

## STRATEGI MITIGASI EMISI GAS METAN PADA BUDIDAYA PADI SAWAH

Mudatsir Najamuddin\*

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menyusun strategi pengurangan emisi gas rumah kaca dari aktivitas produksi padi dengan biaya relatif rendah, sebagai usaha mitigasi (pengurangan) perubahan iklim. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan menggunakan 1) metode survey, 2) pengamatan di lapangan, 3) metode kuesioner, dan 4) metode partisipasi stakeholder dalam pengambilan keputusan strategik. Alat analisis dan teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process) dengan asumsi bahwa emisi gas rumah kaca dari aktivitas produksi padi merupakan permasalahan yang kompleks, strategik, tak berstruktur, dan dinamik dimana data dan informasi statistik dari masalah yang dihadapi sangat sedikit. Kesimpulan dari penelitian ini adalah, dari tiga strategi yang ditetapkan, diperoleh strategi penerapan teknik budidaya menjadi prioritas utama dalam upaya mengurangi emisi gas rumah kaca serta upaya adaptasi dengan perubahan iklim sehingga sasaran program swasembada beras yakni mempertahankan/meningkatkan produksi tetap tercapai. Saran dari penelitian ini adalah: 1) Dalam mempertahankan swasembada beras tetapi mampu menurunkan emisi gas rumah kaca, diperlukan beberapa rekomendasi seperti : manajemen air selektif, menggunakan varietas rendah emisi namun produktivitas tetap tinggi, paket teknologi budidaya ramah lingkungan, mudah diterapkan petani dan diterima konsumen. 2) Perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui tingkat pemahaman dan langkah-langkah operasional pejabat teknis instansi terkait dan jajarannya sehingga diseminasi tentang perubahan iklim dapat tersosialisasi dan tertangani dengan baik. 3) Perlu sosialisasi secara massif dan luas kepada petani/kelompok tani terkait tentang dampak, strategi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim dalam rangka mempertahankan dan mengembangkan usahatani komoditas pangan khususnya padi yang efisien, ramah lingkungan dan berkelanjutan.*

**Kata kunci:** emisi GHG, AHP, strategi mitigasi.

### ABSTRACT

*This study aims to develop strategies for the reduction of greenhouse gas emissions from rice production activity at relatively low cost, as mitigation (reduction) of climate change. Data collection method used is by using 1) the survey method, 2) observations in the field, 3) methods of questionnaires, and 4) methods of stakeholder participation in strategic decision making. Analysis tools and data processing techniques used in this research is by using AHP (Analytical Hierarchy Process) with the assumption that the emission of greenhouse gases from activities in rice production are complex issues, strategic, unstructured, and dynamic where data and statistical information on problems encountered very little. The conclusion of this study is, of the three strategies have been defined, obtained by the implementation strategy of cultivation techniques a top priority in efforts to reduce greenhouse gas emissions and adaptation to climate change so that the target of rice self-sufficiency program that maintain / increase production still achieved. Suggestions from this study are: 1) In keeping with its self-sufficiency in rice but able to reduce greenhouse gas emissions, needed some recommendations such as: water management selectively, using a variety of low-emission, but productivity remains high, packages cultivation technology is environmentally friendly, easy to implement farmers and acceptable to consumers , 2) It should be further research to determine the level of understanding and operational measures of technical officials of relevant agencies and staff so that the dissemination of climate change can be socialized and handled properly. 3) Keep a massive and broad dissemination to farmers / farmer groups related about the impact, mitigation and adaptation strategies to climate change in order to maintain and develop farming of food commodities especially rice-efficient, environmentally friendly and sustainable.*

*Keywords: GHG emissions, AHP, mitigation strategies.*

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Kementerian Pertanian pada tahun 2010 menyebutkan dengan jumlah penduduk sebanyak 237 juta jiwa dan tingkat konsumsi beras mencapai 139,15 kg/kapita/tahun maka kebutuhan beras yang harus dipenuhi sebesar 33 juta ton. Dilihat dari total produksi beras diperkirakan tahun tersebut masih ada surplus sebesar 5,6 juta ton. Bila dibandingkan dengan konsumsi beras dunia yang hanya 60 kg/kapita/tahun, konsumsi beras per kapita Indonesia sudah lebih 2 kali lipat konsumsi dunia. Dengan demikian perlu dilakukan diversifikasi pangan untuk mengurangi beban dalam

pemenuhan kebutuhan beras (Aminah, 2011).

