tanah dengan *carbon budget*.

## D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai *carbon budget* yang mencerminkan signifikan antara masukan, simpanan, dan keluaran karbon dalam budidaya padi organik untuk hasil padi yang maksimal dan ramah lingkungan. Rekomendasi kuantitas pupuk organik pada sistem budidaya padi yang menekan emisi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pertanian Organik

Pada umumnya, pengertian pelaku agribisnis tentang pangan organik ini seringkali keliru, apabila sudah tidak diproduksi dengan bahan kimia sintesis, termasuk pupuk atau pestisida, maka produk dapat dijual dengan label “organik”. Pengertian tersebut menyesatkan, karena apabila lahan pernah digunakan untuk pertanian konvensional yang menggunakan bahan kimia, perlu masa konversi untuk mendegradasi bahan kimia yang tersisa didalam tanah. Pada masa konversi ini produk biasanya dikatakan sebagai ‘transisi organik’ atau saat ini ada yang menyebut ‘Go-Organik’ (Anonim,2002).

Setelah melalui masa konversi atau jangka waktu tertentu yang ditetapkan, produk hasil dari lahan tersebut dan diproduksi dengan sistem pertanian organik, baru dapat dilabel “organik”. Persyaratan inilah yang sering dilupakan oleh pelaku agribisnis. Persyaratan lain yang penting dalam produk pangan organik antara lain tidak menggunakan produk GMO (bibit/benih), dan diproduksi tanpa iradiasi. tidak mudah mendapatkan sertifikat / label SNI organik karena untuk mendapatkan label organik pada produk terlebih dahulu harus dilakukan serangkaian kegiatan sertifikasi organik oleh lembaga sertifikasi produk pangan organik yang kredibel. Dalam upaya mendorong pengembangan pertanian organik di Indonesia untuk menuju sertifikasi produk organik , Pusat Standardisasi dan Akreditasi – Deptan telah menyusun draft tentang sistem sertifikasi bertahap menuju pertanian organik. Ada 4 jenis sertifikat yang dihasilkan dari kegiatan sertifikasi ini yaitu: 1) Sertifikat dan label BIRU untuk produk Non Pestisida; 2) Sertifikat dan label KUNING untuk transisi organik; 3) Sertifikat dan label HIJAU untuk produk setara dengan SNI organik dan 4) Produk pertanian yang tumbuh secara organik dengan sendirinya (*Organically Grown*) (Anonim,2002).

Pertanian organik sebagai sistem pertanian yang tidak menggunakan input (masukan) kimia sama sekali, baik pupuk maupun pestisida, tetapi hanya menggunakan input alami (organik) secara in situ. Sistem ini dikaitkan dengan

*commit to user*

konsep pertanian berkelanjutan input rendah. Sasaran utama pertanian organik menurut mereka adalah untuk menghasilkan produk yang bersih, sehat, dan bernilai ekonomi lebih tinggi tanpa merusak kelestarian sumber daya alam (Yagi *et al.*, 1990).

Komoditi pertanian Sragen yang telah mengaplikasikan teknologi pertanian organik adalah beras organik yang dihasilkan oleh Padi mulia dan Pelopor. Produksi beras organik mereka telah bebas dari pestisida dan residu zat kimia lainnya (Uji lab sucofindo). Total luas lahan pertanian padi organik di kabupaten Sragen adalah 3.256,77 Ha dengan total kapasitas produksi 19.439,78 ton (data tahun 2006). Jenis padi organik yang dikembangkan di kabupaten Sragen antara lain varietas IR-64, Mentik wangi dan C-64 dengan kualitas yang bisa disejajarkan dengan produk sejenis dari luar negeri sekalipun. Harga beras organik bervariasi tergantung kualitas dan varietas. Sistem pertanian organik tidak lepas dari penggunaan pupuk organik dan pestisida organik. Untuk mendukung sistem pertanian organik, kabupaten Sragen turut memacu produktifitas pupuk dan pestisida organik. Saat ini di Sragen terdapat 194 produsen pupuk organik dengan total kapasitas produksi 2.226,7 ton serta 20 produsen pestisida organik. Berikut rincian produksi padi organik di Sragen

1. 1.450 hektar lahan pertanian padi organik menghasilkan 7.975 ton padi organik per tahun atau 3.987 ton beras organik per tahun
2. Produksi beras organik (sudah dalam kemasan siap kirim) yaitu 8 ton/minggu
3. Sedangkan untuk penggilingan beras organik, kapasitas penggilingan mencapai 10-20 ton / hari

(DPTP Kabupaten Sragen, 2007)

## **B. Sumber Emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>**

CH<sub>4</sub> terbentuk akibat dekomposisi bahan organik pada kondisi anaerobik. Organisme yang berperan dalam proses pembentukan CH<sub>4</sub> ini disebut bakteri metanogenik, sedangkan bakteri yang menyebabkan



berkurangnya  $\text{CH}_4$  adalah bakteri metanotropik. Bakteri metanogenik sangat peka terhadap oksigen sedangkan metanotropik menggunakan  $\text{CH}_4$  sebagai satu-satunya sumber energi untuk metabolisme. Mikroorganisme tersebut dapat berfungsi dengan maksimal sesuai perannya masing-masing tergantung dari ketersediaan oksigen dalam kondisi tanah jenuh air. Redoks potensial tanah merupakan faktor penting pengontrol pembentukan  $\text{CH}_4$ . Tahapan proses redoks yang terjadi di lahan sawah yang tergenang adalah berkurangnya kandungan oksigen tanah, reduksi  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4$  dan reduksi  $\text{CO}_2$  membentuk  $\text{CH}_4$ . Bakteri metanogenik dapat bekerja optimal pada redoks potensial kurang dari  $-150$  mV (Chen dan Agus, 2010).

Dekomposisi bahan organik dalam keadaan anaerob akan menghasilkan beberapa senyawa dan gas, antara lain adalah metan, hidrogen sulfida, etilen, asam asetat, asam butirat, asam laktat, dan asam-asam organik lainnya seperti asam-asam fenolat. Sebagian besar dari asam-asam ini bersifat racun bagi beberapa jenis asam fenolat yang umum dijumpai dalam tanah adalah asam vanilat, *p*-kumarat, *p*-hidroksibenzoat, salisilat, galat, sinapat, gentisat, dan asam siringat (Las, 2006).

Pada tanah sawah bahan organik didekomposisi secara anaerob oleh bakteri methanogenik. Bakteri tersebut menghasilkan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  sebagai hasil akhir proses dekomposisi. Tahapan dekomposisi bahan organik dalam tanah sawah sebagai berikut

#### 1. *Hidrolisis.*

Pada langkah pertama, bahan organik secara enzimatik diuraikan oleh enzim ekstraselular (selulosa, amilase, proteinase, dan lipase) mikroorganisme. Bakteri mendekomposisi rantai panjang karbohidrat, protein dan lemak menjadi bagian yang lebih pendek. Sebagai contoh, polisakarida diubah menjadi monosakarida. Protein dibagi menjadi peptida dan asam amino. Pada tahap ini, molekul organik yang kompleks diuraikan menjadi bentuk yang lebih sederhana, seperti karbohidrat (simple sugars), asam amino, dan asam lemak.

2. *Asidogenesis*.

Pada tahap ini terjadi proses penguraian yang menghasilkan amonia, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida.

3. *Asetagenesis*.

Pada tahap ini dilakukan proses penguraian produk acidogenesis; menghasilkan hidrogen, karbon dioksida, dan asetat.

4. *Methanogenesis*.

Ini adalah tahapan terakhir dan sekaligus yang paling menentukan, yakni dilakukan penguraian dan sintesis produk tahap sebelumnya untuk menghasilkan gas methana ( $\text{CH}_4$ ). Hasil lain dari proses ini berupa karbon dioksida, air, dan sejumlah kecil senyawa gas lainnya.

(Kutsch *et al.*, 2010)

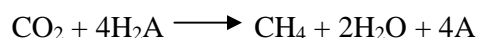
Salah satu penyebab terjadinya pemanasan global adalah emisi gas rumah kaca (GRK). Sektor pertanian disinyalakan merupakan salah satu penyebab emisi GRK, setelah sektor kehutanan dan energi. Sebagai gambaran total emisi GRK pada tahun 1994 mencapai 729 Tg (terra gram) yang berasal dari sektor energi, industri, pertanian, kehutanan, dan limbah. Sumbangan emisi GRK terbesar di sektor pertanian adalah padi sawah. Teknologi untuk menurunkan emisi GRK yang telah tersedia di Lolingtan Jakenan antara lain dengan mensubstitusi sebagian urea dengan ammonium sulfat, melaksanakan tanpa olah tanah, dan mengganti sistem semai dengan sebar benih langsung. Dengan menerapkan teknologi ini maka tingkat emisi GRK dapat ditekan (Deptan, 2007).

Efek rumah kaca adalah proses yang memperlambat pelepasan energi matahari ke ruang angkasa. Lebih khusus lagi, setelah permukaan bumi menyerap masuk radiasi matahari, banyak energi yang dipancarkan kembali ke angkasa, namun proses emisi terhalang oleh adanya gas rumah kaca. Iklim bumi telah berfluktuasi sepanjang waktu sebagai tingkat gas rumah kaca-terutama karbon dioksida, metan. Vegetasi, tanah, dan lautan dapat menyimpan atau pelapaskan gas tersebut, dan vulkanisme dapat meningkatkan

tingkat gas rumah kaca dengan menambahkan karbon dioksida ke atmosfer. Metana (CH<sub>4</sub>) adalah rumah kaca terpenting kedua (Rafferty, 2011).

Perbedaan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebagai penyumbang gas rumah kaca adalah dimana CH<sub>4</sub> lebih potensial daripada CO<sub>2</sub> karena radiasi memaksa diproduksi per molekul yang lebih besar. Penambahan CH<sub>4</sub> menyebabkan inframerah kurang jenuh pada kisaran radiasi panjang gelombang diserap oleh CH<sub>4</sub>, sehingga molekul mengisi di wilayah tersebut. Di atmosfer konsentrasi CH<sub>4</sub> jauh lebih rendah dari konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer. CH<sub>4</sub> juga memiliki waktu tinggal yang cukup pendek di atmosfer dari CO<sub>2</sub> (waktu tinggal untuk CH<sub>4</sub> kira-kira 10 tahun, dibandingkan dengan ratusan tahun untuk CO<sub>2</sub>) (Rafferty, 2011).

Berdasarkan konsentrasi C tersedia, asam ferulat synapic adalah tertinggi, dan terendah adalah asam siringic. Seperti rangkaian konsentrasi asam bisa tercantum sebagai berikut: asam ferulat synapic > asam p-coumaric p-hidroksibenzoat > asam vanilic > asam syringic. Asam tersebut dikategorikan sebagai sumber utama C tersedia karena tingginya kandungan karboksil (-COOH) dan metoksi (-OCH<sub>3</sub>). COOH bisa dipecah sepenuhnya menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O melalui proses oksidasi - reduksi. CO<sub>2</sub> juga bisa dilepaskan ketika grup metoksi (-OCH<sub>3</sub>) berubah menjadi -OH. Selama pembentukan fenol -OH melalui proses demethylasi, hidroksilasi dan oksidasi. Gas penting lainnya yaitu metana (CH<sub>4</sub>), diproduksi dalam kondisi anaerob oleh bakteri (methanogen). Dekomposisi anaerobik pada lahan sawah mengakibatkan perubahan CO<sub>2</sub> menjadi CH<sub>4</sub> yang tergantung pada pH tanah. Umumnya dalam kondisi anaerob menghasilkan CH<sub>4</sub> melalui pengurangan CO<sub>2</sub> dengan H<sub>2</sub> atau molekul organik (H<sub>2</sub>A) sebagai donor H jika pH tanah sangat rendah reaksi perubahan terjadi sebagai berikut:



Walaupun konsentrasi CH<sub>4</sub> di atmosfer jauh lebih rendah dari konsentrasi CO<sub>2</sub> atmosfer dari gas rumah kaca akan tetapi konsentrasi CH<sub>4</sub> di atmosfer meningkat secara signifikan sehingga mempengaruhi suhu global.

Pentingnya  $\text{CH}_4$  sebagai gas rumah kaca, karena konsentrasi tahunan meningkat sekitar 0,8% (Rodrigues, 2010)

Penambahan 1% C-glukosa ke tanah dapat meningkatkan produksi  $\text{CH}_4$  sebanyak 12 kali dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi. Besarnya jumlah asam asetat dan rendahnya asam propionat dan n-butirat dapat mengakibatkan penurunan pH tanah selama inkubasi dalam kondisi anaerobik. Penurunan pH berkisar antara 3,5, dan 4,0 yang mungkin karena akumulasi ion hidrogen dari pengurangan glukosa dalam kondisi anaerob. Metanogen bakteri aktif menghasilkan  $\text{CH}_4$  pada pH 6-7 dan penurunan pH dapat mengurangi aktivitas metanogen secara drastis. Hasil ini memberikan indikasi bahwa sifat - sifat tanah mempengaruhi laju produksi  $\text{CH}_4$  dalam kondisi tanah yang anaerob. Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan glukosa dalam tanah dapat meningkatkan produksi  $\text{CH}_4$ . Jerami merupakan sumber karbon tinggi, yang dapat meningkatkan produksi  $\text{CH}_4$ . pemberian jerami dalam kondisi reduksi dapat menurunkan status potensial redoks tanah, sehingga emisi  $\text{CH}_4$  meningkatkan (Kollmuss *et al.*, 2010).

Telah dikenal selama satu abad bahwa kegiatan pertanian di tanah tergenang mengakibatkan tanah kehilangan C sebagai emisi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ . kehilangan C akan menyebabkan dampak bagi lingkungan. Peningkatan C-tersedia, dan telah menjadi perhatian utama. Namun, pengukuran  $\text{CO}_2$  langsung di tanah tergenang di Indonesia umumnya terbatas pada beberapa lokasi dan hanya dilakukan selama periode waktu yang sangat singkat (Chen *et al.*, 2010).

Berbicara tentang emisi  $\text{CH}_4$  dan nilai rosotnya dari lahan pertanian tidak sesederhana gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{N}_2\text{O}$ . Metana dikenal juga sebagai gas rawa yang memiliki waktu tinggal di atmosfer selama 12 tahun. Selain waktu tinggalnya yang lama,  $\text{CH}_4$  memiliki kemampuan memancarkan panas 23 kali lebih tinggi dari  $\text{CO}_2$ . Tidak ada potensi rosot yang jelas terhadap gas ini. Bakteri metanotrop yang ada pada lahan sawah adalah satu-satunya mikroorganisme yang dapat menggunakan  $\text{CH}_4$  sebagai bagian dari proses metabolisme yang kemudian diubah menjadi  $\text{CO}_2$ . Dengan berat molekul yang

ringan, gas CH<sub>4</sub> juga mampu menembus sampai lapisan ionosfir dimana terdapat senyawa radikal O<sub>3</sub> yang berfungsi sebagai pelindung bumi dari serangan radiasi gelombang pendek ultra violet (UV-B). Kehadiran gas CH<sub>4</sub> pada lapisan ionosfir menyebabkan kandungan O<sub>3</sub> berkurang. Metana adalah salah satu gas yang menyebabkan penipisan ozon bumi. Oleh karena itu, gas rumah kaca yang harus diwaspadai untuk diturunkan emisinya dari lahan sawah adalah metan (Setyanto, 2009).

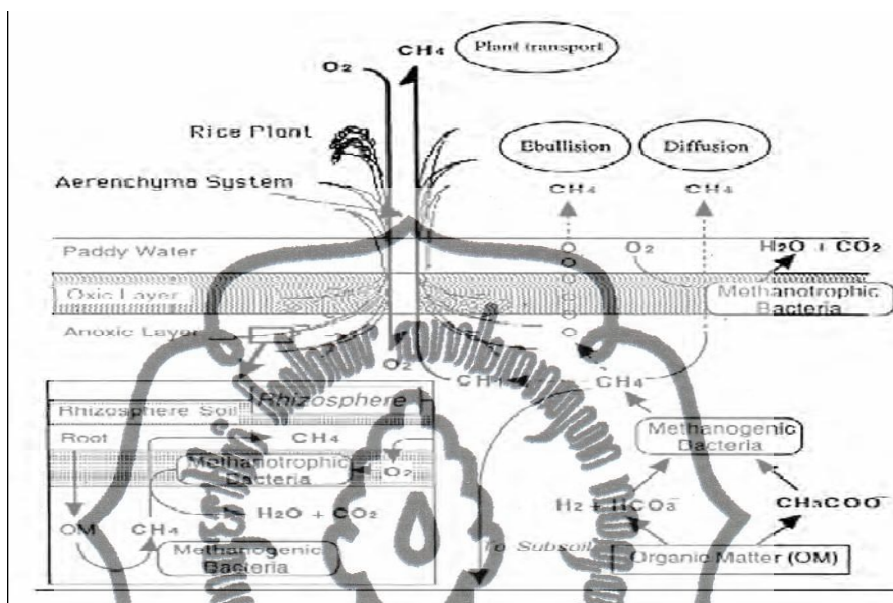
Tabel 2.1. Emisi gas CH<sub>4</sub> dari sentra produksi padi di Jawa Tengah

Kabupaten	Klasifikasi tanah	Varietas tanaman	Emisi CH <sub>4</sub> musiman kg ha <sup>-1</sup>
Kebumen	Eutrudepts, Hapludalfs	IR 64	798,6
Semarang	Endoaquepts, Dystrudepts	IR 64	775,1
Boyolali	Haplustepts, Haplustalf	Memberamo	682,4
Magelang	Dystrudepts, Endoaquepts	IR 64	599,4
Sragen	Haplustepts, Dystrudepts	IR 64	543,2
Blora	Haplustepts, Haplustalf	IR 64	409,5
Kendal	Endoaquepts	IR 64	338,2
Purworejo	Eutrudepts, Undorthents	IR 64	331,1
Cilacap	Udipsamments, Endoaquents	IR 64	323,0
Pekalongan	Endoaquepts	IR 64/Way Seputih	300,5
Pati	Haplustent, Haplustalfs	IR 64	155,2
Pemalang	Hapludults	IR 64	147,6
Temanggung	Hapludults	IR 64	107,1

(Setyanto, 2009)

Emisi CH<sub>4</sub> dari pupuk dapat dikurangi dengan meningkatkan sistem manajemen limbah ternak yang diberikan pada kondisi aerobik. Selain itu

CH<sub>4</sub> dapat dihambat oleh penambahan nutrisi seperti nitrogen, karena suplai N pada tanah sawah akan menguntungkan bagi bakteri oksidasi CH<sub>4</sub>.



Gambar 2.1 Dinamika gas metan pada lahan sawah (Demirbas, 2010).