Dari sisi penawaran, Tahun 2010 Indonesia memproduksi 66 juta ton gabah kering giling atau setara dengan 37,6 juta ton beras. Tingkat pencapaian produksi beras selama kurun waktu enam tahun berkisar antara 97,73 persen sampai dengan 111,59 persen (Tabel 1). Ini menunjukkan target Departemen Pertanian untuk tetap menjaga dan meningkatkan stok beras sebagai upaya swasembada beras dapat terpenuhi.

Tabel 1. Target dan Realisasi Produksi Beras di Indonesia Tahun 2005 -2010

Tahun	Target Produksi Padi (ton GKG)	Realisasi Produksi Padi (ton GKG)	Capaian (%)
2005	55.030.040	54.151.09	98,40
2006	55.717.916	54.454.93	97,73
2007	57.386.531	57.157.43	99,60
2008	57.051.892	60.325.92	105,74
2009	57.707.989	64.398.89	111,59
2010	66.680.000	65.980.000	98,95

Sumber : Deptan, 2010 dan Rencana Strategi Departemen Pertanian 2004-2010

Di sisi lain, pertumbuhan dan pengembangan sektor pertanian tidak terlepas dari masalah lingkungan hidup khususnya peningkatan emisi gas rumah kaca yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>) dan nitrous oksida (N<sub>2</sub>O) yang banyak dihasilkan dari usahatani padi sawah terutama sawah irigasi yang tergenang terus menerus. Dengan demikian akan terjadi *trade off* (bertolak belakang) antara rencana swasembada beras tahun 2011 dan meningkatnya emisi gas rumah kaca. Di satu sisi swasembada beras akan mampu memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap pangan, namun di sisi lain akan meningkatkan dengan pesat emisi gas rumah kaca terutama gas metana ke atmosfer. Hal ini dikhawatirkan dapat meningkatkan pemanasan global yang pada akhirnya akan menyebabkan perubahan iklim. Selanjutnya, perubahan iklim terutama meningkatnya kejadian iklim ekstrim (banjir dan kekeringan) akan mempengaruhi produksi padi sehingga

program swasembada beras dapat terancam. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana dampak program swasembada beras terhadap perubahan iklim dan akibat yang ditimbulkan oleh perubahan iklim tersebut terhadap program swasembada beras. Dengan demikian dapat diambil langkah-langkah strategis untuk mengatasi atau paling tidak mengurangi dampak tersebut.

### Permasalahan

Strategi-strategi apa yang dapat ditempuh dalam rangka mengurangi emisi gas rumah kaca yang berasal dari budidaya padi sawah?

### Tujuan Penelitian

Menyusun strategi mengurangi emisi gas rumah kaca dari aktivitas produksi padi dengan biaya yang relatif rendah, sebagai usaha mitigasi (pengurangan) perubahan iklim.

## LANDASAN TEORI DAN KERANGKA KONSEPTUAL

### Perubahan Iklim Global

Meningkatnya suhu permukaan bumi akibat peningkatan gas-gas rumah kaca di atmosfer akan mengubah pola iklim dunia, misalnya daerah Sahel di Afrika akan menjadi lebih panas dan kering, Bangladesh dan India akan lebih banyak diserang topan badai dan banjir, sementara daerah-daerah di Canada, Sovyet dan Eropa Utara akan makin hangat dan mungkin bisa ditanami tanaman pangan lebih lama (Sastrawijaya, 2000).

Selanjutnya dikatakan bahwa gas polutan terbesar penyebab pemanasan bumi ini adalah karbondioksida yang merupakan hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas dan batubara. Gas polutan lainnya adalah khlorofluorokarbon (CFC), salah satu gas buatan manusia yang selama ini dianggap murah dan tidak berbahaya, yang digunakan untuk pendingin ruangan, pembersih sirkuit komputer dan digunakan dalam kaleng aerosol. Pertanian menyumbang gas metan yang berasal dari pembusukan anaerobik seperti kegiatan perendaman lahan sawah saat pertumbuhan padi, pembusukan kotoran ternak, pengolahan lahan gambut dsb. Gas yang juga berbahaya adalah oksida-oksida nitrogen yang berasal dari penggunaan pupuk kimia, sisa pakan ikan, metabolisme ikan dalam budidaya ikan dan undang.

*The World Bank* (2008) dalam laporannya pada tahun 2007, menunjukkan bahwa Indonesia sudah masuk dalam kategori peringkat ke 3 terbesar dunia dalam emisi gas rumah kaca setelah Amerika Serikat dan China. Kasus ini dibahas khusus pada *conference of the parties/COP* ke 13 di Bali pada Desember

2007, dimana kasus kerusakan lingkungan yang terjadi diakibatkan oleh kegiatan penggundulan hutan, pembakaran hutan dan pembukaan tanah gambut dan usahatani padi sawah di Indonesia.

Bila dilihat dari sektor-sektor yang berperan dalam menyumbang emisi gas rumah kaca di Indonesia, kontribusi terbesar penyumbang gas rumah kaca adalah sektor energi dan kebakaran gambut, sementara industri memiliki kontribusi terkecil diikuti sektor pertanian. Secara rinci sumbangan emisi gas rumah kaca di Indonesia pada setiap sektor tercantum pada Tabel 2.

Indonesia sebagai anggota PBB telah meratifikasi konvensi perubahan iklim melalui Undang-Undang No 6 tahun 1994 dan juga telah meratifikasi Protokol Kyoto melalui UU No. 17 yang dikeluarkan pada tanggal 28 Juli 2004. Dengan ikutnya

Indonesia dalam konvensi perubahan iklim, maka Indonesia akan dikenakan kewajiban untuk melaporkan inventarisasi GRK dan juga dapat memanfaatkan peluang yang ditawarkan oleh konvensi, seperti dana mitigasi GRK, dana adaptasi terhadap perubahan iklim dll.

Tabel 2. Sumbangan Emisi GRK per sektor Indonesia Tahun 2000-2005 (ton)

Tahun	Luas panen Propinsi (Ha)			Luas panen Kabupaten (Ha)			Luas panen Indonesia (Ha)
	Banten*	Jawa Barat	Jawa Tengah	Pandeglang *	Karawang	Cilacap	
2004				104.332	186.205	117.193	
2005	337.986	1.778.583	1.553.667	103.868	178.241	121.656	11.839.060
2006	348.414	1.798.260	1.672.315	88.531	186.606	121.500	11.786.430
2007	356.503	1.829.085	1.614.098	99.966	197.377	121.379	12.147.637
2008	362.637	1.803.628	1.659.314	108.048	191.261	121.151	12.327.425
2009	366.138	1.950.203	1.725.034	110.552	192.502	120.846	12.883.576
2010	368.873	1.894.134	1.779.396				13.118.120
Kontribusi (%)	2,81	14,44	13,56	30,19	9,87	7,01	

## **Keterkaitan Perubahan Iklim dengan Usahatani Padi Sawah**

Perubahan iklim mengakibatkan peningkatan suhu, perubahan pola penguapan dan perubahan pada siklus hidrologi (air), dalam hal ini memperpanjang musim kering dan memperpendek tetapi dengan intensitas tinggi musim hujan dan perubahan kelembaban tanah yang berdampak pada produktivitas pertanian (*The World Bank*, 2008). Secara umum Hidayati (2001) menambahkan bahwa dampak penyimpangan iklim terhadap pemanfaatan lahan budidaya, berupa penurunan atau bahkan kegagalan berproduksi usaha pertanian, seperti :

1. Kegagalan panen tanaman pangan akibat kekeringan.
2. Kegagalan panen tanaman pangan akibat banjir (Tabel 3).
3. Penurunan produksi hortikultura akibat penyimpangan iklim yang mempengaruhi periode pematangan.
4. Kebakaran hutan yang mempengaruhi produksi kayu dan hasil hutan.
5. Kegagalan produksi kegiatan budidaya perikanan air tawar akibat kelangkaan air atau bahkan banjir.