Tabel 2.2. Emisi gas CH<sub>4</sub> dan hasil padi pada beberapa cara pengelolaan tanah sawah dengan penambahan herbisida (takaran 3 kg bahan aktif ha-1) di Jakenan per musim tanam

Perlakuan	Total emisi CH <sub>4</sub>	Hasil padi
	kg ha-1	t ha-1
Tergenang, OTS*	422	5,2
Tergenang, TOT**, paraquat	158	4,8
Tergenang, TOT, glifosat	180	4,6
Pengairan berselang, OTS	246	5,1
Pengairan berselang, TOT, paraquat	177	4,7
Pengairan berselang, TOT, glifosat	143	4,7
Macak-macak, OTS	240	4,7
Macak-macak, TOT, paraquat	61	4,6
Macak-macak, TOT, glifosat	88	4,6

\*OTS : olah tanah sempurna \*\*TOT : tanpa olah tanah

Sumber: Setyanto (2009)

Salah satu proses biologis yang paling penting adalah siklus karbon. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) diubah melalui fotosintesis, untuk menghasilkan

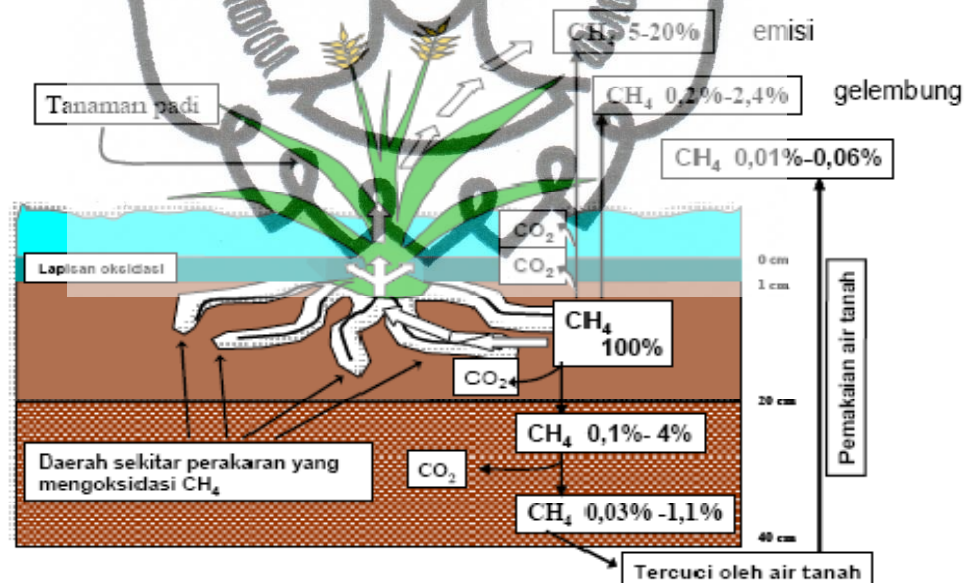
karbohidrat pada tumbuhan. Konsumsi karbohidrat dalam tumbuhan oleh manusia dan hewan dan oksidasi melalui metabolisme menghasilkan karbon dioksida dan produk lainnya sehingga CO<sub>2</sub> kembali ke atmosfer. Beberapa dari karbon ini terlepas dari siklus dan disimpan dalam tanah, pohon, atau dalam kerak bumi. Beberapa karbon organik, sebagian besar dalam bentuk minyak dan batubara, yang telah terakumulasi dalam kerak bumi sebagai bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil untuk menjalankan industri, bersama-sama dengan pengurangan tutupan hutan, kegiatan pertanian intensif, menyebabkan dibebaskan karbon organik dalam jumlah besar. Ketika proses pembebasan karbon di alam dalam kondisi anaerobik, maka karbon yang terlepas sebagai metan (Kutsch *et al.*, 2010).

### C. Emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Lahan Sawah

Di Indonesia, sektor pertanian menyumbang 13,6 persen gas rumah kaca. Emisi GRK sektor pertanian tanpa lahan gambut 70 persen berasal dari sawah, 29,9 persen dari peternakan dan 0,1 persen dari pembakaran residu pertanian. Gas utama yang diemisikan adalah gas metan dan N<sub>2</sub>O. Jika ditambah dengan alih fungsi lahan dan kehutanan, emisi GRK yang dihasilkan bertambah 47 persen. Dampak dari pemanasan global bagi pertanian antara lain adanya banjir di musim basah dan kekeringan di musim kering, oleh karena itu perlu perencanaan adaptasi lingkungan antara lain dengan menyesuaikan pola tanam dan menerapkan teknologi penekan emisi (Adhi *et al.*, 2010).

Pertanian padi terutama yang selalu tergenang merupakan sumber dari tiga macam GRK yaitu karbondioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O). Karbondioksida merupakan komponen terbesar yang diemisikan dari lahan pertanian. Walaupun emisi CO<sub>2</sub> sangat tinggi di pertanian padi tetapi gas ini akan kembali digunakan tanaman padi saat berlangsungnya proses fotosintesis dan akan dikonservasikan ke bentuk biomas tanaman. Oleh karena itu emisi CO<sub>2</sub> dari tanaman padi disebut sebagai *zero net emission* (Setyanto, 2009).

$\text{CH}_4$  adalah salah satu GRK yang dihasilkan melalui dekomposisi anaerobik bahan organik. Pemasukan intensif bahan organik berupa jerami pada keadaan tergenang sangat ideal bagi berlangsungnya dekomposisi anaerobik di lahan sawah. Laju produksi dan emisi  $\text{CH}_4$  akibat proses dekomposisi bahan organik di lahan sawah dapat diukur dengan peralatan gas kromatografi dan boks penangkap gas yang beroperasi secara otomatis. Variasi emisi  $\text{CH}_4$  tersebut tidak hanya dipengaruhi secara signifikan oleh jenis tanah, tetapi cara pengelolaan tanah dan tanaman yang kesemuanya ternyata mempunyai peran yang signifikan terhadap emisi  $\text{CH}_4$  dari lahan sawah. Emisi  $\text{CH}_4$  dari lahan sawah dapat ditekan. Penelitian di Jakenan menunjukkan bahwa laju produksi dan emisi  $\text{CH}_4$  dapat ditekan antara lain melalui pemilihan varietas padi, penggunaan pupuk anorganik, pengaturan air irigasi serta pemakaian herbisida (Hadi, 2010).



Gambar 2.2 Dinamika produksi dan emisi gas  $\text{CH}_4$  dari lahan sawah (Setyanto, 2009).

Tanah sangat penting dalam penyimpanan karbon di bumi. Jumlah karbon dalam tanah tiga kali lebih tinggi atmosfer. Dari sudut pandang masalah lingkungan global, salah satu fungsi yang paling penting dari tanah adalah sebagai tempat pertukaran gas dengan atmosfer, sehingga akan



mempengaruhi konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dan berakibat pada iklim di bumi. Lebih dari 60% koloid karbon tanah adalah karbon organik, yang berada dalam kesetimbangan dinamis. Karbon organik tanah dapat disebut "*biosequestration*" penangkapan dan penyimpanan CO<sub>2</sub> melalui proses biologis. Dalam pengelolaan kesuburan tanah, pemupukan tidak hanya bisa menggantikan nutrisi yang hilang karena panen, tetapi juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dan produksi biomassa. Biomassa ini dapat menyerap CO<sub>2</sub> dan mengubahnya sebagai karbohidrat dan biomassa selama *photosynthesis* (Kutsch *et al.*, 2010).

Gas metan tidak hanya diproduksi, tetapi juga dikonsumsi. Pada tanah anaerobik pembentukan metan melalui proses mikroba yaitu *methanotrophy*, bakteri ini juga dapat hidup di tanah kering, sehingga bakteri tersebut sangat berperan dalam peningkatan konsentrasi CH<sub>4</sub> di atmosfer. Sawah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap emisi CH<sub>4</sub>, yang menyebabkan konsentrasi di atmosfer meningkat dua kali sejak era praindustri. Perkiraan awal menunjukkan bahwa produksi beras menyumbang sekitar seperempat dari total CH<sub>4</sub> sumber antropogenik dan kekuatan sama dengan sumber ruminansia atau sektor energi. Jalur emisi CH<sub>4</sub> yang diakumulasikan dalam genangan tanah sawah adalah melalui difusi ke dalam air genangan, emisi CH<sub>4</sub> melalui gelembung udara, dan transportasi difusif melalui sistem *aerenchyma* tanaman padi. Lahan sawah di iklim sedang, lebih dari 90 persen emisi CH<sub>4</sub> terjadi melalui tanaman, sebaliknya di sawah dengan iklim tropis sebagian besar CH<sub>4</sub> dapat berkembang dengan gelembung udara, khususnya ketika awal musim dan ketika pemberian bahan organik yang tinggi (Reay *et al.*, 2010).

Emisi GRK dari kegiatan pertanian dan sampah sangat kecil dan tidak signifikan secara global. Emisi GRK dari kegiatan pertanian sebagian besar (70%) berasal dari produksi padi, terutama gas metana (CH<sub>4</sub>) dan nitrogen dioksida (N<sub>2</sub>O). Emisi GRK tersebut akan berdampak terhadap peningkatan suhu global, yang selanjutnya terhadap perubahan iklim yang akan berdampak buruk bagi sektor pertanian, perikanan, dan kehutanan. GRK yang perlu mendapat perhatian adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitro-oksida

(N<sub>2</sub>O), O<sub>3</sub>, klorofluorokarbon (CFC), hidroklorofluorokarbon (HCFC), hidrofluorokarbon (HFC), perfluorokarbon (PFC), dan sulfur heksaflorida (SF<sub>6</sub>). gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O memiliki sifat seperti rumah kaca, yaitu meneruskan radiasi gelombang pendek atau cahaya matahari, tetapi menyerap dan memantulkan radiasi gelombang panjang yang dipancarkan bumi yang bersifat panas sehingga meningkatkan suhu di atmosfer bumi (Sutrisno *et al.*, 2009).

Ruang udara pada pembuluh aerenkima daun, batang dan akar yang berkembang dengan baik menyebabkan pertukaran gas pada tanah tergenang berlangsung cepat. Pembuluh tersebut bertindak sebagai cerobong (*chimney*) bagi pelepasan CH<sub>4</sub> ke atmosfer. Suplai O<sub>2</sub> untuk respirasi pada akar melalui pembuluh aerenkima dan demikian pula gas - gas yang dihasilkan dari dalam tanah, seperti CH<sub>4</sub> akan dilepaskan ke atmosfer juga melalui pembuluh yang sama untuk menjaga keseimbangan termodinamika. Mekanisme ini terjadi akibat perbedaan gradient konsentrasi antara air di sekitar akar dan ruang antar sel lisigenus pada akar dan menyebabkan CH<sub>4</sub> terlarut di sekitar perakaran terdifusi ke permukaan cairan akar menuju dinding sel korteks akar. Pada dinding korteks akar, CH<sub>4</sub> terlarut akan berubah menjadi gas dan disalurkan ke batang melalui pembuluh aerenkima dan ruang antar sel lisigenus. Selanjutnya CH<sub>4</sub> akan dilepas melalui pori-pori mikro pada pelepah daun bagian bawah (Deptan, 2007).

#### D. Pengaruh Emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>

Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan Gas-gas di atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi matahari yang dipantulkan oleh bumi sehingga menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi hangat. Gas Rumah Kaca akan menyebabkan terjadinya Efek Rumah Kaca yaitu bertambahnya jumlah GRK di atmosfer yang menyebabkan energi panas yang seharusnya dilepas ke luar atmosfer bumi dipantulkan kembali ke permukaan dan menyebabkan temperatur permukaan bumi menjadi lebih panas sehingga akan mengakibatkan pemanasan global dimana terjadi peningkatan temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Selain menurunkan

produktivitas terutama akibat terjadinya banjir dan kekeringan, pergeseran musim dan peningkatan intensitas kejadian iklim ekstrim, *global warming* juga menjadi penyebab penciptaan dan fluktuasi luas tanam serta memperluas areal pertanaman yang akan gagal panen, terutama tanaman pangan dan tanaman semusim lainnya. Oleh sebab itu perubahan iklim dan kejadian iklim ekstrim seperti El-Nino dan La-Nina akan mengancam ketahanan pangan nasional, dan keberlanjutan pertanian pada umumnya. Sebagai gambaran, satu kali kejadian El-Nino (Lemah sedang) dapat menurunkan produksi padi nasional sebesar 2-3%. Jika iklim ekstrim diikuti oleh peningkatan suhu udara maka penurunan produksi padi akan lebih tinggi (Direktorat Pengelolaan Air, 2009).

Peningkatan panas di lingkungan pertanian ternyata diakibatkan konsentrasi gas metan yang menyelimuti areal persawahan. Gas metan yang rumus kimianya  $CH_4$  tersebut merupakan sebagian dari bahan buangan sisa metabolisme tanaman padi. Selain itu gas metan merupakan gas rumah kaca yang sifatnya menahan panas radiasi bumi sehingga menyebabkan lingkungan menjadi lebih panas. Panas yang ditimbulkan di areal persawahan menjadikan lingkungan tidak seimbang untuk pertumbuhan tanaman padi (Litbang, 2008).

Di Indonesia kontribusi terbesar GRK berasal dari karbondioksida, metan dan dinitrogen oksida. Bagian terbesar emisi ini dihasilkan oleh sektor kehutanan (khususnya karena deforestasi) dan energi. Gas terbesar kedua dalam mempengaruhi pemanasan global adalah gas metan yang mayoritas berasal dari sektor pertanian termasuk didalamnya kegiatan peternakan. Sedangkan sektor pertanian menyumbang 99.515,24 Gg  $CO_2$ -eq atau setara dengan 13,4 % dari keseluruhan emisi GRK. Pengurangan emisi gas metan dari sektor pertanian harus menjadi prioritas utama pengurangan GRK pertanian karena berdasarkan hasil inventarisasi GRK, pada tahun 1990 emisi gas metan dari pertanian mencapai 71.137,92 Gg  $CO_2$ eq atau mencapai 94,4% dari keseluruhan emisi GRK sektor pertanian yang meliputi  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $NO_x$  dan CO (Deptan, 2007).

Seperti halnya CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> bertindak sebagai gas rumah kaca langsung, CO, CH<sub>4</sub> dan oksida nitrogen juga mengarah pada produksi fotokimia ozon (O<sub>3</sub>) di troposfer. pada konsentrasi diatas ambang batas toleransi pada troposfer, ozon berbahaya bagi vegetasi dan manusia. Nitrat oksida mengarah pada produksi kimia asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) di troposfer. Asam nitrat adalah komponen yang tumbuh paling cepat asam presipitasi. Amonia adalah satu-satunya spesies gas dasar yang menetralkan sifat asam troposfer (Reay *et al.*, 2010).

Meningkatnya suhu bumi, mencairnya es di kutub utara, meningkatnya muka air laut serta perubahan iklim global merupakan dampak dari pemanasan global. Pemanasan global merupakan efek dari meningkatnya jumlah Gas Rumah Kaca (GRK) di permukaan bumi. GRK sendiri terdiri dari gas Metana (NH<sub>4</sub>), Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O), dan Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>, N<sub>x</sub>O). Peningkatan gas rumah kaca disebabkan oleh kegiatan manusia dalam memproduksi GRK lebih besar dari kemampuan lingkungan dalam memperbaiki dirinya. Secara alami, GRK dapat di daur ulang oleh lingkungan sehingga jumlahnya seimbang. Oleh adanya kegiatan manusia, GRK yang dihasilkan melebihi kemampuan lingkungan untuk mendaur ulang sehingga GRK terkumpul di atmosfer (Adhi *et al.*, 2010).

Tabel 2.3. Emisi GRK Sektor Pertanian Pada Tahun 1990 (Gg)

Kegiatan	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub> eq
Peternakan	798,39				16766,19
Budidaya Padi	2543				53403
Tanah Pertanian		12,67			3927,7
Pembakaran Sabana	19,52	0,24	512	8,74	484,32
Pembakaran Limbah Pertanian	26,61	0,62	559	22,22	751,01
Total	3387,52	13,53	1071	30,96	75332,22

(Deptan, 2007)

Sinar matahari yang masuk bumi mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda. Sebagian dipantulkan kembali ke angkasa luar dan sebagian berupa gelombang infra merah terperangkap di permukaan bumi. Itulah fungsi

dari gas rumah kaca yaitu memerangkap sinar matahari untuk menghangatkan bumi. Karena bertambahnya GRK, maka jumlah gelombang infra merah yang terperangkap dipermukaan bumi semakin banyak karena tidak dapat keluar ke angkasa luar. Akibatnya suhu permukaan bumi semakin panas (Adhi *et al.*, 2010).

Berbagai fakta menunjukkan bahwa El-Nino dan La-Nina dapat menstimulasi perkembangan hama dan penyakit tanaman, seperti penggerek batang dan wereng coklat di Jawa Barat dan Jawa Tengah, belalang di Lampung pada tahun 1998 dan penyakit tungro di Jawa Tengah, NTB, dan Sulawesi Selatan. Terjadinya anomali musim, yakni masih adanya hujan di musim kemarau juga dapat menstimulasi serangan OPT. Waktu tanam yang tidak serempak dan kondisi cuaca yang tidak menentu juga dapat menjadi pemicu serangan OPT. Pengaruh kejadian iklim ekstrim sering kali menstimulasi ledakan (*outbreak*) beberapa hama dan penyakit utama tanaman padi, seperti tikus, penggerek batang, wereng coklat dan tungro. Kejadian El-Nino pada tahun 1997 yang diiringi La-Nina tahun 1998 berdampak pada ledakan serangan hama wereng di beberapa provinsi di Indonesia, terutama di Jawa Barat. Suhu udara dan kelembaban yang meningkat menyebabkan OPT mudah berkembangbiak. Kondisi iklim ekstrim La-Nina, peningkatan kelembaban udara sangat signifikan yang menstimulasi ledakan serangan OPT (Balitklimat, 2011).

Secara teoritis, gas rumah kaca (GRK) di atmosfer bumi sangat penting karena gas tersebut membuat iklim bumi menjadi hangat dan stabil. Tanpa GRK di atmosfer, suhu permukaan bumi diperkirakan mencapai  $-18^{\circ}\text{C}$ . Namun, konsentrasi GRK yang berlebihan di atmosfer berdampak buruk, karena panas yang dipantulkan kembali ke muka bumi akan lebih banyak sehingga suhu bumi makin panas. Karbon dioksida adalah salah satu GRK yang konsentrasinya di atmosfer mendapat prioritas untuk diturunkan. Ketika revolusi industri baru dimulai, konsentrasi  $\text{CO}_2$  di atmosfer hanya 290 ppmv (*part per million volume*), dan saat ini konsentrasinya meningkat menjadi 375 ppmv. Peningkatan konsentrasi  $\text{CO}_2$  disebabkan oleh tidak seimbangnya

antara besarnya sumber emisi (*source*) dan daya rosotnya (*sink*). Pesatnya perkembangan industri, tingginya pemakaian bahan bakar fosil, dan penggundulan hutan alam menyebabkan daya tambat CO<sub>2</sub> jauh lebih rendah dibanding pelepasannya dari sumber emisi (Sutrisno *et al.*, 2009).

### ***E. Carbon Budget***

Analisis carbon budget sangat penting dalam membuat kebijakan dalam mengatur strategi mitigasi yang terkait dengan ekstensifikasi perkebunan. Analisis ini dapat juga merupakan dasar perhitungan dalam pengurangan Emisi. Konsep utama dalam mitigasi emisi CH<sub>4</sub> dari lahan sawah adalah dengan meningkatkan konsentrasi oksigen pada lapisan anaerobik tanah (*rizosfir*) dan mengurangi suplai karbon yang mudah terurai. Dengan bertambahnya konsentrasi oksigen, proses produksi CH<sub>4</sub> dapat berkurang karena CH<sub>4</sub> teroksidasi secara biologi oleh bakteri metanotropik (Reay *et al.*, 2010).

Peran tanaman padi dalam emisi CH<sub>4</sub> adalah (i) dapat meningkatkan proses metanogenesis melalui pelepasan eksudat akar yang kaya akan sumber karbon tersedia; (ii) perakaran padi juga berperan dalam proses oksidasi CH<sub>4</sub> menjadi CO<sub>2</sub> karena kemampuan akar melakukan pertukaran oksigen; (iii) sebagai bentuk keseimbangan termodinamik, sekitar 60-90% dari CH<sub>4</sub> yang diproduksi di lapisan *rizosfir* dilepaskan ke atmosfer melalui pembuluh aerenkima tanaman. Penentuan penanaman varietas padi di suatu daerah umumnya dikaitkan dengan potensinya dalam memberikan hasil tinggi, tahan terhadap kondisi ekstrim seperti keracunan besi, sulfat, kekeringan, hama dan penyakit, serta ramah lingkungan. Sehubungan dengan konsepsi ramah lingkungan, perlu dipertimbangkan penanaman varietas padi dalam emisi CH<sub>4</sub>. (Reay *et al.*, 2010).

Mitigasi gas rumah kaca dilakukan berdasarkan prinsip bahwa emisi GRK yang dikeluarkan harus lebih kecil dari rosot (*zink*). Penurunan CO<sub>2</sub> dilakukan dengan prinsip emisi CO<sub>2</sub> harus lebih kecil dari CO<sub>2</sub> yang ditambat tanaman. CO<sub>2</sub> termasuk gas yang mudah didegradasi atau ditambat, demikian

pula  $N_2O$ , mudah didegradasi. Namun, emisi  $CH_4$  sulit didegradasi, sehingga akumulasi  $CH_4$  dari waktu ke waktu terus meningkat. Untuk mengurangi akumulasi  $CH_4$  di atmosfer harus diterapkan strategi yang tepat dan dapat diaplikasikan. Prinsipnya, emisi  $CH_4$  diubah menjadi gas yang mudah didegradasi, seperti penerapan sistem pengairan berselang (*intermittent*). Sistem pengairan tersebut dapat menekan emisi  $CH_4$ , tetapi  $N_2O$  dan  $CO_2$  meningkat. Namun, hal ini tidak terlalu bermasalah karena  $N_2O$  dan  $CO_2$  mudah terdegradasi. Penggunaan varietas padi yang rendah emisi  $CH_4$  juga perlu disosialisasikan. Penerapan pengolahan tanah minimum atau tanpa olah tanah akan makin mengurangi emisi  $CH_4$ . Sistem pemupukan, baik dengan pupuk organik maupun anorganik, akan menurunkan emisi  $CH_4$  dari tanah sawah (Sutrisno *et al.*, 2009).