Gupta (1997) dalam Setyanto dan Suharsih (1999) membuat skenario dampak terhadap lingkungan di Indonesia pada tahun 2070 apabila emisi gas rumah kaca tidak ditekan,

yaitu (1) kenaikan permukaan air laut 60 cm yang akan menyebabkan 3,3 juta penduduk pesisir pantai mengungsi, (2) meningkatnya kasus malaria, (3) 1000 km jalan akan hilang beserta lima pelabuhan laut, (4) 800.000 ha sawah akan mengalami salinasi dan produksi padi menurun 2,5 %, jagung 20 % dan kedelai 40 %. Total kerugian di bidang pertanian mencapai Rp. 23 triliun/tahun dan (5) 300.000 ha perikanan pesisir pantai akan hilang, dan 25% hutan bakau akan rusak. Semua ini menyebabkan taksiran kerugian US\$ 113miliar

## **Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim**

UNDP (2007) melaporkan bahwa petani merupakan golongan masyarakat yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim. Oleh karena itu, petani yang berpengalaman perlu meningkatkan adaptasi dalam menghadapi cuaca ekstrim seperti kegiatan jangka pendek yaitu: (1) mengadopsi teknologi budidaya yang ramah lingkungan misalnya : mengubah pola tanam mengikuti perubahan siklus/musim, menggunakan varietas tanaman pangan yang lebih mampu bertahan terhadap kondisi banjir, kemarau panjang, intrusi air laut, pencemaran dsb, dan (2) meningkatkan kesuburan tanah dengan bahan organik supaya lebih mampu menahan air. Untuk jangka panjang: (1) Mengadakan pelatihan di Sekolah Lapang Iklim di Indramayu yang bertujuan menerjemahkan perkiraan ilmiah iklim dari Badan Meteorologi dan Geofisika ke dalam bahasa petani supaya informasi iklim mudah diakses petani dan melatih petani merespon, (2) penyebaran penyuluh

Tabel 3. Luas tanaman padi terkena bencana banjir, kekeringan dan puso (ha) pada tahun

1987-1997

Tahun	Keterangan	Kebanjiran	Kekeringan	Puso
1987	El Nino	***	430.170	***
1988	La-Nina	130.375	87.373	44.049
1989	Normal	96.540	36.143	15.290
1990	Normal	66.901	54.125	19.163
1991	El Nino	38.006	867.997	198.054
1992	Normal	50.360	42.409	16.882
1993	Normal	78.480	66.992	47.259
1994	El Nino	132.975	544.422	194.025
1995	La-Nina	218.144	28.580	51.571
1996	Normal	107.385	59.560	50.649
1997	El Nino	58.974	504.021	102.254

pertanian yang mengerti soal perubahan iklim, (3) konsolidasi tanah, (4) koperasi petani, (4) pengelolaan air dengan cara menampung dan menyimpan air, (5) penanaman kembali hutan, dan (6) akses pendanaan dan asuransi serta kelembagaan pendukung lainnya.

Santoso (2005) menjelaskan upaya mitigasi emisi gas metana dalam budidaya tanaman padi dapat dilakukan melalui empat cara pengaturan teknik budidaya tanaman padi yaitu: (1) pengaturan pengelolaan air; (2) pengaturan pengelolaan hara/pupuk, (3) seleksi varietas; dan (4) pengaturan teknik bercocok tanam. Keempat cara ini relatif efektif dalam mengendalikan atau mengurangi emisi gas metana.

Setyanto (2008) menyatakan bahwa apabila sejumlah energi karbon dalam tanah sawah dapat diubah menjadi CO<sub>2</sub>, maka upaya mitigasi emisi CH<sub>4</sub> dari lahan sawah dapat berlangsung karena mekanisme rosot CO<sub>2</sub> lebih sederhana dibandingkan CH<sub>4</sub>. Beberapa teknologi sudah dihasilkan Balingtan untuk mendukung upaya ini antara lain: (1) mengganti cara pengairan