Prinsip utama dalam mengurangi emisi  $CH_4$  dari lahan sawah adalah dengan merubah mekanisme dekomposisi anaerobic bahan organik tanah ke dekomposisi secara aerobik sehingga yang dihasilkan gas  $CO_2$ . Seperti halnya hukum kekekalan energi yang menyebutkan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan tetapi dapat mengalami perubahan dari bentuk energi yang satu ke bentuk yang lain. Untuk itu apabila sejumlah energi karbon dalam tanah dapat diubah menjadi  $CO_2$ , maka upaya mitigasi emisi  $CH_4$  dari lahan sawah dapat berlangsung karena mekanisme rosot  $CO_2$  lebih sederhana dibandingkan  $CH_4$ . Beberapa teknologi sudah dihasilkan Balingtan untuk mendukung upaya ini antara lain (1) mengganti cara pengairan sawah yang berterusan dengan cara pengairan terputus dapat mengurangi emisi  $CH_4$  sampai 78% (2) pemilihan varietas padi rendah emisi gas ini dari lahan sawah. Penciri umum dari varietas tersebut adalah berumur genjah, efektif memanfaatkan hasil fotosintesis, jumlah anakan sedikit dan memiliki kapasitas oksidasi perakaran yang kuat. Penggantian varietas Cisadane dengan Way Apoburu dapat mengurangi emisi  $CH_4$  sebesar 35% pada kondisi lahan yang sama. Secara keseluruhan kajian di Balingtan menunjukkan bahwa penggantian varietas padi mampu menekan laju emisi  $CH_4$  sebesar 10-66% (3) Pemakaian bahan organik yang sudah mengalami dekomposisi lanjut atau matang juga berperan menurunkan emisi sebesar 10-25% dan (4) penggunaan

herbisida dengan bahan aktif paraquat dan glifosat mampu menurunkan emisi metana secara nyata antara 60-70% dibandingkan yang tidak menggunakan herbisida (Setyanto, 2009).

Karbon, terutama dalam bentuk CO<sub>2</sub>, adalah sebuah konstanta keadaan berubah ketika bergerak antara kolam CO<sub>2</sub> di atmosfer dan karbon berbagai reservoir. pertukaran karbon yang kompleks dikenal sebagai siklus karbon global. Karena peningkatan CO<sub>2</sub> berkaitan dengan perubahan iklim, upaya yang dilakukan untuk lebih memahami perubahan karbon global adalah dengan *carbon budget*, ukuran sumber utama dan *sink* untuk karbon dan aliran karbon di antara mereka. Ini bukan tugas yang mudah, dalam skala besar dan betapa sedikit yang kita ketahui tentang proses yang kontrol *fluks* karbon. Akibatnya, jumlah hanya dapat pendekatan yang terbaik. *Carbon budget* merupakan Ukuran sumber utama dan sink untuk karbon di biosfer dan aliran karbon. Ada tiga sumber karbon : (1) gas CO<sub>2</sub> di atmosfer, (2) karbon organik dalam biosfer, dan (3) bikarbonat dan karbonat di lautan dan sedimen (Ravindranath *et al.*, 2008).

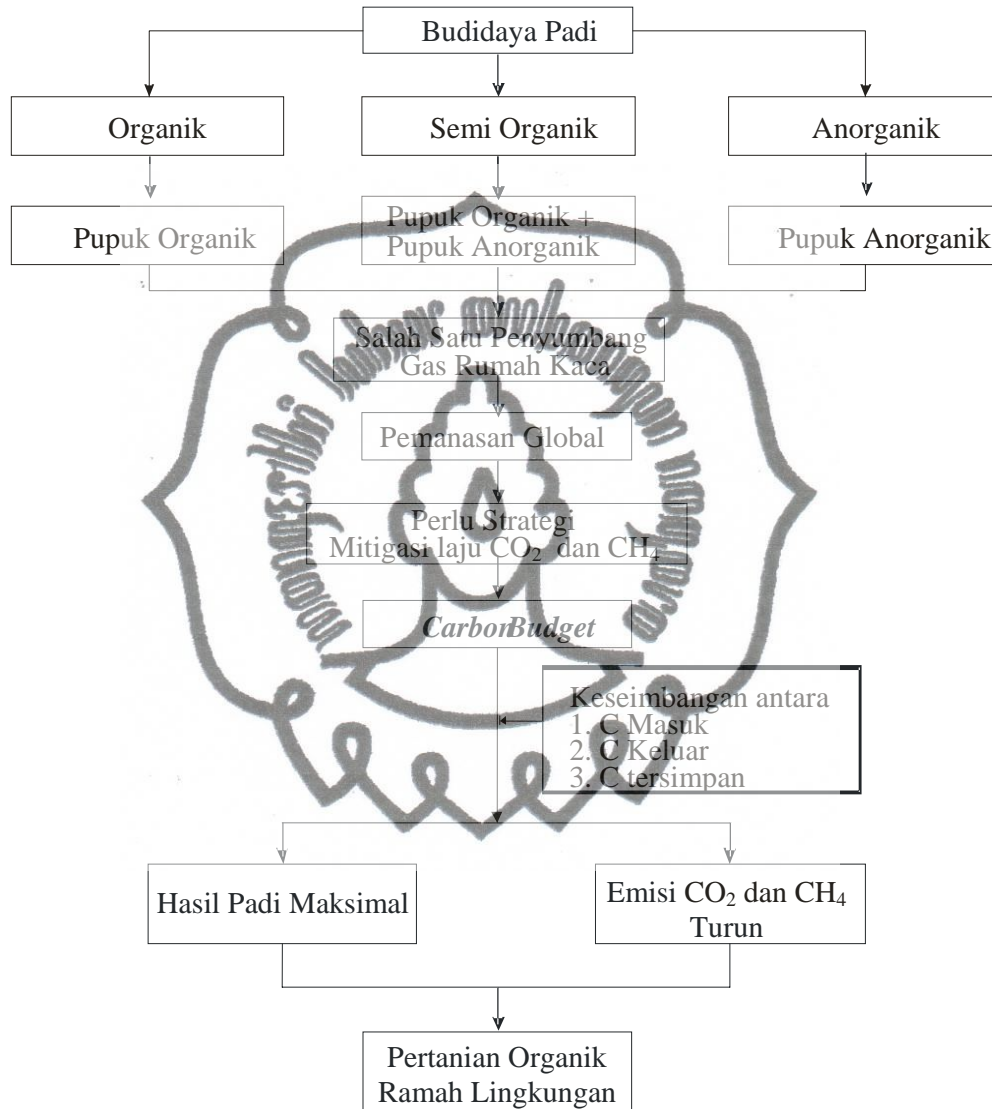
Analisis *carbon budget* sangat penting sebagai masukan bagi pembuat kebijakan dalam mengatur strategi mitigasi yang terkait dengan ekstensifikasi perkebunan. Analisis ini dapat juga merupakan dasar perhitungan dalam perdagangan karbon pasca Protokol Kyoto dimulai pada tahun 2012, melalui skema yang disebut "*Reduction Emisi from Deforestation and Degradation*" (REDD) (Chen *et al.*, 2009).

Gas rumah kaca merupakan salah satu penyebab pemanasan bumi. Emisi gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O masing-masing menyumbang 55, 15 dan 6% dari total efek rumah kaca. Gas metan di atmosfer 25-35 kali lebih efektif daripada CO<sub>2</sub> sebagai gas rumah kaca. Bertolak dari hal tersebut perlu dicari teknik budidaya tanaman pangan yang ramah lingkungan. Penelitian emisi dan mitigasi gas CH<sub>4</sub> melalui pengolahan tanah, pemilihan varietas dan pemberian bahan organik pada padi walik jerami (Mulyadi *et al.*, 2002).



## F. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dari penelitian ini sebagai berikut:



## G. Hipotesis

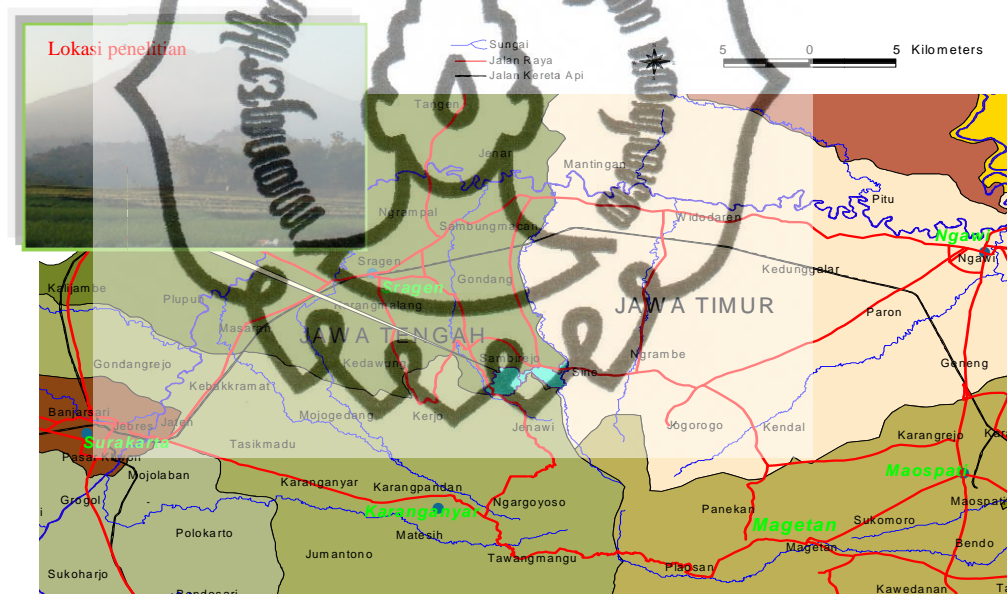
1. Pengelolaan lahan padi organik meningkatkan simpanan C dalam tanah dan menurunkan CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>
2. Terdapat hubungan antara cara budidaya padi dan karakteristik tanah sawah dengan pola *carbon budget*

*commit to user*

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah pada bulan Maret 2010 – selesai. Daerah penelitian ini dengan curah hujan 161 mm/tahun, dan ketinggian 371,4 mdpl. Secara astronomis terletak antara  $111^{\circ} 5' 15''$  -  $111^{\circ} 9' 30''$  BT dan  $7^{\circ} 27' 30''$  -  $7^{\circ} 31' 30''$  dan secara administrasi berbatasan dengan Kecamatan Gondang (Utara), Kecamatan Sine Kabupaten Ngawi, Jawa Timur (Selatan dan Timur), Kecamatan Jenawi Kabupaten Karanganyar (Barat).



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

Analisis tanah dilaksanakan di laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Analisis Gas Chromatography (GC) dilaksanakan di Laboratorium Gas Rumah Kaca (GRK), Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan kabupaten Pati.

## B. Alat dan Bahan Penelitian

### 1. Alat

- a. Peta Geologi kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen.
- b. Perlengkapan untuk analisis lapang (pisau belati, altimeter, cangkul, rollmeter, klinometer, kompas, bor tanah, kaca pembesar, flakon, pH meter, *MSCC (Munsell Soil Color Charts)*, *GPS (Global Positioning system)*, alat tulis, kamera, dll).

### 2. Bahan kimia

- a. Analisis lapang meliputi  $H_2O$  untuk analisis pH tanah;  $H_2O_2$  10% untuk analisis bahan organik;  $HCl$  1,2 N,  $KCN$  1 N, dan  $K_3Fe(CN)_6$  1 N untuk analisis aerasi dan drainase.
- b. Analisis laboratorium.  
Bahan-bahan kimia untuk analisis laboratorium.

## C. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *deskriptif eksploratif* dengan pendekatan variabel dilakukan melalui survei di lapangan dan didukung oleh data dari hasil analisis laboratorium. Objek penelitian ditentukan secara *purposive sampling* pada lahan di kecamatan Sambirejo yang telah melaksanakan pertanian organik dan telah tersertifikasi sebagai lahan padi organik oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Penentuan titik pengamatan didasarkan *overlay* dari

### 1. Sistem budidaya tanaman padi

- a. pertanian organik  
hanya memakai pupuk organik dan tidak diaplikasikan pupuk anorganik dalam budidaya tanaman padi.
- b. pertanian semi organik  
masih diaplikasikan pupuk organik dan anorganik secara bersamaan dalam budidaya tanaman padi.

- c. pertanian anorganik  
hanya diaplikasikan pupuk anorganik dalam budidaya tanaman padi.
2. Saat melaksanakan sistem padi
3. Varietas tanaman

#### D. Tata Laksana Penelitian

##### 1. Pra Survai

Pra survai dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai lokasi lahan padi organik di kecamatan Sambirejo yang telah tersertifikasi oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN), sistem budidaya tanaman padi (pertanian semi organik, pertanian anorganik) di sekitar kecamatan Sambirejo, saat melaksanakan sistem padi organik, varietas tanaman padi yang dibudidayakan. Kegiatan ini dilakukan dengan cara wawancara kepada perangkat desa, penyuluh lapangan dan para petani.

##### 2. Penentuan *Site Sampling*

Dari informasi yang diperoleh dari pra survai maka dapat ditentukan *site Sampling* yang berdasarkan

- a. saat awal melaksanakan sistem pertanian organik
- b. sistem budidaya tanaman padi (pertanian organik, semi organik, pertanian anorganik)
- c. varietas tanaman

Jumlah sampling disesuaikan dengan jumlah keseragaman tema diatas.

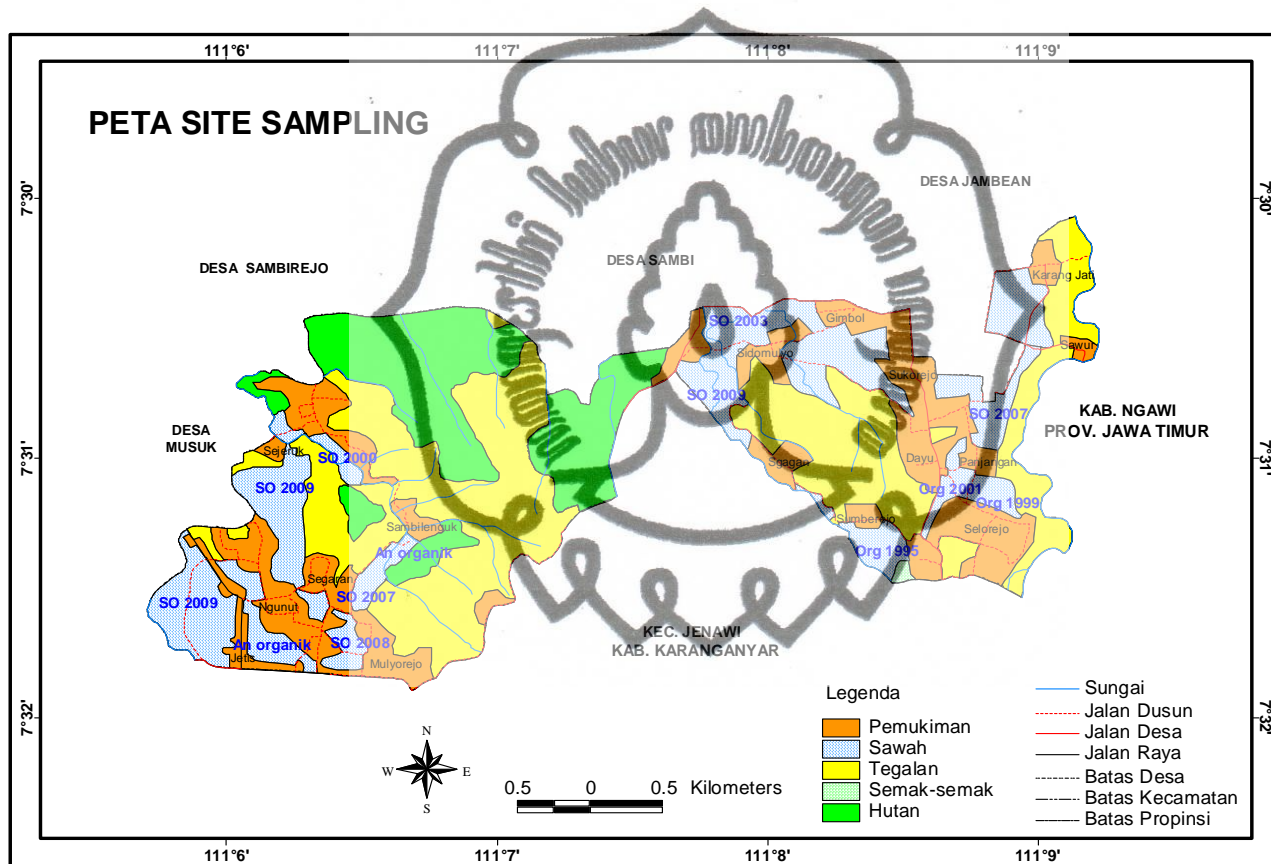
Dari hasil pra survai dengan perangkat dinas pertanian kabupaten Sragen, kecamatan Sambirejo, desa Sukorejo, para petani di desa Sukorejo dan desa Jetis serta hasil pengamatan langsung di lapang maka diperoleh beberapa *site sampling* sebagai berikut

Tabel 3.1. Karakter *Site Sampling*

Saat awal melaksanakan Sistem Pertanian	Sistem budidaya tanaman padi	Varietas	Kode
1995	Organik	IR 64	Org 1995
1999	Organik	Mentik	Org 1999
2001	Organik	Sintanur	Org 2001
2000	Semi Organik	IR 64	SO 2000 IR 64
2000	Semi Organik	Hibrida	SO 2000
2003	Semi Organik	IR 64	SO 2003
2007	Semi Organik	IR 64	SO 2007 (5)
2007	Semi Organik	IR 64	SO 2007 (0,6)
2008	Semi Organik	IR 64	SO 2008
2009	Semi Organik	Hibrida	SO 2009
2009	Semi Organik	IR 64	SO 2009 IR 64
-	An organik	Mentik	Anorganik Mentik
-	An organik	IR 64	Anorganik IR 64

Ket : Org = Sistem pertanian secara Organik, SM = Sistem pertanian secara Semi Organik, Anorganik = Sistem pertanian secara Anorganik

Berikut disajikan peta letak *site sampling*



Gambar 3.2. Peta Penggunaan Lahan Pada Site Sampling

SO2003  
IR 64

SO2007  
IR 64

Org1999  
Mentik

Org2001  
Sintanur

SO2009  
IR 64

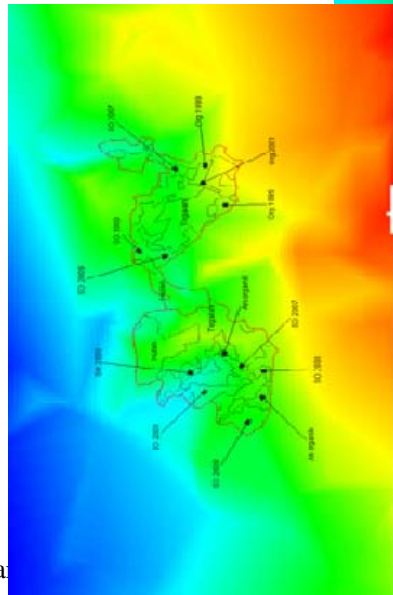
Org1995  
IR 64

SO2000  
IR 64

SO2009  
Hibrida



Anorg  
IR 64



SO2000  
Hibrida

Anorg  
Mentik

SO2007  
IR 64



Ga

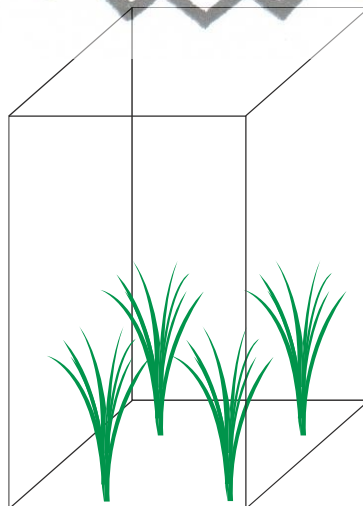
### 3. Pengambilan sampel tanah

Data status keheraan tanah sawah diperoleh dengan cara melakukan analisis tanah. Pengambilan tanah dilakukan dengan bor tanah pada kedalaman kurang lebih 25 cm. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada setiap *site sampling* yang telah ditentukan dan sampel diambil dengan metode acak, setiap *site sampling* diambil 3. sampel kemudian dikompositkan, dikeringanginkan, diayak dengan saringan berdiameter 0,5 mm dan dianalisis.

### 4. Pengamatan lapangan

#### a. Pengukuran $\text{CH}_4$ (Methan)

Pengambilan sampel gas  $\text{CH}_4$  dengan teknik sungkup tertutup (berbahan pleksiglass ukuran panjang dan lebar 40 cm serta tinggi 100 cm. Dengan ukuran ini berarti ada 4 (empat) rumpun tanaman yang tersungkup. Sampel gas sebanyak 5 ml dimasukkan kedalam tabung venoject yang telah dilapisi kertas alumunium foil dan kemudian dianalisis menggunakan alas *chromatography (GC)* yang dilengkapi dengan *flame ionization detector (FID)* untuk menetapkan fluk  $\text{CH}_4$ .



Gambar 3.4. Sungkup untuk pengambilan gas  $\text{CH}_4$  dengan posisi tanaman padi berada di dalam sungkup

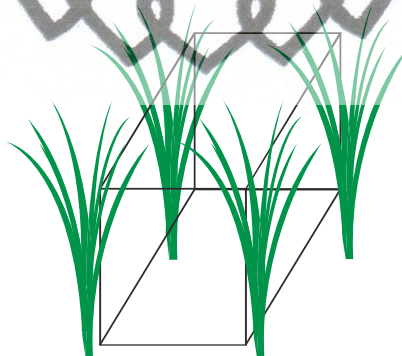


Pengambilan contoh gas dilakukan pada jam 06.00 – 07.00, karena diperkirakan sudah mampu mewakili fluk  $\text{CH}_4$  dalam satu hari, maka pengukuran fluk  $\text{CH}_4$  tunggal ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jam}$ ) pada jam tersebut dapat digunakan untuk menentukan fluk harian ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{hari}$ ) (Susilawati dan Rinakartikawati, 2008).

Pengambilan sampel gas dalam satu musim tanam dilakukan sebanyak 3 kali yaitu pada umur 38 – 40 HST (Emisi 1), 68 – 70 HST (Emisi 2), dan 98 – 100 HST (Emisi 3). Setiap pengambilan sampel dilakukan pada menit ke 5, 10, 15, dan 20 setelah dilakukan penyungkupan.

b. Pengukuran  $\text{CO}_2$  (Karbondioksida)

Secara prinsip pengambilan emisi  $\text{CO}_2$  sama dengan  $\text{CH}_4$  hanya saja ukuran sungkup adalah panjang = 40 cm, lebar = 20 cm dan tinggi = 17 cm, penempatan sungkup diantara baris tanaman. Alat GC menggunakan *detektor thermal conductivity detector* (TCD) untuk menetapkan fluk  $\text{CO}_2$ . pengambilan gas setiap pengamatan dilakukan pada menit ke 15, 30, 45 dan 60 menit.



Gambar 3.5. Sungkup untuk pengambilan gas  $\text{CO}_2$  dengan posisi tanaman padi berada di luar sungkup

c. Pengukuran sifat tanah dan topografi lahan

Pengukuran sifat tanah dan topografi lahan dilaksanakan pada tempat yang sama dilakukan pengambilan gas. Sifat tanah yang diukur dilapangan antara lain pH, eH (potensi redoks), konsistensi, warna tanah, aerasi draenasi Tanah, kadar kapur tanah.

Sedangkan topografi lahan meliputi suhu  $\text{CH}_4$ , suhu  $\text{CO}_2$ , tinggi tempat, arah hadap lahan, kemiringan, relief, jeluk solum.

d. Wawancara dengan petani

Kegiatan ini dilakukan dengan cara mewancarai setiap petani yang lahannya telah ditetapkan sebagai *site sampling*. Kegiatan ini untuk mengetahui cara budidaya yang telah dilakukan para petani di lahan mereka. Cara budidaya yang dimaksud meliputi pertanyaan mengenai Varieta, Asal Benih, Pola Tanam, saat organik / semi organik, pupuk kandang, cara pemberian pupuk, dosis pupuk anorganik, cara pengolahan tanah, cara penyiangan, frekuensi penyiangan

5. Pengambilan sampel pupuk organik

Pengambilan sampel pupuk di peroleh dari setiap lahan yang ditetapkan pada pengamatan emisi  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , dimana pupuk diperoleh dari setiap para petani pemilih lahan tersebut. Pengambilan sampel pupuk digunakan untuk mengetahui kandungan C dalam pupuk organik.

6. Panen

Panen diketahui dengan pengamatan langsung, informasi dari petani kemudian dikonfirmasi lagi kepada petugas teknis (PPL setempat)

## E. Variabel – Variabel yang Diamati dalam Penelitian

1. C (*Carbon*) pupuk organik

C yang diberikan dalam pupuk organik dihitung dengan menentukan persentase kandungan C melalui analisis laboratorium, kemudian dikalikan dengan berat pupuk organik.

2. C (*Carbon*) Jaringan tanaman

C jaringan tanaman dihitung dengan menentukan kandungan C pada tanaman padi melalui analisis laboratorium, kemudian dikalikan dengan berat biomass tanaman.

### 3. Emisi CH<sub>4</sub> (methan)

Dasar pengukuran untuk mengetahui jumlah emisi dengan menghitung laju emisi terlebih dahulu dengan rumus menurut Khalil, 1992 dalam Susilowati dan Rinakartikawati, 2008 adalah sebagai berikut

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{V_{ch}}{A_{ch}} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273,2}{273,2+T}$$

Keterangan

- E : Emisi gas CH<sub>4</sub> (mg/m<sup>2</sup>/menit)  
 dc/dt : Perbedaan konsentrasi CH<sub>4</sub> per waktu (ppm/menit)  
 V<sub>ch</sub> : Volume sungkup (m<sup>3</sup>)  
 A<sub>ch</sub> : Luas sungkup (m<sup>2</sup>)  
 mW : Berat molekul CH<sub>4</sub>  
 mV : Volume molekul CH<sub>4</sub> pada STP (22,411)  
 T : Temperatur rata – rata selama pengambilan sampel (°C)

Untuk mengkonversi ke jumlah emisi dalam satu tanam maka dihitung dengan rumus

$$E = \frac{E1+E2+E3}{NT - N} \times (H - N) \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{1.000.000 \text{ kg}}$$

Keterangan

- E : Total emisi gas CH<sub>4</sub> (kg/ha/musim tanam)  
 E1 : Pengamatan fluk CH<sub>4</sub> pada umur ke 38 – 40 HST,  
 E2 : Pengamatan fluk CH<sub>4</sub> pada umur ke 68 – 70 HST  
 E3 : Pengamatan fluk CH<sub>4</sub> pada umur ke 98 – 100 HST  
 N : Umur bibit (hari)  
 HT : HST terakhir dilakukan pengamatan (hari)  
 H : Umur tanaman dari persemaian sampai panen

### 4. Emisi CO<sub>2</sub> (Karbondioksida)

Pada dasarnya perhitungan emisi CO<sub>2</sub> hampir sama dengan emisi CH<sub>4</sub> hanya saja ukuran sungkup adalah panjang 40 cm, lebar 20 cm dan tinggi 17 cm, serta Berat molekul

#### 5. Pengukuran *Carbon Budget*

*Carbon Budget* diukur berdasarkan data C yang masuk (melalui penambahan pemupukan dan fotosintesis), C yang tersimpan (dalam tanah), dan C yang keluar (melalui emisi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>)

Model persamaan *carbon budget* adalah

$$\text{Carbon budget} = \text{C masuk} + \text{C tersimpan} - \text{C keluar}$$

Indikator kemampuan lahan dalam menjaga emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> menggunakan angka rasio perbandingan C tersimpan : C emisi. Semakin tinggi nilai rasio berarti tanah semakin baik dalam menjaga simpanan C tanah atau menurunkan emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>.

#### 6. Berat gabah kering giling per ha

untuk mengetahui kualitas produksi padi dilakukan pengukuran berat kering panen. Berat gabah kering panen ditentukan setelah gabah dipanen yaitu 90 HST atau gabah mulai menguning dan isinya sukar pecah. Setiap gabah hasil ubinan dirontokan dengan alat perontok dan hasil gabah tersebut dikeringkan dan diperoleh gabah kering giling yang siap diproses menjadi beras. Data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk estimasi berat gabah kering giling per ha.

#### 7. Sifat tanah

- a. KPK dengan metode NH<sub>4</sub>Oac pH 7
- b. Bahan Organik Tanah dengan metode Walkey and Black
- c. Kadar Kapur Tanah
- d. pH H<sub>2</sub>O (pH Meter)
- e. eH
- f. Konsistensi (Basah)
- g. Warna tanah
- h. Aerasi Draenasi Tanah
- i. Prosentase liat, pasir dan debu tanah

## 8. Cara Budidaya

Untuk mencari variabel cara budidaya dilakukan wawancara terhadap petani pemilik lahan yang digunakan sebagai *site sampling*, variabel tersebut antara lain:

- a. Varietas
- b. Asal Benih
- c. Pola Tanam
- d. Mulai Organik / Semi Organik Pupuk Kandang
- e. Cara Pemberian
- f. Dosis Pupuk anorganik
- g. Cara Pengolahan Tanah
- h. Cara Penyiangan
- i. Frekuensi Penyiangan

## 9. Topografi

Untuk mencari variabel topografi dilakukan analisis lapang pada lahan yang digunakan sebagai *site sampling*, variabel tersebut antara lain:

- a. Iklim
- b. Suhu CH<sub>4</sub>
- c. Suhu CO<sub>2</sub>
- d. Tinggi Tempat
- e. Arah Hadap lahan
- f. Kemiringan
- g. Relief
- h. Jeluk Solum

## F. Analisis Data

Semua data ditabulasi dan direkapitulasi, secara garis besar setiap *site sampling* dikelompokan menjadi 2 (dua) faktor yaitu faktor penyebab (data sifat tanah, iklim, tanaman, cara budidaya) dan faktor dampak (*carbon budget*). Penentuan keeratan hubungan antar faktor penyebab dan faktor dampak pada semua *site sampling* menggunakan analisis korelasi, dan penentuan faktor paling berperan terhadap faktor dampak adalah dengan analisis *stepwise regression*.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karakter *Site Sampling*

#### 1. Cara budidaya

Cara budidaya merupakan tingkah laku para petani di dalam mengolah tanah untuk budidaya pertanian dengan tujuan meningkatkan hasil produksi. Kesalahan dalam budidaya dapat berakibat pada kemerosotan produktivitas lahan dan pencemaran lingkungan. Berikut disajikan tabel cara budidaya di berbagai *site sampling*.

Tabel 4.1. Cara Budidaya Padi

Sistem Pertanian	Varietas	Asal Benih	Pola Tanam	Cara Pengolahan Tanah	Cara Penyiangan	Frekuensi Penyiangan
Org 1995	IR 64	M S	P-P-P	C & T	Cb	3
Org 1999	Mentik	M S	P-P-P	C & T	Cb	2
Org 2001	Sintanur	MS	P-P-P	C & T	Cb	3
SO 2000	IR 64	B B	P-P-P	C & T	So	1
SO 2000	Hibrida	M S	P-P-P	C & T	Cb	2
SO 2003	IR 64	B B	P-P-P	C & T	Cb	1
SO 2007	IR 64	M S	P-P-P	C & T	Cb	2
SO 2007	IR 64	M S	P-P-P	C	So	1
SO 2008	IR 64	B B	P-P-P	C & T	So	1
SO 2009	Hibrida	M S	P-P-L	C & T	Cb	2
SO 2009	IR 64	M S	P-P-J	C	So	2
An organik	Mentik	M S	P-P-P	C & T	So	2
An organik	IR 64	B B	P-P-P	C	Cb	2

**Ket:** M S = Milik Sendiri.; B B = Beli Bersertifikat; P-P-P = Padi-Padi-Padi; P-P-J = Padi-Padi-Jagung; P-P-L = Padi-Padi-Lombok; S = Disebar sebelum tanam; S 2 = Di Sebar 2 kali; S & B = disebar dan di benamkan; C & T = di cangkul dan ditraktor; C = di cangkul; Cb = Di Cabut; So = Di sorok

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui berbagai cara budidaya yang dilakukan oleh para petani. Varietas yang dikembangkan para petani sangat bervariasi yaitu varietas IR 64, Mentik, Sintanur dan Hibrida. Pembibitan yang dilakukan pada sistem budidaya pertanian organik dilakukan dengan cara menyisakan hasil panen yang kemudian disemaikan untuk menjadi benih. Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas dari hasil padi organik tersebut dan untuk menjaga agar benih padi terhindar dari pestisida bawaan benih yang berasal dari pabrik.

Perbedaan cara budidaya pertanian sistem organik dengan semi organik dan anorganik adalah pada pola tanam. Pola tanam pada padi sistem padi organik adalah selama satu tahun selalu menanam tanaman padi. Hal ini dikarenakan untuk menjaga kualitas dari tanah, adanya ketersediaan air yang cukup selama setahun juga untuk menjaga tanah terhindar dari cara budidaya tanaman lain yang menyebabkan dilakukan pemupukan secara kimia. Sedangkan perawatan berupa penyiangan dilakukan secara manual yaitu dengan cara dicabut dengan frekuensi penyiangan yang lebih tinggi.

## 2. Topografi

Topografi merupakan bentuk muka bumi yang umumnya menyuguhkan relief permukaan, model tiga dimensi, dan identifikasi jenis lahan (Lavelle *et al.*, 2003). Topografi ini sangat penting karena sebagai identifikasi mengenai lingkungan pertanian yang dibudidayakan.

Tabel 4.2. Karakteristik Topografi pada *Site Sampling*

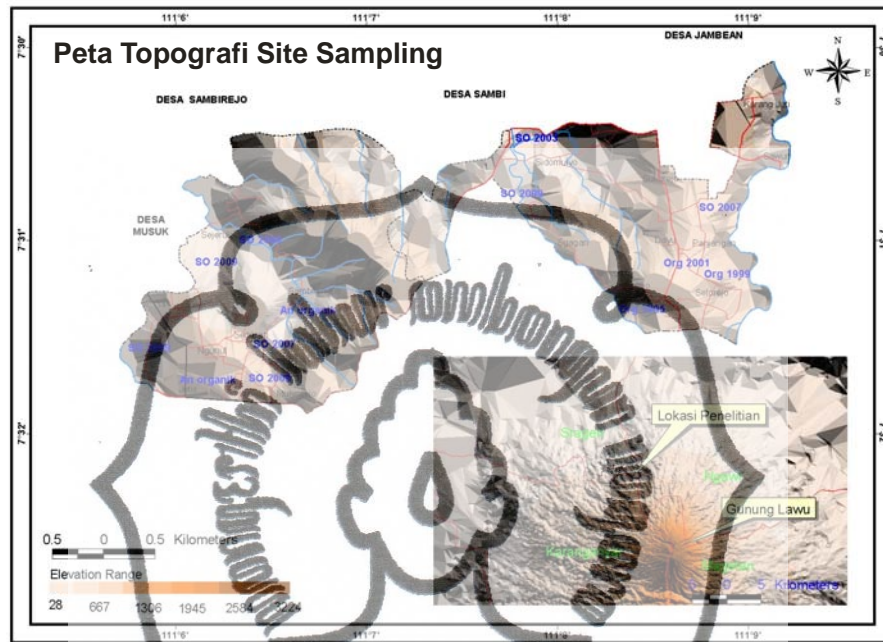
Sistem Pertanian	Tinggi Tempat	Arah Hadap	Kemiringan	Suhu
Org 1995	484	200	4	28,67
Org 1999	456	75	3	26,17
Org 2001	454	325	4	25,67
SM 2000	268	210	3	24,84
SO 2000	376	5	2	26
SO 2003	332	250	2	26,17
SO 2007	425	280	2	27
SO 2007	345	55	4	24,67
SO 2008	379	15	6	26,5
SO 2009	359	65	5	25,5
SO 2009	291	50	5	27,34
Anorganik	357	31	4	29,75
Anorganik	307	15	4	28,42

Ket : Org = Sistem pertanian secara Organik, SM = Sistem pertanian secara Semi Organik, Anorganik = Sistem pertanian secara Anorganik

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sistem pertanian organik yang dikembangkan berada di ketinggian diatas 454 mdpl atau berada diketinggian yang lebih tinggi dari pada sistem pertanian semi organik maupun anorganik, sehingga dapat menghindarkan terjadinya kontaminasi



lahan akibat pupuk anorganik. Hal ini dikarenakan sifat dari pupuk anorganik yang sudah tercuci dan dapat mencemari air irigrasi.



Gambar 4.1. Peta Topografi *Site Sampling*

Berdasarkan peta diatas dapat dilihat bahwa lokasi *site sampling* berada di lereng gunung Lawu. Pada lokasi juga ditemukan sumber air yang digunakan untuk air irigrasi. Air murni tersebut memungkinkan belum terjadinya kontaminasi oleh kegiatan budidaya pertanian diatasnya sehingga sangat mendukung dilakukan budidaya pertanian organik.

### 3. Tanah

Tanah sangat vital peranannya bagi semua kehidupan di bumi karena tanah mendukung kehidupan tumbuhan dengan menyediakan hara dan air sekaligus sebagai penopang akar (Dierolf *et al.*, 2001). Tanah sangat berkaitan terhadap mekanisme *carbon budget* karena tanah mampu menyimpan C. Berikut disajikan karakter tanah pada *site sampling* (Gilbert *et al.*, 2003).

Tabel 4.3. Karakteristik Tanah Pada *Site Sampling*

Sistem Pertanian	KPK	C-organik tanah	BO	N total tanahh	pH	tekstur			KL	Konsistensi (Basah)	Aerasi Draenasi	Warna			eH
						% lempung	% debu	% pasir				Hue	Value	Croma	
Org 1995	8.46	2.85	4.91	0.02	4.98	79.92	16.83	3.25	0.08	3.00	Jelek	10.00	3.00	4.00	1.70
Org 1999	9.13	1.87	3.23	0.02	5.97	57.87	31.00	11.13	0.15	3.00	sedang	7.50	3.00	4.00	0.17
Org 2001	8.57	2.30	3.97	0.02	5.46	54.15	33.32	12.53	0.12	3.00	sedang	7.50	4.00	4.00	-0.30
SO 2000	9.03	1.03	1.78	0.03	5.90	69.23	18.33	12.44	0.06	3.00	Baik	10.00	3.00	2.00	1.70
SO 2000	12.01	1.60	2.76	0.02	6.09	53.47	34.96	11.56	0.11	2.00	Baik	10.00	3.00	2.00	-1.07
SO 2003	8.01	1.37	2.35	0.02	5.80	53.25	28.67	18.07	0.11	2.00	Baik	10.00	4.00	2.00	1.00
SO 2007	11.96	1.95	3.36	0.01	5.22	45.53	31.04	23.43	0.09	3.00	Baik	10.00	3.00	3.00	-0.23
SO 2007	13.21	1.05	1.82	0.03	5.64	20.37	18.33	61.30	0.11	3.00	Baik	7.50	4.00	2.00	0.87
SO 2008	12.38	1.79	3.09	0.03	7.27	78.43	16.51	5.06	0.11	2.00	Baik	10.00	3.00	2.00	2.53
SO 2009	12.01	0.96	1.65	0.04	5.61	69.14	26.44	4.43	0.10	3.00	Jelek	7.50	3.00	4.00	0.30
SO 2009	12.81	0.33	0.57	0.04	6.32	44.25	24.14	31.61	0.06	2.00	Baik	10.00	3.00	3.00	2.50
An organik	9.42	1.09	1.88	0.02	5.75	32.61	28.54	38.85	0.11	3.00	Jelek	7.50	4.00	4.00	-0.73
An organik	10.01	1.29	2.22	0.03	5.24	36.82	26.59	36.59	0.09	3.00	Baik	10.00	3.00	3.00	0.80

Ket ; Org = Sistem Pertanian Secara Organik; SO = Semi organik

Pada sistem budidaya padi secara organik yang dimulai pada tahun 1995 merupakan tanah yang paling subur karena C organik dan bahan organik pada tanah tersebut adalah tertinggi. C organik tanah tersebut tergolong sedang. Umumnya C organik pada tanah sawah kurang dari 2 % atau rendah (Sofyan *et al.*, 2007). Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, maka kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Penurunan kadar bahan organik tanah merupakan salah satu bentuk degradasi kesuburan tanah.