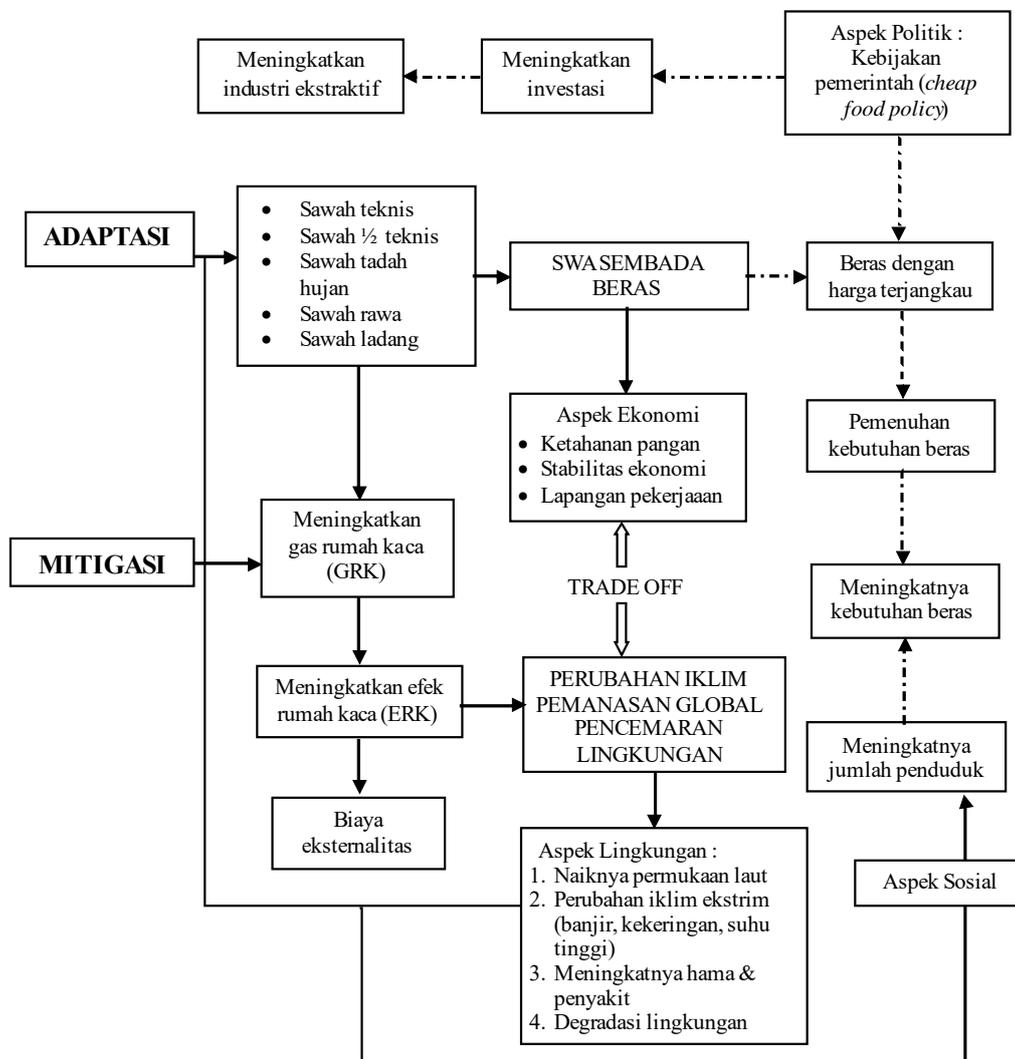
sawah yang berterusan dengan cara pengairan terputus dapat mengurangi emisi CH<sub>4</sub> sampai 78%; (2) pemilihan varietas padi rendah emisi gas ini dari lahan sawah. Penciri umum dari varietas tersebut adalah berumur genjah, efektif memanfaatkan hasil fotosintesis, jumlah anakan sedikit dan memiliki kapasitas oksidasi perakaran yang kuat. Penggantian varietas Cisadane dengan Way Apoburu dapat mengurangi emisi CH<sub>4</sub> sebesar 35% pada kondisi lahan yang sama. Secara keseluruhan kajian di Balingtan menunjukkan bahwa penggantian varietas padi mampu menekan laju emisi CH<sub>4</sub> 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.

### Kerangka pemikiran

Pesatnya laju pertumbuhan penduduk tergambarkan dari jumlah penduduk yang selalu meningkat setiap tahunnya. Untuk

mempertahankan hidup, jumlah penduduk yang besar membutuhkan pangan dalam jumlah besar, sehingga pemerintah dengan kebijakannya melakukan upaya untuk dapat memenuhi kebutuhan pangan ini (Gambar 1). Untuk itu, pemerintah mencanangkan program swasembada beras melalui peningkatan produksi dan produktivitas. Program swasembada beras dapat tercapai dengan adanya investasi yang mengembangkan kebutuhan usahatani

padi di sektor hulu (lahan, saprotan, irigasi, fasilitas umum, dan pendanaan) bagi usahatani sawah. Swasembada beras sangat penting bagi Indonesia saat ini karena akan berdampak positif sangat luas seperti meningkatkan ketahanan pangan, menjaga stabilitas ekonomi, meningkatkan lapangan pekerjaan dan memenuhi kebutuhan pangan bagi penduduk yang cenderung meningkat jumlahnya.