Bahan organik berperan penting untuk menciptakan kesuburan tanah. Peranan bahan organik bagi tanah adalah dalam kaitannya dengan perubahan sifat – sifat tanah, yaitu sifat fisik, biologis, dan kimia tanah. Bahan organik merupakan pembentuk granulasi dalam tanah dan sangat penting dalam pembentukan agregat tanah yang stabil. Bahan organik adalah bahan pemantap agregat tanah. Melalui penambahan bahan organik, tanah yang tadinya berat menjadi berstruktur remah yang relatif lebih ringan. Pergerakan air secara vertikal atau infiltrasi dapat diperbaiki dan tanah dapat menyerap air lebih cepat sehingga aliran permukaan dan erosi diperkecil. Demikian pula dengan aerasi tanah yang menjadi lebih baik karena ruang pori tanah (porositas) bertambah akibat terbentuknya agregat (Han,2003).

Berdasarkan tabel 4.3. dapat dilihat bahwa kadar bahan organik tanah rata-rata paling tinggi secara berurutan adalah sistem pertanian organik, semi organik dan anorganik. Hal ini dikarenakan pada sistem pertanian organik diaplikasikan jumlah pupuk organik dalam jumlah yang lebih besar (tabel 4.4). Penambahan bahan organik tersebut dapat meningkatkan kadar C tanah dan meningkatkan kadar bahan organik dalam tanah (Winarso, 2005). Peningkatan kadar bahan organik dalam tanah maka akan menyebabkan aeresi dan draenasi menjadi seimbang yaitu dimana air dapat tertahan di dalam tanah dan tidak segera mengalami infiltrasi. Tertahanya air tersebut menyebabkan air teredia oleh tanaman dan berlangsungnya reaksi oksidasi reduksi dari unsur hara (Han, 2003).

#### 4. Pupuk

Pupuk merupakan material yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman sehingga mampu berproduksi dengan baik. Material pupuk dapat berupa bahan organik ataupun nonorganik (Han, 2003). Dalam *site sampling* ditemukan berbagai aplikasi pemakaian pupuk. Selain menjadi petani masyarakat di daerah ini juga memelihara ternak, yang selanjutnya kotoran dari ternak baik kotoran padat maupun cair dimanfaatkan sebagai pupuk. Berikut data mengenai pupuk yang diaplikasikan pada *site sampling*.

Tabel 4.4. Karakteristik Pupuk yang digunakan

Sistem Pertanian	bahan PO	Cara Pemberian	C/N pupuk organik	kadar C pupuk (%)	Pupuk Kandang ton.ha <sup>-1</sup>	Urea kg.ha <sup>-1</sup>	Phonska kg.ha <sup>-1</sup>	SP kg.ha <sup>-1</sup>	KCl kg.ha <sup>-1</sup>
Org 1995	sapi	S	12.09	12.09	6.00	0	0	0	0
Org 1999	sapi	S	22.76	40.98	4.00	0	0	0	0
Org 2001	Kambing	S & B	7.90	8.06	6.00	0	0	0	0
SO 2000	sapi	S	25.44	24.94	0.50	35	0	20	0
SO 2000	sapi	S & B	22.74	11.69	0.75	100	0	0	0
SO 2003	sapi	S & B	8.72	11.69	2.00	50	0	25	0
SO 2007	sapi	S	8.23	9.87	5.00	50	0	0	0
SO 2007	sapi	S	10.92	11.69	0.60	30	0	0	0
SO 2008	sapi	S & B	4.72	6.23	0.90	50	0	0	50
SO 2009	sapi	S & B	20.38	13.25	2.00	50	50	50	0
SO 2009	sapi	S	9.99	11.69	2.00	100	50	100	0
An organik	-	S & B	-	-	-	300	0	150	50
An organik	-	S 2	-	-	-	30	0	20	15

Ket ; Org = Sistem Pertanian Secara Organik; SO = Semi organik ;PO = Pupuk Organik; S = Sebar; S&B= Sebar dan Benam; S2 = Sebar dua kali

Berdasarkan data diatas ditemukan berbagai variasi mengenai pupuk organik yang diberikan antara lain C/N rasio pupuk organik, jumlah pupuk yang diaplikasikan, cara pemberian dan bahan pupuk organik. Hal ini sesuai dengan sumberdaya yang mereka miliki dan berdasarkan kebiasaan mereka. sistem pertanian secara organik tidak diaplikasikan pupuk anorganik sesuai kriteria dari Badan Standarisasi Nasional. Setiap 3 tahun dilakukan uji lab

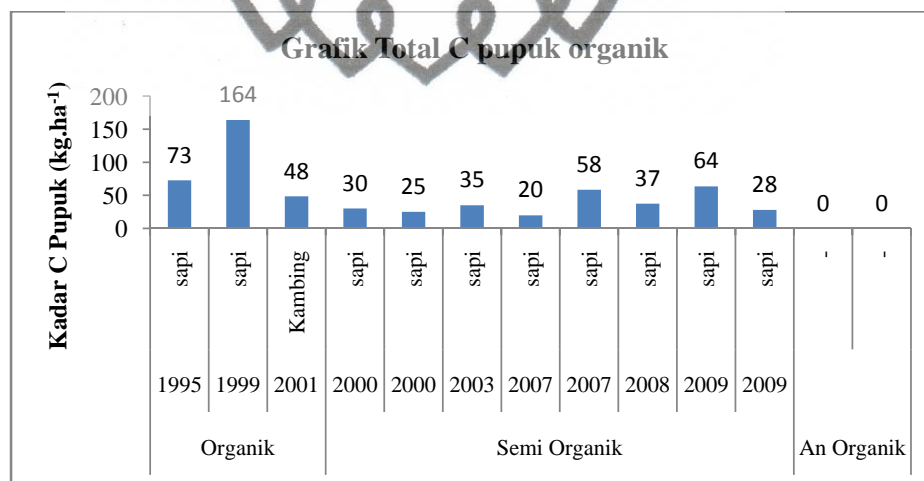
pada area pertanian organik tertsebut dan jika terbukti terdapat pemakaian pupuk anorganik maka sertifikat padi organik akan dicabut.

## B. Total C ( Carbon ) Masuk

Total C masuk merupakan jumlah penambahan C yang berasal dari pemberian pupuk kedalam tanah dan masukan C kedalam tanaman padi. C masuk dari pemberian pupuk merupakan konversi dari kadar C dari jumlah pupuk organik yang diaplikasikan oleh petani ke lahan pertanian, sedangkan C dalam tanaman merupakan kadar C yang terdapat dalam tanaman yang bersumber dari serapan tanaman terhadap C dari tanah maupun dari udara.

### 1. Total C pupuk organik

Kadar C pupuk merupakan salah satu penyumbang C dalam tanah. Besarnya kadar C pupuk diperoleh dari kadar C pupuk organik yang diberikan oleh petani kedalam lahan pertanian yang kemudian dikonversikan kedalam  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Budidaya tanaman padi di kecamatan Sukorejo ditemukan berbagai pemakaian pupuk organik baik dalam jenis maupun jumlah. Perbedaan jumlah dosis pupuk organik yang diberikan pada lahan sawah dapat berpengaruh terhadap emisi yang di hasilkan.



Gambar 4.2. Grafik Total C Pupuk Organik yang diaplikasikan

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa masukan C terbesar pada sistem budidaya padi secara organik yang dimulai pada tahun 1999 yaitu sebesar  $164 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , hal ini dikarenakan pada system budidaya tersebut

diaplikasikan pupuk organik dalam jumlah yang besar yaitu  $4 \text{ ton.ha}^{-1}$  dengan C/N rasio 22,76. C/N diatas 20 menunjukkan bahwa pupuk tersebut belum matang sehingga akan menyebabkan C pupuk organik belum terurai, hal ini ditunjukkan dengan tingginya kadar C pada pupuk yaitu (40.98) (tabel 4.4).

Berdasarkan hasil korelasi jumlah C pupuk masuk berhubungan erat dengan C/N rasio (0,642) dengan korelasi yang meningkatkan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya C/N rasio pada pupuk dapat menyebabkan ketersediaan jumlah C pupuk yang masuk. Berdasarkan tabel 4.4 dapat dilihat bahwa semakin rendah C/N rasio maka kadar C pada pupuk semakin berkurang. Semakin kecil C/N rasio maka proses dekomposisi semakin lanjut sehingga menyebabkan C dan unsur hara lain terurai sehingga menyebabkan kadar C dari pupuk semakin rendah (Power *et al.*, 1997). Peran mikroba selulolitik dan lignolitik dalam proses pengomposan sangat penting, karena kedua mikroba tersebut memperoleh energi dan karbon dari proses perombakan bahan yang mengandung karbon (Deptan, 2007).

Berdasarkan hasil regresi *stepwise* jumlah C pupuk yang masuk dipengaruhi oleh saat sistem budidaya padi diterapkan, N total tanah, KPK dan eH dengan persamaan

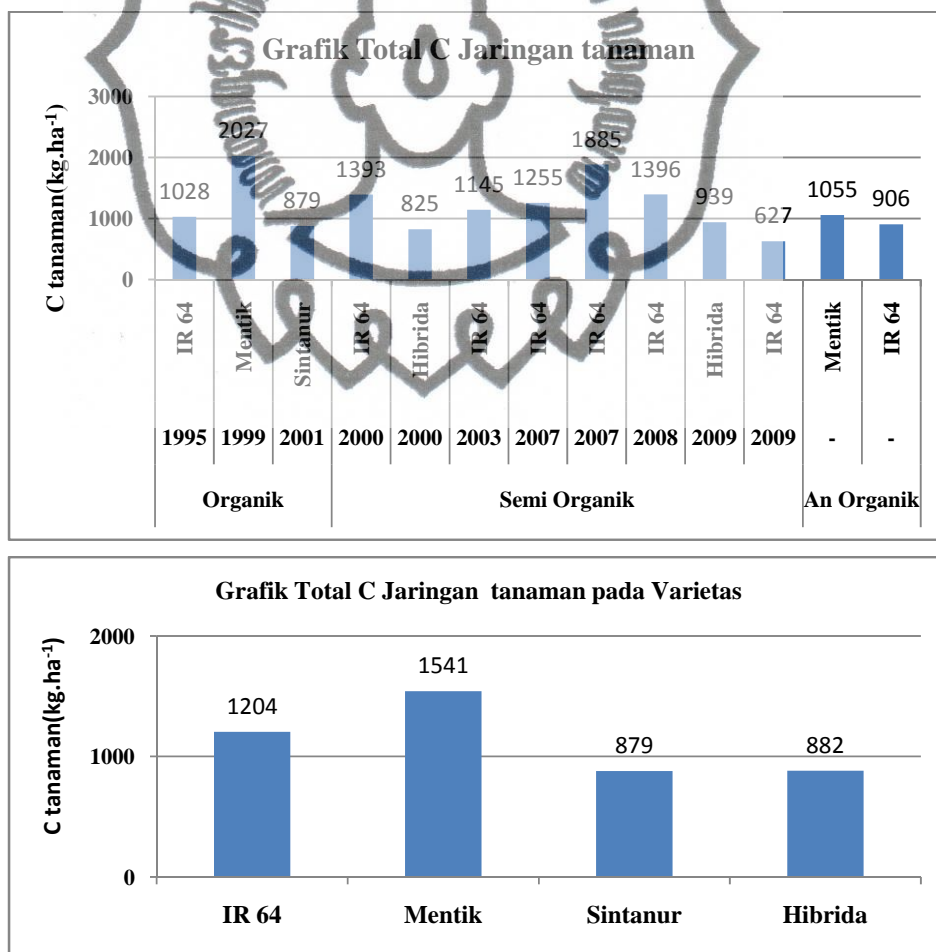
$$\text{Total C pupuk masuk} = 146 - 37,2 \text{ saat sistem budidaya padi diterapkan} + 1069 \text{ N total tanah} + 63,7 \text{ KPK} + 5,09 \text{ eH. R-Sq(adj)} = 90.5\%$$

Syarat mikrobial dalam mendekomposisi bahan organik antara lain adalah adanya N total dalam tanah yang merupakan bahan bagi mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik (Paul *et al.*, 1982). Semakin lama bahan terdekomposisi maka akan tercipta tanah dengan KPK yang tinggi serta eH yang optimum untuk reaksi unsur hara dalam tanah. eH berperan dalam proses reduksi dan oksidasi C dalam tanah sehingga dengan eH yang optimum maka kehilangan C dari pupuk dapat ditekan dan sumbangan C dari pupuk dapat meningkat. Selain itu semakin lama pertanian organik diterapkan maka akan tercipta keseimbangan kesuburan fisik, kimia,

biologi tanah, sehingga proses biologi dalam tanah berjalan optimal sehingga bahan organik yang diberikan cepat terdekomposisi dan dihasilkan dan kehilangan C dapat ditekan karena dihasilkan humus yang mempunyai C yang stabil.

2. C tanaman

Sumber C dalam tanaman dapat berasal dari udara, tanah dan pupuk organik yang diaplikasikan. Pengukuran C pada tanaman merupakan indikator banyaknya C yang terakumulasi di dalam tanaman. C dalam tanaman dimanfaatkan oleh tanaman sebagai sumber energi untuk kegiatan metabolisme. Efisiensi penggunaan karbon pada pertumbuhan tanaman padi adalah 68-86% (Penning *et al.*, 1989).



Gambar 4.3. Grafik Total C Jaringan Tanaman

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa jumlah C pada tanaman tertinggi terdapat pada sistem budidaya padi secara organik yang dimulai tahun 1999 dengan varietas mentik yaitu sebesar  $20,27 \text{ kg.ha}^{-1}$ . Besarnya serapan C pada tanaman sangat di pengaruhi oleh jenis dari varietas. Berdasarkan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa varietas mentik mempunyai masukan C yang tertinggi. Tanaman padi membutuhkan  $\text{CO}_2$  untuk masa pertumbuhan vegetatif sebesar  $0,77$  gram per gram berat kering dengan efektivitas sebesar 68-86%.  $\text{CO}_2$  digunakan tanaman padi untuk proses produksi yaitu fotosintesis (Penning *et al.*, 1989).

Berdasarkan hasil analisis korelasi diketahui jumlah C tanaman mempunyai hubungan yang erat terhadap berat brangkasan dimana korelasinya bersifat menaik ( $0,938$ ). Semakin tinggi berat brangkasan maka semakin banyak C yang terserap tanaman dan C yang terdapat pada penyusun struktur tanaman, jaringan tanaman padi tersusun dari C,H,O,N. Karbohidrat tersusun atas C sebanyak  $0,451$  gram per gram bahan kering, protein  $0,532$  gram per gram bahan kering, lignin  $0,690$  gram per gram bahan kering, asam organik  $0,375$  gram per gram bahan kering (Penning *et al.*, 1989). Sehingga semakin besar berat brangkasan maka C pada tanaman semakin besar.

Berdasarkan hasil analisis regresi *stepwise* dapat diketahui kadar C tanaman paling di pengaruhi oleh berat brangkasan, kadar C tanaman, suhu dengan pola persamaan.

Total C masuk tanaman =  $- 1473 + 14894$  berat brangkasan +  $21,2$  kadar C tanaman (%) -  $3,89$  suhu.  $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 84,3\%$

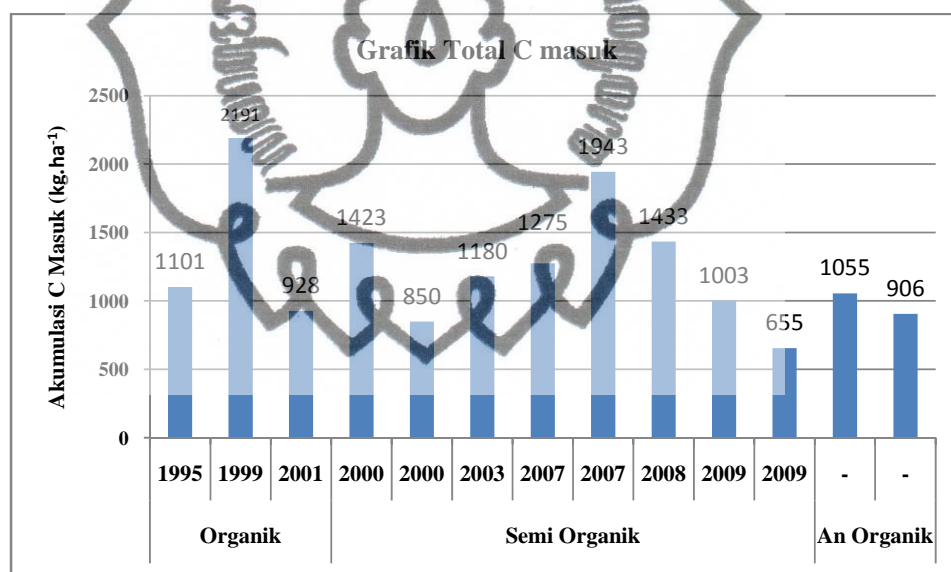
Setiap varietas mempunyai karakter yang berbeda-beda salah satu diantaranya adalah berat brangkasan yang berbeda – beda sehingga berpengaruh terhadap besarnya C yang terserap oleh tanaman yang akan menyebabkan kadar C pada setiap varietas berbeda. Serapan C pada tanaman dipengaruhi oleh adanya suhu udara. Peningkatan suhu disekitar iklim mikro tanaman akan menyebabkan cepat hilangnya kandungan lengas tanah.



Kehilangan air akibat meningkatnya suhu akan berdampak pada proses fotosintesis karena pada proses tersebut dibutuhkan air. Sehingga apabila tanaman kehilangan air maka C yang diserap oleh tanaman berupa  $\text{CO}_2$  semakin rendah karena metabolisme yang terlibat pada reduksi  $\text{CO}_2$  menjadi rendah akibat berkurangnya ATP yang dihasilkan (Hunter, 1995 and Pessaraki, 2005). ATP berperan dalam pembelahan sel dan pembentukan organ tanaman yang dapat meningkatkan berat biomassa tanaman padi.

### 3. Akumulasi C Masuk

Akumulasi C masuk merupakan akumulasi C yang berasal dari penambahan pupuk dan C yang berada dalam tanaman. Kadar C ini merupakan gambaran C yang masuk kedalam sistem *carbon budget*.



Gambar 4.4. Grafik Akumulasi C Masuk

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa akumulasi C masuk tertinggi di capai pada pertanian organik yang dimulai tahun 1999. Hal ini dikarenakan pada sistem pertanian tersebut telah berkembang lama dengan pemasukan pupuk organik yang intensif, sehingga menyebabkan kadar C dalam tanah tinggi. Selain itu juga ditunjang dengan varietas mentik yang mempunyai serapan C yang tertinggi dari pada varietas yang lain. Selain itu

pupuk yang mempunyai C/N rasio yang tinggi (Tabel 4.4), sehingga banyak C yang belum terurai menjadi senyawa yang lebih kompleks.

Berdasarkan hasil analisis korelasi diketahui akumulasi C masuk mempunyai hubungan yang erat terhadap aerasi draenasi (-0.664) dan kadar kapur tanah (-0.677) dimana korelasinya bersifat menurunkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik aerasi draenasi dan semakin tinggi kadar kapur dalam tanah menyebabkan serapan C kedalam tanaman semakin rendah. Aerasi draenasi yang baik maka ketersediaan air dan udara dalam pori-pori tanah seimbang, dan menciptakan suasana yang mendukung terjadinya reaksi kimia dalam tanah dengan adanya kapur dalam tanah maka C dapat bereaksi dalam kapur tersebut dan menyebabkan C terserap dalam tanaman.

Berdasarkan regresi *stepwise* diketahui bahwa akumulasi C masuk dipengaruhi oleh berat brangkasan, CO<sub>2</sub>, dosis Urea, kadar kapur, dan KPK. semakin besar berat brangkasan maka menyebabkan C dalam tanaman semakin tinggi.

$$\begin{aligned} \text{Akumulasi C Masuk} &= - 1425 + 15065 \text{ berat brangkasan} - 0.0629 \text{ CO}_2 - \\ &0.670 \text{ dosis pupuk Urea} + 123 \text{ kadar kapur tanah} \\ &- 117 \text{ KPK } R\text{-Sq(adj)} = 97.2\% \end{aligned}$$

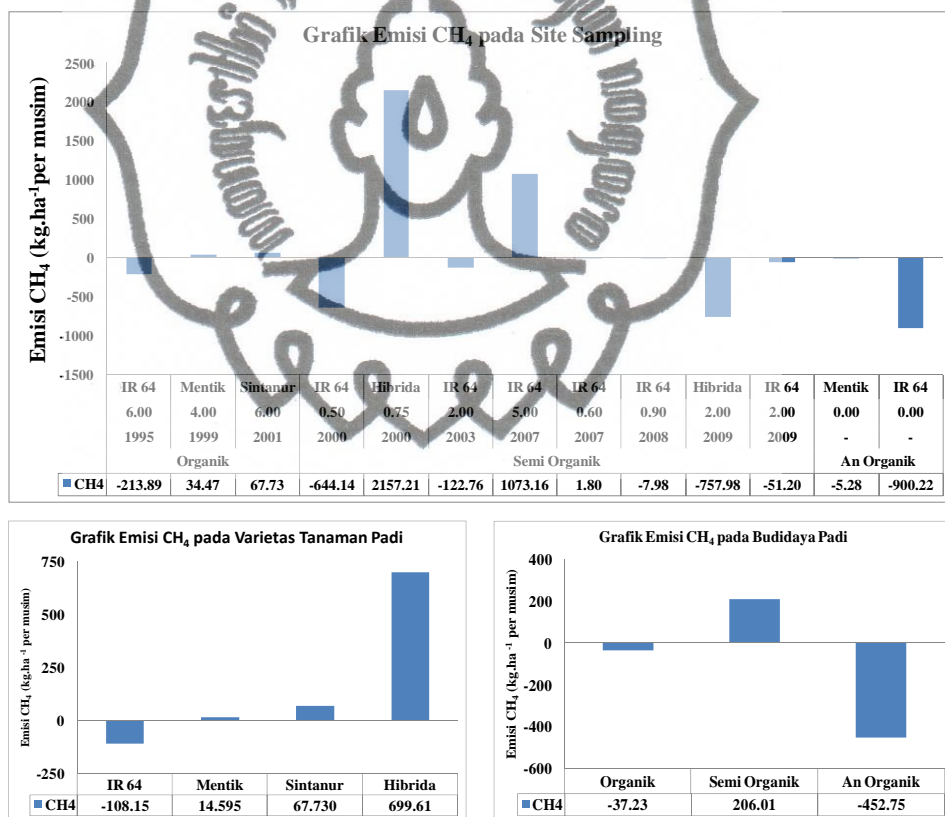
Kapur dalam tanah menyebabkan C terikat dalam kompleks dan dapat meningkatkan KPK tanah. KPK yang tinggi menyebabkan tanah menjadi subur dan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat diserap oleh tanaman sehingga menyebabkan berat brangkasan meningkat dan akumulasi C dalam tanaman semakin tinggi. Selain itu dengan adanya pemupukan Urea juga menyebabkan CO<sub>2</sub> semakin besar karena Urea mengandung C. Sehingga dengan manajemen pemupukan urea yang salah akan menyebabkan meningkatnya enisi CO<sub>2</sub> dalam atmosfer. Menurut Pessarakli (2005), tanaman C3 termasuk tanaman padi lebih adaptif pada kandungan CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi karena dengan adanya kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi maka rubisco akan lebih banyak mengikat CO<sub>2</sub> dari pada O<sub>2</sub> sehingga fotorespirasi dapat di tekan

dan menyebabkan fotosintesis dapat berjalan optimal dan dapat meningkatkan berat brangkasan tanaman padi.

**C. Total C (Carbon) Keluar**

1. Emisi CH<sub>4</sub>

Metan (CH<sub>4</sub>) merupakan gas rumah kaca terbesar yang dihasilkan pada lahan sawah. CH<sub>4</sub> di hasilkan oleh dekomposisi anaerob pupuk organik. CH<sub>4</sub> mempunyai pengaruh yang lebih besar dari pada CO<sub>2</sub> karena masa tinggal dan menahan panas dalam atmosfer lebih tinggi dan pada lapisan stratosfer CH<sub>4</sub> mampu mengurangi Ozon (O<sub>3</sub>) melalui reaksi kimia dan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Berikut disajikan emisi CH<sub>4</sub> pada *site sampling*.



Gambar 4.5. Grafik Emisi CH<sub>4</sub> pada *site sampling*

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa semakin lama penerapan pertanian organik maka semakin mampu menekan terjadinya emisi CH<sub>4</sub>. Hal ini dikarenakan masukan berupa pupuk organik yang telah mengalami perkembangan lanjut dan terbentuk humus yang merupakan hasil

akhir dekomposisi bahan organik. Humus tersebut bersifat stabil dan sudah tidak mengalami dekomposisi lagi sehingga akan meningkatkan C tersimpan (Han, 2003). C tersimpan tersebut mampu mengikat anion dan kation menjadi ikatan yang lebih kompleks sehingga ketika keadaan tergenang C tidak berikatan dengan H dan  $\text{CH}_4$  berkurang. Pemberian bahan organik mampu memperbaiki kesuburan biologi tanah sehingga mampu meningkatkan diversitas mikrobial di dalam tanah salah satunya meningkatkan keseimbangan perkembangan bakteri matanotropik dan bakteri metanogenik. Bakteri metanotropik merupakan bakteri yang dapat memanfaatkan  $\text{CH}_4$  sebagai sumber karbon dalam kegiatan metabolisme sehingga emisi  $\text{CH}_4$  dapat ditekan.

Emisi  $\text{CH}_4$  tertinggi dicapai pada sistem budidaya padi secara semi organik yang dimulai sejak tahun 2000 dengan varietas hibrida dan pupuk organik yang diaplikasikan 0,75 ton/ha, pupuk urea sebesar  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Pada sistem ini pupuk diaplikasikan dengan cara disebar dan ditanam. Pengaplikasian Urea dan pupuk organik dengan cara disebar dapat menyebabkan terjadinya metan. Metan tersebut terjadi karena C pada pupuk organik dan C dari pupuk urea berada pada kondisi anaerob sehingga akan terbentuk metan. Selain itu C/N rasio pupuk yang diaplikasikan belum matang (C/N rasio di atas 20). C/N rasio yang belum matang ini menyebabkan pupuk belum terdekomposisi sempurna sehingga C belum stabil dan dapat menyebabkan terjadinya  $\text{CH}_4$ . Selain itu juga digunakan varietas hibrida dengan kebutuhan air yang banyak sehingga tanah akan tereduksi dalam waktu yang lama dan  $\text{CH}_4$  yang terbentuk semakin banyak.

Sistem budidaya secara anorganik dengan varietas IR 64 dan pupuk pengaplikasian pupuk anorganik berupa Urea  $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , SP36  $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , KCl  $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  menghasilkan emisi terendah ( $-900,61 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  per musim). Hal ini dikarenakan pada perlakuan tersebut diaplikasikan pupuk SP36 yang mengandung S. S dapat berperan dalam menghambat perkembangan bakteri metanogenik yang merupakan organisme penghasil  $\text{CH}_4$  dalam tanah dengan cara menghasilkan  $\text{H}_2\text{S}$  yang merupakan racun bagi bakteri tersebut

(Setyanto, 2009). Hal ini dikarenakan  $H_2S$  menyebabkan tanah sawah menjadi asam sehingga perkembangan bakteri metanogenik terhambat karena bakteri tersebut tidak dapat berkembang pada pH yang asam serta bakteri metanogenik kehilangan Fe karena berikatan dengan S menjadi  $Fe_2S$  sehingga Fe yang berperan sebagai aktifator dalam metabolisme tidak dapat dimanfaatkan oleh bakteri metanogenik (Kutsch *et al.*, 2010)

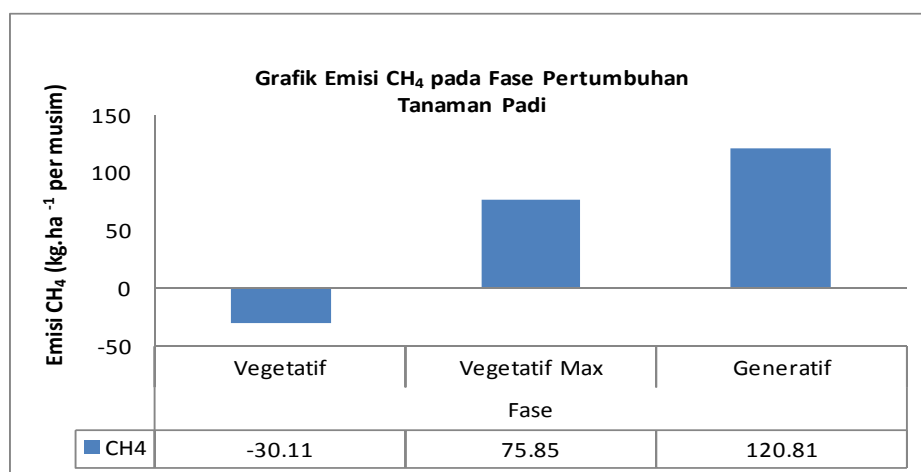
Pada budidaya secara anorganik tidak terjadi emisi metan atau metan dimanfaatkan kedalam sistem metabolisme tanaman. Hal ini dikarenakan pengaplikasian pupuk anorganik sudah tepat yaitu di setelah disebar kemudian ditanam serta pengaplikasian dua kali sesuai kebutuhan tanaman, sehingga C dari pupuk urea akan bersifat stabil dan langsung dapat dimanfaatkan tanaman (Marsono, 1999). Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat bahwa semakin kecil pemakaian Urea maka semakin kecil pula emisi  $CH_4$  yang dihasilkan karena semakin kecil pula C yang dilepaskan dari pupuk Urea. Hal ini dikarenakan unsur dari pupuk urea mudah terurai sehingga C akan terlepas dari Urea dan menyebabkan terjadinya  $CH_4$ . Selain itu juga digunakan pupuk SP 36 dalam jumlah yang besar. Sulfur dari pupuk tersebut mampu menghambat perkembangan bakteri metanogenik sehingga  $CH_4$  dapat ditekan.

Sistem pertanian semi organik menghasilkan metan yang paling tinggi. Hal ini dikarenakan pada satu musim tanam pupuk organik diaplikasikan sebelum tanam dengan rata-rata C/N rasio yang lebih tinggi dari sistem organik, serta diaplikasikan pupuk anorganik terutama urea yang mengandung C, sehingga ketika terjadi genangan maka C dari pupuk tersebut dapat bereaksi dengan H dan menyebabkan terjadinya  $CH_4$ .

Gas metan juga diemisikan oleh tanaman (Changseng, 2007). Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat bahwa varietas penghasil emisi  $CH_4$  tertinggi di capai pada varietas hibrida, sedangkan pada varietas IR 64 tidak dihasilkan emisi  $CH_4$ . Varietas Hibrida merupakan tanaman padi yang peka terhadap kekurangan air bila dibanding dengan varietas yang lain, sehingga bila terjadi kekurangan air pada fase bunting sampai pengisian gabah dapat

menimbulkan kehampaan gabah dan menurunkan hasil. Varietas hibrida membutuhkan air sejak tanam sampai fase primordia bunga (42 hst), pertanaman padi hibrida perlu diberi air macak – macak agar tanaman dapat membentuk anakan dalam jumlah optimal (BPTP, 2008). Pengenangan diam dapat meningkatkan suhu tanah dan air di lahan sawah karena genangan air akan meneruskan radiasi gelombang pendek (ultra ungu) matahari ke tanah dan mengurangi pancaran gelombang panjang (infra merah) ke atas sehingga merupakan lingkungan yang cocok untuk pembentukan  $\text{CH}_4$  (Setyanto, 2009). Pemberian air secara beruntun lebih dari 4 hari menyebabkan hasil varietas IR 64 menurun sehingga perlu dilakukan pengairan secara berselang (BBPPTP, 2008). Pengairan secara berselang ini menciptakan tanah yang dengan oksidasi dan reduksi tanah terjaga sehingga  $\text{CH}_4$  dengan varietas ini menghasilkan  $\text{CH}_4$  terendah.

Tanaman padi dalam melepaskan gas  $\text{CH}_4$  tergantung pada umur padi, dalam pelepasan  $\text{CH}_4$  90 %  $\text{CH}_4$  yang dilepas dari lahan sawah ke atmosfer dipancarkan melalui tanaman padi dan sisanya melalui gelembung air (Setyanto, 2009). Tanaman padi pada fase generatif mampu mengemisikan gas  $\text{CH}_4$  tertinggi dari pada fase vegetatif maupun vegetatif maksimal (Changseng, 2007). pada penelitian ini dapat diketahui besarnya gas  $\text{CH}_4$  yang diemisikan tanaman padi berdasarkan pada fase pertumbuhan seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 4.6. Grafik Emisi  $\text{CH}_4$  pada Fase Pertumbuhan Tanaman Padi

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa semakin umur tanaman padi bertambah maka semakin besar emisi  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan oleh tanaman padi. Fase generatif merupakan fase yang paling besar dalam mengemisikan  $\text{CH}_4$ . Pada fase generatif eksudat akar, biomassa akar dan jumlah anakan yang dihasilkan tanaman padi lebih besar dari pada fase vegetatif. Eksudat atau pembusukan akar merupakan sumber karbon bagi bakteri metanogenik. Sehingga semakin besar biomassa akar maka semakin besar pula eksudat yang dihasilkan sehingga emisi  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan semakin besar. Jumlah anakan juga merupakan factor penentu besarnya pelepasan  $\text{CH}_4$ . Hal ini dikarenakan semakin banyak anakan padi yang dihasilkan maka semakin banyak pembuluh aerenkima yang berfungsi sebagai cerobong yang menghubungkan rhizosfer dan atmosfer akibatnya semakin banyak emisi  $\text{CH}_4$  yang diemisikan. Mekanisme ini terjadi akibat perbedaan gradient konsentrasi antara air di sekitar akar dan ruang antar sel lisigenus pada akar dan menyebabkan  $\text{CH}_4$  terlarut di sekitar perakaran terdifusi ke permukaan cairan akar menuju dinding sel korteks akar. Pada dinding korteks akar,  $\text{CH}_4$  terlarut akan berubah menjadi gas dan disalurkan ke batang melalui pembuluh aerenkima dan ruang antar sel lisigenus. Selanjutnya  $\text{CH}_4$  akan dilepas melalui pori-pori mikro pada pelepah daun bagian bawah (Deptan, 2007).

Berdasarkan hasil analisis korelasi  $\text{CH}_4$  berhubungan erat dengan aerasi draenasi tanah (-0.468), kemiringan (-0.521) dan N total tanah (-0.439) dengan korelasi yang menurunkan. Hal ini menggambarkan bahwa semakin baik aerasi draenasi tanah maka emisi  $\text{CH}_4$  semakin turun, karena aerasi draenasi yang baik maka kemampuan tanah dalam menjaga keseimbangan air dan udara terjaga dan kesempatan C untuk bereaksi menjadi  $\text{CH}_4$  semakin kecil.

Kemiringan tanah yang semakin miring menyebabkan air yang tertahan semakin rendah sehingga kondisi tanah yang anaerob yang merupakan kondisi ideal terbentuknya  $\text{CH}_4$  dapat di berkurang. Sedangkan N total dalam tanah dapat dimanfaatkan sebagai energi oleh mikrobia dalam

mendekomposisi bahan organik, sehingga semakin cepat dekomposisi akan semakin cepat terbentuk humus yang mempunyai ikatan C yang stabil. Tanaman padi dapat menyerap N berupa ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang menyebabkan terjadinya pelepasan  $\text{H}^+$  untuk menyeimbangkan kemasaman di daerah perakaran. Pelepasan  $\text{H}^+$  menyebabkan turunnya kemasaman dalam tanah dan menghambat bakteri metanogenik yang merupakan bakteri yang mampu menghasilkan  $\text{CH}_4$  (Setyanto, 2009). Hal ini dikarenakan syarat perkembangan bakteri metanogenik pada pH 6,8-7,8 dan perubahan pH secara mendadak dapat menyebabkan bakteri tersebut berkurang (Kutsch *et al.*, 2010)

Berdasarkan analisis regresi *stepwise*  $\text{CH}_4$  dipengaruhi oleh KPK, jumlah C tersimpan, persentase debu, KL, dengan persamaan

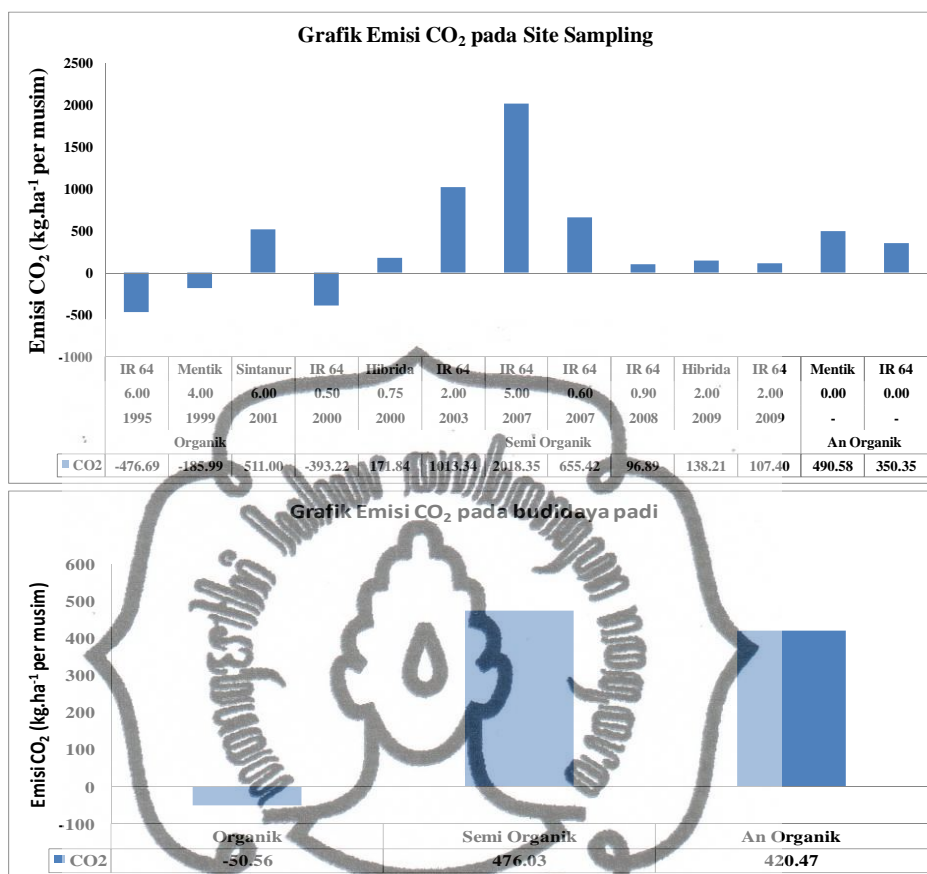
$$\text{CH}_4 = -1395 + 5537 \text{ KPK} + 0.538 \text{ jumlah C tersimpan} + 82.4 \text{ persentase debu} - 8867 \text{ KL. R-Sq(adj)} = 76.8\%$$

$\text{CH}_4$  paling dipengaruhi oleh adanya KPK. Air pada tanah yang berdebu dapat terikat terikat dalam ruang pori – pori tanah dan menyebabkan kadar lengas tanah meningkat. Kondisi tersebut menyebabkan keseimbangan air dan udara dalam tanah menjadi seimbang, selain itu larutan dalam pori – pori tanah juga berfungsi dalam menukarkan kation dan meningkatkan KPK tanah (Barker *et al.*, 2007). Dengan adanya KPK tanah maka C dapat tersimpan dalam tanah dan kehilangan C semakin rendah.