Gambar 1. Bagan alir keterkaitan antara program swasembada beras dengan perubahan iklim dan dampaknya terhadap aspek ekonomi, sosial, politik dan ekologi (modifikasi Santoso, 2005)

Disamping itu Pemerintah juga menetapkan kebijakan harga pangan (beras) murah yang ditetapkan melalui Harga Pembelian Pemerintah (HPP) sehingga harga pangan dapat terjangkau masyarakat. Hal ini selain ikut menyejahterakan masyarakat sekaligus mendukung kebijakan pemerintah “makanan murah” (*cheap food policy*) yang bertujuan untuk menjaga upah tenaga kerja tidak meningkat tinggi sehingga dapat diharapkan sebagai salah satu daya tarik investor untuk bersedia menanamkan investasinya di Indonesia.

berkepanjangan, selanjutnya akan berpengaruh balik terhadap kegiatan usahatani seperti perubahan pola tanam, peningkatan pengendalian hama penyakit, perubahan pola pemupukan dsb. Peningkatan gas rumah kaca inipun berdampak terhadap aspek sosial melalui biaya eksternalitas. Sementara keberhasilan swasembada beras yang memberi dampak positif terhadap aspek ekonomi akan berseberangan dengan aspek ekologi. Begitu pula aspek politik akan terpengaruh dengan adanya *trade off* ini, sehingga dibutuhkan perubahan kebijakan yang mampu mengakomodasi perubahan iklim.

Dengan demikian diperlukan upaya mitigasi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca tanpa mengganggu program swasembada beras yang sudah menjadi kebutuhan mendesak. Juga diperlukan upaya adaptasi dari seluruh pelaku swasembada beras terhadap perubahan iklim yang sedang terjadi dan tidak mungkin dihindari. Upaya adaptasi ini

Namun di sisi lain, kegiatan usahatani padi di sawah juga menghasilkan output yang tidak diinginkan seperti gas rumah kaca. Sehingga semakin tinggi kegiatan usahatani padi maka output gas rumah kaca semakin besar, yang berdampak pada pemanasan global. Disini terjadi *trade off* (bertolak belakang) antara program swasembada beras dengan gas rumah kaca (pemanasan global). Pemanasan global ini terlihat bentuknya sebagai peningkatan suhu bumi yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim ekstrim seperti musim hujan atau musim kering yang

diperlukan untuk mampu bertahan terhadap dampak yang merugikan dari perubahan iklim dan mampu mencari peluang-peluang yang menguntungkan dari kondisi ini. Adanya upaya mitigasi dan adaptasi diharapkan dapat menjadikan program swasembada beras terus berkelanjutan untuk membentuk ketahanan pangan yang mumpuni.

## **METODE PENELITIAN**

### **Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di tiga daerah kabupaten terpilih dari tiga provinsi di Pulau Jawa yang tergolong sebagai provinsi penghasil utama beras nasional (lumbung padi nasional). Lokasi sampel penelitian adalah Provinsi Banten, Provinsi Jawa Barat, dan Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan data BPS (2010) luas panen padi di Jawa Barat dan Jawa Tengah memberikan kontribusi masing-masing sebesar 14,44 % dan 13,56 % dari luas panen nasional, sementara Banten sebagai wilayah yang baru berkembang

memberikan kontribusi sebesar 2,81%. Penelitian ini dilaksanakan selama 5 bulan (Juni-Oktober 2011).

### Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah (1) metode survey, (2) metode pengamatan di lapangan, (3) metode kuesioner dan (4) metode partisipasi *stakeholders* dalam pengambilan keputusan strategik. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer sesuai dengan sifat dari tujuan penelitian yang ingin dicapai.

Metode pengambilan data primer dengan menggunakan daftar pertanyaan atau kuesioner. Pengisian kuesioner oleh responden (baik pakar dan kelompok tani) dilakukan melalui metode *self administered questionnaire*, dimana jenis pertanyaan dalam penelitian merupakan pertanyaan terstruktur. Jawaban pertanyaan dibuat berdasarkan skala dengan teknik *pairwise comparison* menggunakan lima variasi jawaban. Para pihak yang menjadi responden pakar pada penelitian ini adalah pelaku, pemerhati dan pengambil kebijakan dalam program swasembada beras yang memahami perubahan iklim seperti Kepala Bapeda Kabupaten, Kepala Dinas Pertanian Tanaman Pangan, Pimpinan LSM terkait, dan Ketua KTNA/Gapoktan. Sedangkan responden untuk penelitian keempat adalah kelompok tani yang memenuhi kriteria tempat penelitian sebagai sentra produksi padi dengan sarana irigasi teknis.