## 2. Emisi $\text{CO}_2$

Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan bahan utama dalam proses fotosintesis bagi tanaman, tetapi jika  $\text{CO}_2$  dialam berlebih maka dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global.  $\text{CO}_2$  dihasilkan dari polusi, sisa pembakaran, serta hasil dari respirasi. Efisiensi penggunaan karbon pada pertumbuhan tanaman ini adalah 68-86%, sedangkan 78-86% dari pembakaran panas substrat dipertahankan di alam (Penning *et al.*, 1989).





Gambar 4.7. Grafik Emisi CO<sub>2</sub> pada *site sampling*

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa semakin lama dilakukan sistem pertanian organik maka emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan semakin turun. Pada sistem budidaya padi secara organik yang dimulai pada tahun 1995 dengan varietas IR 64 dan pupuk organik sebesar 6 ton.ha<sup>-1</sup> mampu menekan emisi CO<sub>2</sub> paling besar (-476,68 kg.ha<sup>-1</sup> per musim). Hal ini dikarenakan semakin lama tanah yang diberikan bahan organik maka perkembangan tanah semakin baik karena pupuk organik yang diberikan telah terdekomposisi sempurna menjadi humus yang mampu memperbaiki sifat tanah baik fisik, kimia dan biologi tanah (Han, 2003). Sifat tanah yang baik mampu menekan terjadinya emisi CO<sub>2</sub> karena dengan adanya bahan organik dalam tanah akan meningkatkan diversitas mikrobia dalam tanah. Pada tanah sawah mikrobia aerob memecah CO<sub>2</sub> sebagai sumber energi bagi metabolisme sehingga emisi CO<sub>2</sub> dapat ditekan (Hardjowigeno *et al.*, 2005).

Secara keseluruhan sistem budidaya semi organik menghasilkan emisi paling tertinggi yaitu  $476,03 \text{ kg.ha}^{-1}$  per musim. Pada sistem budidaya secara semi organik sumber C berasal dari pupuk organik maupun dari Urea. Sehingga pasokan kadar C lebih banyak. Urea mempunyai sifat yang mudah terurai sehingga C dari urea cepat teroksidasi dan terjadinya  $\text{CO}_2$  (Marschrer *et al.*, 2006).

Emisi  $\text{CO}_2$  tertinggi dicapai pada sistem budidaya padi secara semi organik yang dimulai sejak tahun 2007 dengan varietas IR 64 dan masukan  $5 \text{ ton.ha}^{-1}$  pupuk organik, pupuk urea  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$ . Besarnya emisi  $\text{CO}_2$  dikarenakan pada *site sampling* ini pemberian pupuk dilakukan dengan cara disebar, sehingga pupuk berada di permukaan tanah dan dapat terjadi oksidasi. Pada lapisan oksidasi jumlah  $\text{O}_2$  dalam keadaan yang banyak dan mampu berikatan dengan C dari pupuk organik maupun dari urea dan menjadi  $\text{CO}_2$  (Marsono, 1999).

Berdasarkan hasil analisis korelasi diketahui emisi  $\text{CO}_2$  mempunyai hubungan yang erat terhadap C/N pupuk organik (-0.425), persentase lempung (-0.497), N total tanah (-0.452), dan Kemiringan lahan (-0.410) dimana korelasinya bersifat menurunkan. Serta prosentase debu (0.417) dimana korelasinya bersifat menaikkan. Semakin C/N rasio rendah maka kecepatan mineralisasi lebih cepat dari pada terimobilisasi (Han, 2003). Sehingga pupuk tersebut merupakan pupuk yang sudah matang dengan C yang stabil yang tidak sudah teroksidasi menjadi  $\text{CO}_2$ . Mikrobia membutuhkan unsur N sebagai sumber energi untuk merombak bahan organik, sehingga semakin cepat bahan organik terombak maka semakin cepat pula dihasilkan humus dengan sifat yang stabil dan  $\text{CO}_2$  semakin rendah (Musnamar, 2006).

Prosentase lempung yang banyak secara kimia dapat menyebabkan semakin besar kemampuan tanah dalam menukarkan kation dan anion. Sehingga semakin besar lempung kemampuan tanah dalam mengikat C semakin besar dan mengurangi C teroksidasi menjadi  $\text{CO}_2$ . Sedangkan semakin besar prosentase debu maka kemampuan tanah dalam menahan air berkurang sehingga akan tercipta suasana oksidasi, hal ini juga terjadi pada

lahan yang semakin miring maka kemampuan tanah dalam menahan air menjadi rendah. Suasana oksidasi dapat menyebabkan C berikatan dengan O<sub>2</sub> menjadi CO<sub>2</sub>.

Berdasarkan regresi *stepwise* diketahui bahwa emisi CO<sub>2</sub> dipengaruhi persentase lempung, kadar C tanaman, dosis pupuk KCl dan suhu dengan persamaan

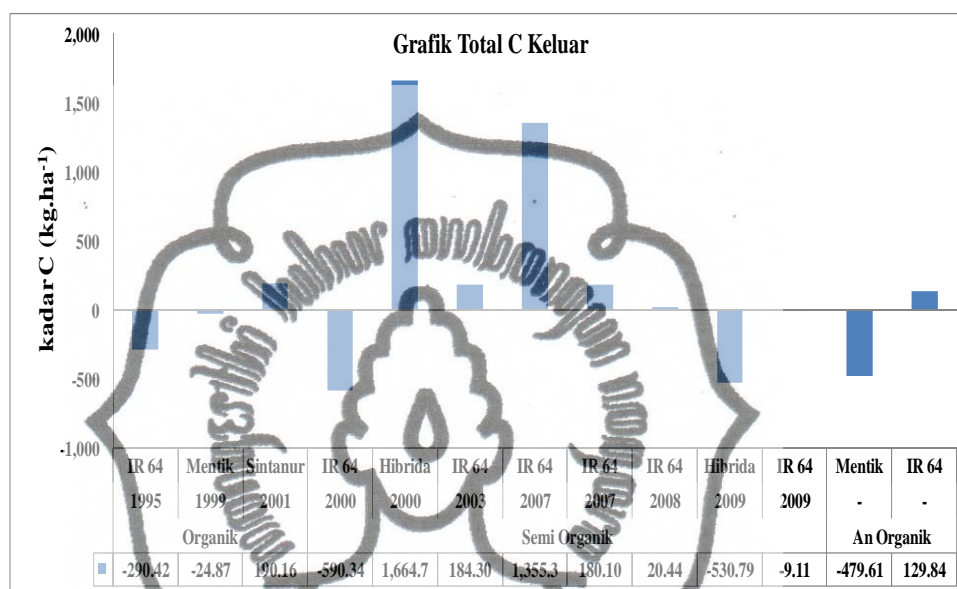
$$\text{CO}_2 = 16181 - 41.3 \% \text{ lempung} - 172 \text{ kadar C tanaman} + 22.6 \text{ Dosis KCl} - 160 \text{ Suhu. R-Sq(adj) = 78.8\%}$$

Lempung paling berpengaruh terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Didalam tanah C dapat terikat oleh lempung. Lempung mempunyai muatan negatif yang mampu mengikat C dalam tanah sehingga kehilangan C akibat berikatan dengan O<sub>2</sub> berkurang. Selain itu dengan adanya penurunan suhu dapat menjaga kelembaban tanah dan memperkecil terjadinya proses oksidasi sehingga CO<sub>2</sub> yang terbentuk semakin berkurang. Menurut Richer (2011) meningkatnya temperatur akan mendorong perkembangan mikroorganisme yang dapat memecah kandungan karbon di tanah (*Escheria coli*) dan akan mempercepat proses pembusukan material organik. Bakteri tersebut kemudian melepaskan CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Menurut Simpson (2011) pelepasan C dalam tanah karena peningkatan suhu menyebabkan perubahan susunan C tanah yang akan berdampak pada degradasi kesuburan tanah.

Lempung mampu mengikat kation dari pupuk KCl sehingga Cl dapat berikatan dengan C dan membentuk ikatan kompleks yang mampu diserap tanaman, selain itu dengan adanya lempung maka kemampuan tanah dalam menahan air semakin tinggi dan meningkatkan kadar air pada tanah dan peluang terjadi emisi CO<sub>2</sub> semakin rendah. Menurut Pessaraki (2005), Besarnya C dalam tanaman berkaitan dengan CO<sub>2</sub> yang diserap oleh tanaman untuk bahan fotosintesis. Tanaman menyerap CO<sub>2</sub> dari daun dan akar tanaman. Sehingga semakin besar CO<sub>2</sub> yang diserap tanaman padi maka akan mengurangi emisi CO<sub>2</sub>.

### 3. Akumulasi C keluar

Akumulasi C keluar merupakan banyaknya C yang hilang dalam tanah maupun tanaman. Hilangan C ini berdampak pada pemanasan global karena berupa  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  yang merupakan gas rumah kaca.



Gambar 4.8. Grafik Total C keluar

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa akumulasi C yang keluar tertinggi dicapai pada sistem budidaya padi secara semi organik yang dimulai pada tahun 2000 dengan varietas hibrida dan masukan berupa bahan organik  $0,75 \text{ ton.ha}^{-1}$  dan pupuk urea  $100 \text{ kg.ha}^{-1}$ . Varietas hibrida merupakan varietas yang membutuhkan air paling banyak dan lama sehingga akan menyebabkan tanah menjadi anaerob (Marsono, 1999; Kyuma, 2004). Kondisi ini menyebabkan C dari pupuk organik dan C urea dapat tereduksi sehingga banyak C yang keluar.

Akumulasi C yang keluar sangat berhubungan erat dengan  $\text{CH}_4$  (0.970) dimana korelasinya menaik. Semakin besar emisi  $\text{CH}_4$  maka C total yang keluar semakin besar. Hal ini dikarenakan  $\text{CH}_4$  merupakan bentuk C yang bisa terlepas dari tanah dan tanaman. Kondisi tanah sawah sangat mendukung dalam pembentukan  $\text{CH}_4$  karena pembentukan  $\text{CH}_4$  menghendaki kondisi

yang anaerob. Selain itu pada ruang udara pembuluh aerenkim daun, batang dan akar tanaman padi yang berkembang dengan baik menyebabkan pertukaran gas pada tanah tergenang berlangsung cepat. Pembuluh tersebut merupakan cerobong tempat  $\text{CH}_4$  dikeluarkan ke atmosfer (Setyanto, 2009)

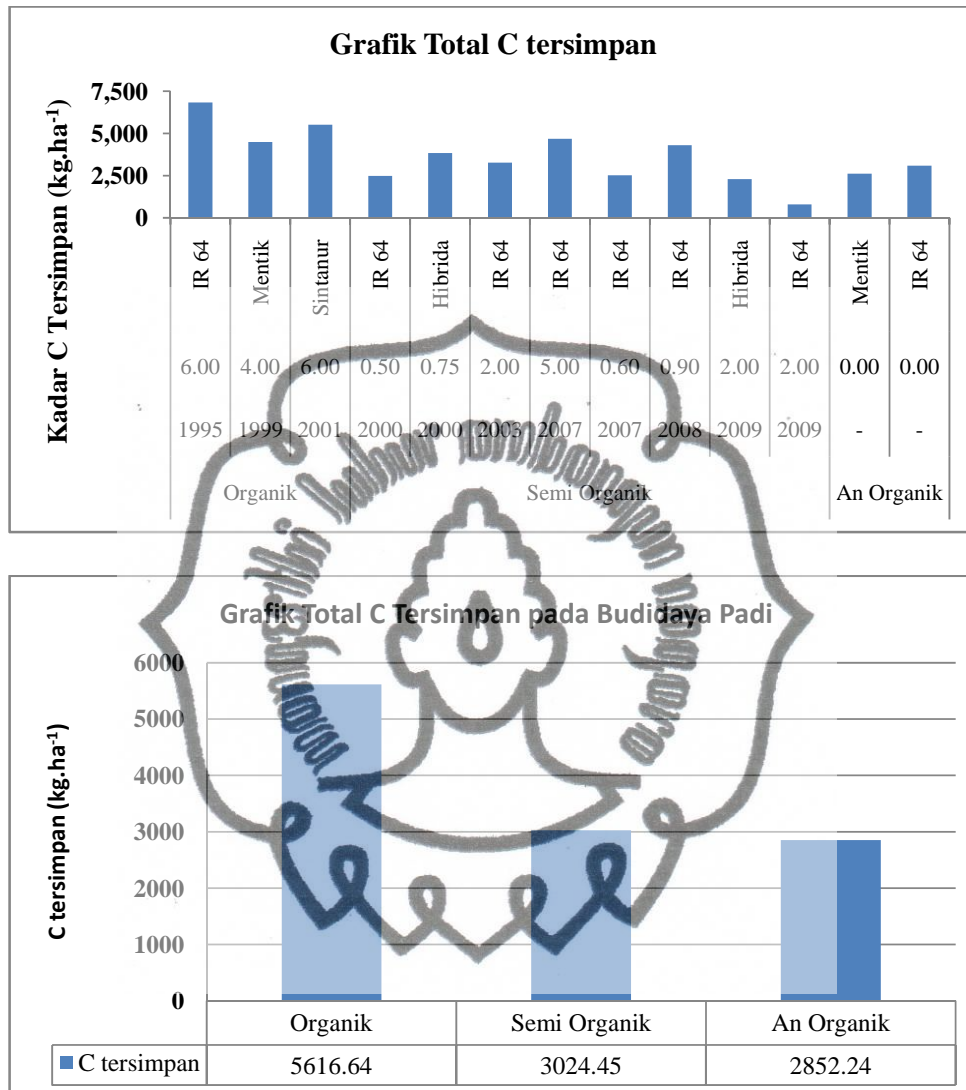
Berdasarkan analisis regresi *stepwise* akumulasi C keluar sangat dipengaruhi oleh  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , KL dan KPK dengan persamaan

$$\text{Akumulasi C keluar} = -0.0184 + 0.750 \text{CH}_4 + 0.273 \text{CO}_2 + 0.0133 \text{KL} - 0.00093 \text{KPK}, R\text{-Sq}(\text{adj}) = 100.0\%$$

Berkurangnya air dalam pori-pori tanah akan mengganggu pergerakan unsur hara yang tidak secara langsung menyebabkan KPK rendah. Dengan adanya KPK yang rendah maka kemampuan tanah dalam menahan dan menukarkan kation-kation semakin rendah sehingga C dapat lepas dalam bentuk  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Selain itu keseimbangan kadar lengas tanah menyebabkan komposisi air dan udara dalam tanah seimbang sehingga proses oksidasi dan reduksi tanah menjadi seimbang sehingga emisi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  semakin rendah.

#### D. Total C (*carbon*) Tersimpan

Kadar C tersimpan merupakan kadar C yang terdapat dalam tanah. C tersebut menggambarkan banyak C yang dapat disimpan dalam tanah. Salah satu sumber C dalam tanah adalah dari pemberian bahan organik ke dalam tanah. Kadar C dalam tanah merupakan indikator kesuburan tanah baik kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah. Umumnya kadar C dalam tanah sawah adalah rendah yaitu kurang dari 2 % (Syamsiyah *et al.*, 2006).



Gambar 4.9. Grafik Total C Tersimpan

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa jumlah C tersimpan tertinggi dicapai pada sistem budi daya pertanian organik yang dimulai tahun 1995. hal ini dikarenakan pupuk organik yang diaplikasikan mengalami proses dekomposisi didalam tanah paling lama. Lamanya dekomposisi bahan organik akan berpengaruh terhadap kematangan dan pembentukan humus sehingga akumulasi C yang tersimpan terdapat dalam tanah semakin besar.

Simpanan C secara berurutan dari yang tertinggi adalah dari pertanian organik, semi organik dan anorganik. Pertanian anorganik menghasilkan

*commit to user*

simpanan C paling rendah, hal ini dikarenakan pada sistem pertanian tersebut tidak ada masukan bahan organik yang merupakan sumber C dalam tanah. Pengaplikasian pupuk anorganik dapat menyebabkan C terkuras karena karena sumber utama C adalah pupuk organik (Yuwono, 2004). C dari urea mudah bereaksi dengan unsur lain sehingga mudah hilang sehingga mikrobia dalam memanfaatkan C hanya dari tanah dan menyebabkan C dalam tanah terkuras.

Berdasarkan hasil analisis korelasi diketahui C tersimpan mempunyai hubungan yang sangat erat terhadap C-organik tanah (1.000), BO (1.000), dan berhubungan erat dengan saat Organik (0.771), Dosis Pupuk Kandang (0.733) dengan korelasi yang manaikan serta N total tanah (-0.678) dengan korelasi yang menurunkan. Semakin besar bahan organik tanah maka akan menyebabkan C dalam tanah semakin besar. Pupuk kandang merupakan sumber C dalam tanah sehingga semakin besar dosis yang diberikan maka pasokan C dalam tanah semakin besar, dan semakin lama pupuk organik terdekomposisi maka akan terbentuk humus yang mempunyai C stabil.

Berdasarkan analisis regresi *stepwise* Total C tersimpan sangat dipengaruhi oleh BO, dosis pupuk kandang, kadar C tanaman dengan persamaan

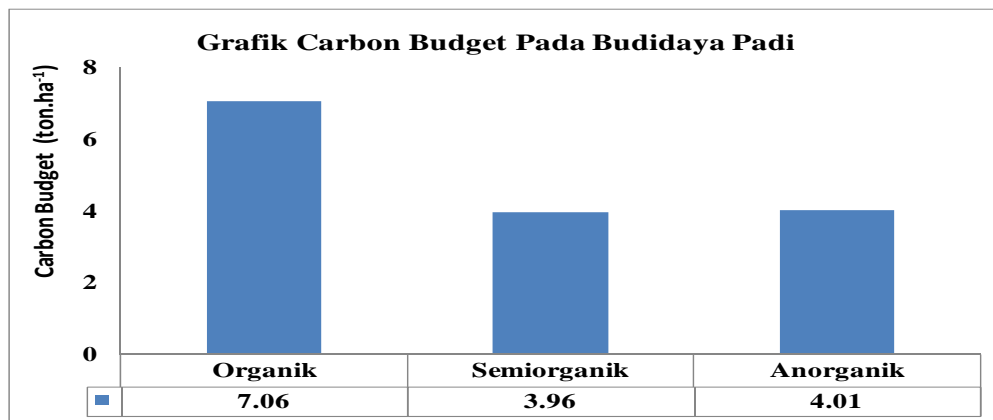
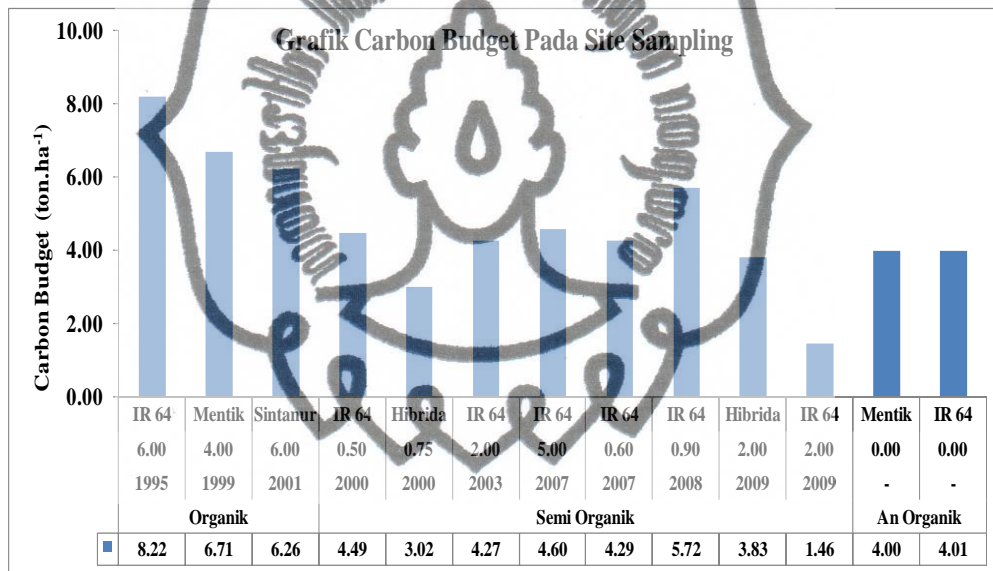
$$\text{Total C tersimpan} = 35.5 + 1392 \text{ BO} - 0.919 \text{ dosis pupuk kandang} - 0.622 \text{ kadar C tanaman. } R\text{-Sq(adj)} = 100.0\%$$

Bahan organik tersusun dari rantai C sehingga semakin besar bahan organik maka C tersimpan semakin besar. Pemberian bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah. Bahan organik berperan dalam memperbaiki kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah. Bahan organik menyebabkan tanah menjadi gembur sehingga akan memperbaiki pori-pori tanah dan mendukung bagi perkembangbiakan mikroorganisme tanah dalam mendekomposisi bahan organik. sehingga akan terbentuk humus yang mempunyai C yang stabil dalam tanah. Humus tersebut dapat meningkatkan C dalam tanah dan menunjang pertumbuhan tanaman (Han, 2003). Dengan meningkatnya kesuburan secara fisik, kimia dan biologi maka kebutuhan air dan hara bagi

tanaman tercukupi dan kegiatan metabolisme dapat berjalan lancar sehingga kadar C dalam tanaman semakin meningkat.