Berdasarkan survey lapangan dan data sekunder dari “Statistik Indonesia BPS

(2010)” dipilih secara sengaja (*purposive*) tempat penelitian dengan kriteria sebagai sentra produksi padi dengan sarana irigasi teknis, yaitu : Kabupaten Pandeglang mewakili Provinsi Banten, Kabupaten Karawang mewakili Provinsi Jawa Barat dan Kabupaten Cilacap mewakili Provinsi Jawa Tengah. Tiap kabupaten ini memiliki sarana irigasi teknis terbesar di tingkat provinsinya masing-masing. Kab Pandeglang memberikan kontribusi luas panen yang mendapat sarana air dari irigasi teknis sebesar 30,19 % terhadap luas panen Provinsi Banten, sedangkan Kab. Karawang dan Kab. Cilacap masing-masing memberikan kontribusi luas panen sebesar 9,87 % dan 7,01 % terhadap luas panen provinsinya. Secara rinci kontribusi luas panen masing-masing provinsi dan kabupaten terpilih dapat dilihat pada Tabel 4.

### Teknik Pengolahan dan Analisis data

Data yang diperoleh selanjutnya di analisis untuk menjawab pertanyaan penelitian. Upaya mengurangi emisi gas rumah kaca dari aktivitas produksi padi dengan biaya yang relatif rendah, sebagai usaha mitigasi (pengurangan) perubahan iklim, maka diperlukan suatu formulasi strategi yang tepat dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP digunakan dengan asumsi bahwa emisi gas rumah kaca dari aktivitas produksi padi merupakan permasalahan yang kompleks, strategik, tak berstruktur, dan dinamik dimana data dan informasi statistik dari masalah yang dihadapi sangat sedikit. Sebagai salah satu metode yang komprehensif dalam

pengambilan keputusan, AHP dapat melakukan analisis secara simultan dan terintegrasi antar parameter-parameter yang kualitatif atau bahkan kuantitatif melalui hirarki fungsional dengan input utamanya adalah persepsi dari responden (pakar) yang terpilih.

#### 1. Langkah-langkah penyusunan metode AHP:

- a. Mendefinisikan atau menyusun struktur hierarki masalah yang akan dipecahkan. Penyusunan struktur dilakukan melalui kajian pustaka, interview dengan pakar dan kuesioner.
- b. Memberikan pembobotan elemen-elemen pada setiap level dari hierarki
- c. Menghitung prioritas terbobot (*weighted priority*)
- d. Menampilkan urutan/rangking dari alternatif-alternatif yang dipertimbangkan.

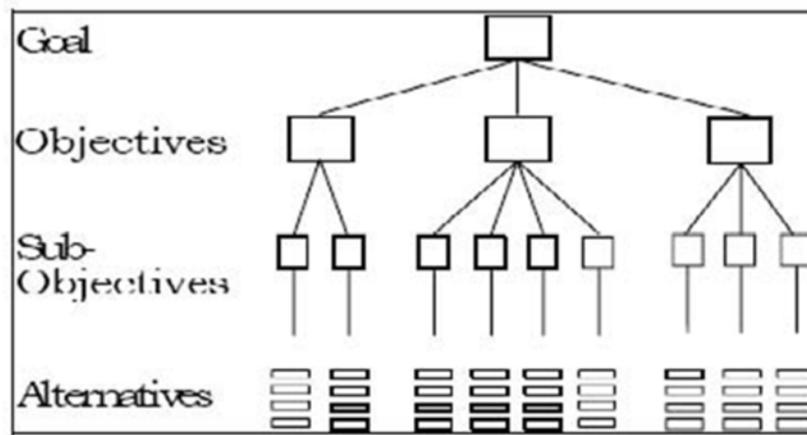
#### 2. Proses Hirarki Analitis

Proses hirarki analitis (*Analytic Hierarchy Process/AHP*) dikembangkan di *Wharton School of Business* oleh Thomas Saaty, yang memungkinkan para pengambil keputusan untuk mengembangkan sebuah permasalahan yang rumit dalam bentuk struktur hirarkis, yang memperlihatkan hubungan antara sasaran, tujuan (criteria), sub-tujuan dan alternatif (SADI-ACIAR,2009). Struktur hirarki AHP tercantum pada Gambar 2.