**E. Carbon Budget**

*Carbon budget* adalah suatu perencanaan yang menunjukkan penerimaan dan pengeluaran karbon untuk mengetahui kapan akan terjadi surplus dan defisit untuk jangka waktu (periode) tertentu yang akan datang (IPPC, 2010). *Carbon budget* berfungsi sebagai pedoman menentukan kebijakan dan sebagai alat pengawasan kerja/tolok ukur dalam mitigasi gas rumah kaca (Gilbert *et al.*, 2006)



Gambar 4.10. Grafik *Carbon Budget*  
*commit to user*



Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa *carbon budget* tertinggi dicapai pada sistem budidaya padi secara organik yang dimulai pada tahun 1955 dengan masukan pupuk organik 6 ton.ha<sup>-1</sup> dan varietas IR 64 yaitu sebesar 8,22 ton.ha<sup>-1</sup>. Hal ini dikarenakan pada sistem tersebut telah terjadi akumulasi bahan organik yang telah terdekomposisi sehingga mempunyai simpanan C pada tanah yang besar (Gambar 4.8). Sedangkan varietas IR 64 merupakan varietas yang paling sedikit dalam menyumbang emisi CH<sub>4</sub> dan mempunyai akumulasi C yang tinggi sehingga diduga dalam menyerap CO<sub>2</sub> paling besar untuk proses metabolisme.

Secara keseluruhan sistem pertanian organik menghasilkan *carbon budget* tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat terus dikembangkan untuk pertanian berkelanjutan yang dapat menekan emisi gas rumah kaca. Sistem pertanian organik dapat meningkatkan kadar C yang stabil yang terdapat pada humus sehingga C tidak sudah terlepas menjadi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>.

Berdasarkan analisis korelasi *carbon budget* berhubungan erat dengan saat organik ( 0,836), pupuk kandang ( 0,634 ), bahan organik tanah (0,875), c-organik tanah (0,874) dengan hasil yang meningkatkan. Pupuk kandang dapat menambah bahan organik tanah. Didalam tanah bahan organik tersebut terus mengalami dekomposisi, sehingga akan meningkatkan simpanan C dalam tanah dan juga meningkatkan *carbon budget* akibatnya emisi gas rumah kaca dapat ditekan.

Dari hasil analisis regresi *stepwise*, *carbon budget* paling dipengaruhi oleh BO, dosis Urea, KPK, saat system budidaya padi diterapkan, suhu, berat brangkasan dengan persamaan

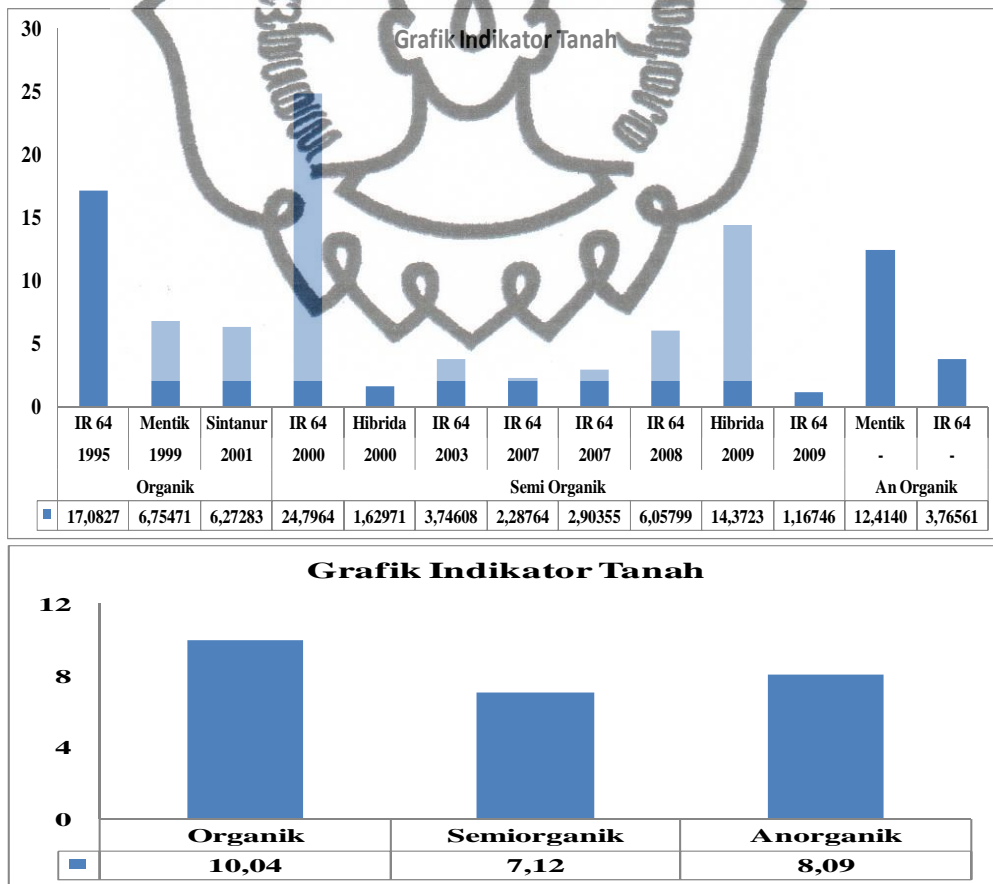
$$\text{Carbon budget} = 0,0089 + 1,38 \text{ BO} - 0,000314 \text{ dosis Urea} - 0,0030 \text{ KPK} - 0,00233 \text{ saat system budidaya padi diterapkan} + 0,130 \text{ berat brangkasan. R-Sq(adj) = 100.0\%}$$

KPK tanah mampu menukarkan kation dan mengikat hara dari pupuk Urea sehingga N dari Urea bisa diserap tanaman dan dimanfaatkan mikrobia dalam mendekomposisi bahan organik tanah (Brady, 1990; Hardjowigeno *et al.*, 2005). Semakin lama pengaplikasian pupuk organik maka bahan organik tersebut akan terbentuk humus yang mempunyai sifat stabil dan meningkatkan C tanah. Humus

dalam tanah mampu memperbaiki potensi reduksi tanah sehingga unsur hara dapat diserap tanaman (Han, 2003). Serapan hara tersebut menyebabkan meningkatnya berat brangkasan tanaman dan konsumsi C untuk metabolisme sehingga dapat menekan C yang keluar. Dengan adanya akumulasi C dalam tanaman dan C dalam tanah maka akan meningkatkan *carbon budget*.

**F. Indikator Tanah Dalam Mempertahankan C (*carbon*)**

Indikator tanah dalam mempertahankan C merupakan ketahanan tanah dalam menjaga C dalam tanah. Indikator ini diperoleh dari perbandingan antara C yang tersimpan dalam tanah dan C yang keluar berupa emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Semakin tinggi indikator tersebut maka kemampuan tanah dalam menjaga C sangat baik.



Gambar 4.11. Grafik indikator tanah dalam mempertahankan C

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa pada sistem budidaya padi secara semi organik yang dimulai tahun 2000 dengan pupuk kandang  $\text{ton.ha}^{-1}$  0,50 dan pupuk anorganik Urea  $35 \text{ kg.ha}^{-1}$ , SP 36  $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  serta varietas IR 64 menunjukkan indikator tanah dalam mempertahankan C yang terbaik. Hal ini dikarenakan pada budidaya tersebut diaplikasikan pupuk anorganik berupa SP36. Unsur S pada SP36 mampu menekan kehilangan C karena unsur S menghambat bakteri metanogenik yang merupakan bakteri penghasil  $\text{CH}_4$  sehingga kehilangan C dapat ditekan (Setyanto, 2009).

Berdasarkan gambar 4.10 dapat diketahui bahwa pertanian organik menunjukkan kemampuan tanah dalam menjaga kehilangan C adalah yang terbaik. Hal ini dikarenakan pada sistem pertanian organik telah lama diterapkan, akan terjadi akumulasi dan pupuk organik yang telah terdekomposisi sempurna dan terbentuk humus. Humus dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah sehingga mampu menekan kehilangan C dan meningkatkan C dalam tanah (Han, 2003).

Berdasarkan analisis korelasi indikator tanah dalam mempertahankan C berhubungan erat dengan  $\text{CO}_2$  (-0,575),  $\text{CH}_4$  (-0,593) dengan korelasi yang menurunkan dan C/N rasio (0,524) dengan korelasi yang meningkatkan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya bahan organik yang matang maka akan lebih cepat terbentuk C yang stabil dan terbentuknya humus (Han, 2003). Humus tersebut mampu memperbaiki reaksi redoks dalam tanah sehingga C yang terlepas berupa  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  berkurang. Dengan berkurangnya  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  maka indikator tanah dalam mempertahankan C semakin meningkat.

Indikator tanah dalam mempertahankan C paling berhubungan erat oleh total C yang keluar ( $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ), semakin banyak C yang keluar maka C dalam tanah semakin terkuras sehingga akan menyebabkan degradasi kesuburan tanah. Berdasarkan hasil analisis regresi *stepwise*, Indikator tanah dalam mempertahankan C paling dipengaruhi oleh KL, eH, N total tanah, KPK dengan persamaan

Indikator tanah dalam mempertahankan C =  $56,3 - 172 \text{ KL} - 3,28 \text{ eH} + 266 \text{ N total tanah} - 9,2 \text{ KPK}$ . R-Sq(adj) = 73.8%

*commit to user*

Dengan adanya pengolahan tanah akan menyebabkan tanah menjadi gembur dan menyebabkan aerasi draenasi tanah menjadi seimbang sehingga komposisi air dan udara dalam tanah menjadi baik dan dapat memperbaiki KL tanah. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap reaksi dalam tanah atau potensi redoks yang dapat menyebabkan perubahan N tanah dan KPK. Dengan adanya KPK menyebabkan N dalam tanah dapat dimanfaatkan mikrobia dalam mendekomposisi C pada bahan organik, sehingga akan meningkatkan aktivitas mikrobia dalam mendekomposisi bahan organik dan di hasilkan humus yang mempunyai ikatan C yang stabil dan menyebabkan semakin meningkatkan indikator tanah dalam mempertahankan C.

#### G. Pengaruh *Carbon Budget*, Indikator Tanah dalam Mempertahankan C Terhadap Hasil Tanaman

Hasil panen merupakan parameter didalam keberhasilan kebijakan, hal ini dikarenakan petani tidak mau rugi dalam menjalankan anjuran yang diberikan. Berikut disajikan tabel hasil tanaman padi, *carbon budget*, dan indikator tanah dalam mempertahankan C.

Tabel 4.5. *Carbon budget*, indikator tanah dan Hasil tanaman padi

Sistem Pertanian	Saat awal melaksanakan Sistem Pertanian	Jumlah PO (Ton/Ha)	Varietas	Hasil (Ton/Ha)	Indikator tanah	<i>Carbon budget</i> (ton/Ha)
Organik	1995	6,00	IR 64	8,75	17,08	8,22
	1999	4,00	Mentik	8,00	6,75	6,71
	2001	6,00	Sintanur	5,60	6,27	6,26
Semi Organik	2000	0,50	IR 64	4,80	24,80	4,49
	2000	0,75	Hibrida	6,86	1,63	3,02
	2003	2,00	IR 64	7,50	3,75	4,27
	2007	5,00	IR 64	6,55	2,29	4,59
	2007	0,60	IR 64	4,17	2,90	4,29
	2008	0,90	IR 64	4,67	6,06	5,71
	2009	2,00	Hibrida	3,60	14,37	3,82
An Organik	2009	2,00	IR 64	2,86	1,17	1,45
	-	0,00	Mentik	6,75	12,41	4,00
	-	0,00	IR 64	5,20	3,77	4,01

Ket: PO= Pupuk Organik

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa sistem budidaya padi secara organik yang dimulai tahun 1995 merupakan pertanian yang paling tepat. Hal ini dikarenakan selain mempunyai indikator tanah dalam mempertahankan C, *Carbon budget* yang tinggi juga memiliki hasil tanaman padi yang tertinggi. Semakin lama sistem pertanian organik diterapkan maka akan tercipta kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah dapat seimbang. Sehingga kebutuhan hara bagi tanaman dapat tercukupi. Hara tersebut dimanfaatkan oleh tanaman untuk kegiatan metabolisme dalam tubuh dan menghasilkan butir padi, sehingga dengan hara yang cukup dan seimbang maka hasil tanaman padi akan optimal.

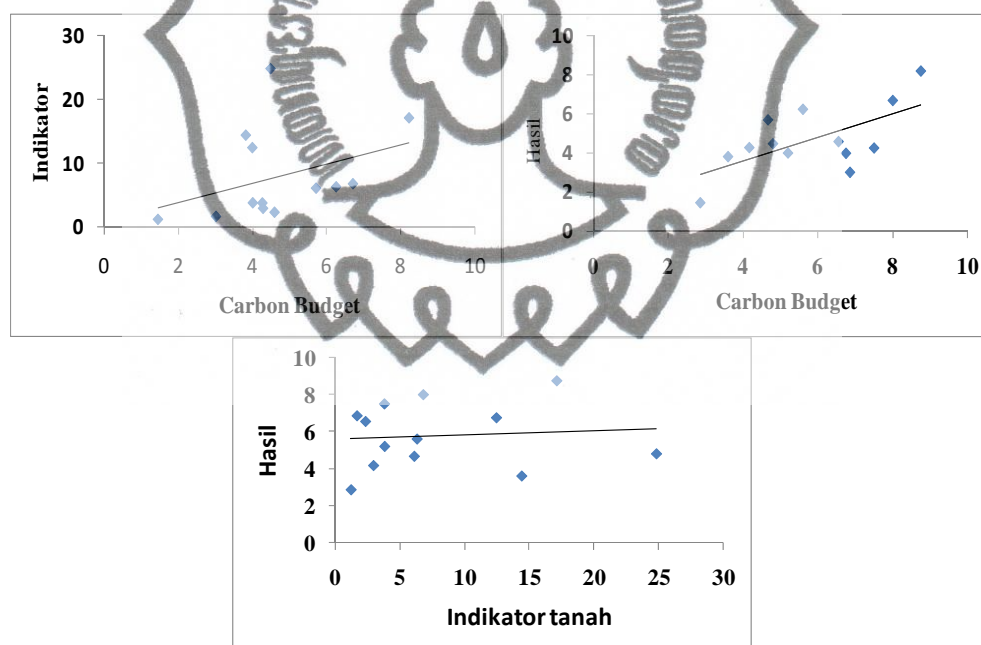
Berdasarkan hasil korelasi hasil tanaman padi berhubungan erat dengan C-organik tanah (0,719), *carbon budget* (0,624), total C tersimpan dalam tanah (0,718) dengan korelasi yang meningkatkan dan N total tanah (-0,821) dengan korelasi yang menurunkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar *carbon budget* maka jumlah C tersimpan semakin besar. Hal menyebabkan meningkatnya kadar C dalam tanah karena salah satu masukan C tersimpan adalah C organik tanah. C organik tanah akan berpengaruh terhadap keseimbangan kesuburan fisik kimia dan biologi sehingga tanaman padi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik dengan hasil yang optimal.

Semakin banyak N dalam tanah maka serapan N pada tanaman semakin besar. N dalam tanaman dimanfaatkan tanaman dalam pembentukan protein. Serapan N yang semakin besar akan menyebabkan tanaman padi mengalami sekuler karena protein yang dihasilkan bersifat suka menyerap air sehingga menyebabkan serapan air secara berlebihan dan tanaman mudah roboh serta mudah terserang penyakit. Kondisi ini dapat mengakibatkan menurunkan hasil tanaman padi.

Berdasarkan analisis regresi *stepwise* hasil tanaman padi dipengaruhi oleh N-total tanah, CO<sub>2</sub>, suhu dan berat brangkas dengan persamaan

$$\text{Hasil} = 4.03 - 196 \text{ N total tanah} - 0.00125 \text{ CO}_2 + 0.229 \text{ Suhu} + 9.32 \text{ berat brangkas. } R\text{-Sq(adj)} = 83.5\%$$

Hasil tanaman padi paling dipengaruhi oleh ketersediaan N dalam tanah. N dalam tanah dapat diserap tanaman melalui akar tanaman. Penyerapan N dalam tanah sangat dipengaruhi oleh adanya suhu karena N dapat mengalami volatilisasi yang menyebabkan N tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Unsur N tersebut dimanfaatkan tanaman untuk membentuk protein dan memperbaiki hasil padi. N dalam tanah juga dapat dimanfaatkan mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik. Proses respirasi mikroorganisme menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Dengan meningkatnya suhu udara akan menyebabkan peningkatan pada suhu tanah yang tergenang. Peningkatan suhu tersebut akan mempercepat  $\text{CO}_2$  tervolatilisasi.  $\text{CO}_2$  dalam udara dapat dimanfaatkan tanaman untuk proses fotosintesis dan menghasilkan karbohidrat yang tersimpan dalam gabah padi.



Gambar 4.12. Grafik hubungan *Carbon Budget*, indikator tanah dan hasil tanaman Padi

Gambar diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi *carbon budget* maka kecenderungan akan meningkatkan indikator tanah dalam mempertahankan C. Hal ini dikarenakan semakin banyak C yang tersimpan dalam tanah maka peluang terjadinya kehilangan C berupa  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  semakin rendah sehingga akan meningkatkan *carbon budget*. Selain itu semakin tinggi *carbon budget* dan *commit to user*

indikator tanah dalam mempertahankan C maka akan meningkatkan hasil tanaman padi. Hal ini dikarenakan semakin banyak C dalam tanah maka akan meningkatkan bahan organik tanah yang dapat memperbaiki sifat fisika, kimia, biologi tanah (Tisdale *et al.*, 1985). Sehingga keseimbangan unsur hara dalam tanah dapat terjaga. Unsur hara tersebut dapat dimanfaatkan tanaman untuk kegiatan metabolisme dalam tubuh dan kebutuhan C bagi tanaman tercukupi sehingga tanaman mampu berfotosintesis secara optimal dan menghasilkan karbohidat atau butiran padi (Lakitan, 2004).



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Semakin lama budidaya padi secara organik diterapkan maka mempunyai indikator tanah dalam mempertahankan C, nilai *carbon budget* dan hasil tanaman padi yang semakin tinggi.
2. Sistem pertanian organik menghasilkan *carbon budget* tertinggi. *Carbon budget* berhubungan erat dengan saat budidaya padi secara organik, dosis pupuk kandang, kadar bahan organik tanah, dan C-organik tanah dengan hasil yang meningkatkan.
3. Semakin lama budidaya padi secara organik diterapkan, semakin besar dosis pupuk kandang yang diaplikasikan, dan semakin tinggi kadar bahan organik tanah dan C-organik tanah maka semakin besar *carbon budget* yang dihasilkan.
4. Semakin tinggi *carbon budget* dan indikator tanah dalam mempertahankan C cenderung meningkatkan hasil tanaman padi.

### B. Saran

1. Perlu pengembangan teknik pengukuran *carbon budget* yang mengcover atau melingkupi sejumlah tanaman padi sehingga data yang dihasilkan akan lebih baik.