Ketidakpastian dan faktor-faktor berpengaruh lainnya juga dicakup di dalam proses ini. AHP memungkinkan pemanfaatan data, pengalaman, pengetahuan dan intuisi secara logis dan menyeluruh. AHP memungkinkan pengambil keputusan untuk menggunakan prioritas skala rasio sebagai pembandingan terhadap keputusan sepihak.

Tabel 4. Kontribusi Luas Panen Sentra Produksi Beras di 3 Kabupaten Terpilih dan 3 Provinsi Terpilih

Tahun	Luas panen Propinsi (Ha)			Luas panen Kabupaten (Ha)			Luas panen Indonesia (Ha)
	Banten*	Jawa Barat	Jawa Tengah	Pandeglang *	Karawang	Cilacap	
2004				104.332	186.205	117.193	
2005	337.986	1.778.583	1.553.667	103.868	178.241	121.656	11.839.060
2006	348.414	1.798.260	1.672.315	88.531	186.606	121.500	11.786.430
2007	356.503	1.829.085	1.614.098	99.966	197.377	121.379	12.147.637
2008	362.637	1.803.628	1.659.314	108.048	191.261	121.151	12.327.425
2009	366.138	1.950.203	1.725.034	110.552	192.502	120.846	12.883.576
2010	368.873	1.894.134	1.779.396				13.118.120
Kontribusi (%)	2,81	14,44	13,56	30,19	9,87	7,01	



Gambar 2. Proses Hirarki Analitis

Dengan demikian, maka AHP tidak hanya mendukung para pembuat keputusan untuk membuat struktur kompleksitas dan melakukan penilaian secara tepat, tapi juga memungkinkan bagi mereka untuk memadukan pertimbangan obyektif maupun subyektif di dalam proses pengambilan keputusan. AHP merupakan proses pengambilan keputusan penyeimbang apabila alternatif yang tersedia tidak memadai untuk mewujudkan satu atau lebih tujuan, dan dapat dikompensasikan oleh kinerjanya terhadap tujuan lainnya.

3. Skala Penilaian AHP, secara rinci tercantum pada Tabel 5.

Tiga langkah menentukan bobot AHP

sebagai berikut :

- Langkah 1  
 $W_i/W_j = a_{ij}; ij=1,2,\dots,n \dots\dots(1)$   
 Dimana  $W_i$  = bobot input dari baris  
 $W_j$  = bobot input dalam lajur
- Langkah 2.  
 $W_i = a_{ij}W_j; ij=1,2,\dots,n \dots\dots(2)$   
 $W_i = 1/n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j ;$   
 $i = 1,2,\dots, n \dots\dots\dots(3)$
- Langkah 3.  
 $W_i = 1/\Delta \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j ;$   
 $i = 1,2, \dots, n \dots\dots\dots(4)$

Tabel 5. Skala Penilaian AHP, Intensitas, Definisi dan Penjelasannya

Intensitas dan kepentingan pada skala absolute	Definisi	Penjelasan
1	Sama pentingnya	Kedua aktivitas menyumbang kan sama pada tujuan
3	Agak lebih penting yang satu atau lainnya	Pengalaman dan keputusan menunjukkan kesukaan atas satu aktivitas lebih dari yang lain
5	Cukup penting	Pengalaman dan keputusan menunjukkan kesukaan atas satu aktivitas lebih dari yang lain
7	Sangat penting	Pengalaman dan keputusan menunjukkan kesukaan yang kuat atas satu aktivitas lebih dari yang lain
9	Kepentingan yang ekstrim	Bukti menyukai satu aktivitas atas yang lain sangat kuat
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua nilai keputusan yang berdekatan	Bila kompromi dibutuhkan
Berkebalikan	Jika aktivitas mempu nyai nilai yang lebih tinggi dari aktivitas j maka j mempunyai nilai berbalikan ketika dibandingkan dengan i	
Rasio	Rasio yang didapat langsung dari pengukuran	

## STRATEGI MITIGASI UNTU MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA

Emisi GRK akan terus meningkat dengan semakin bertambahnya penduduk dan meningkatnya kegiatan ekonomi. Peningkatan emisi GRK secara akumulatif menyebabkan terjadinya perubahan iklim yang semakin intens. Sehingga diperlukan upaya pengurangan emisi GRK dan menanggulangi dampak negatif perubahan

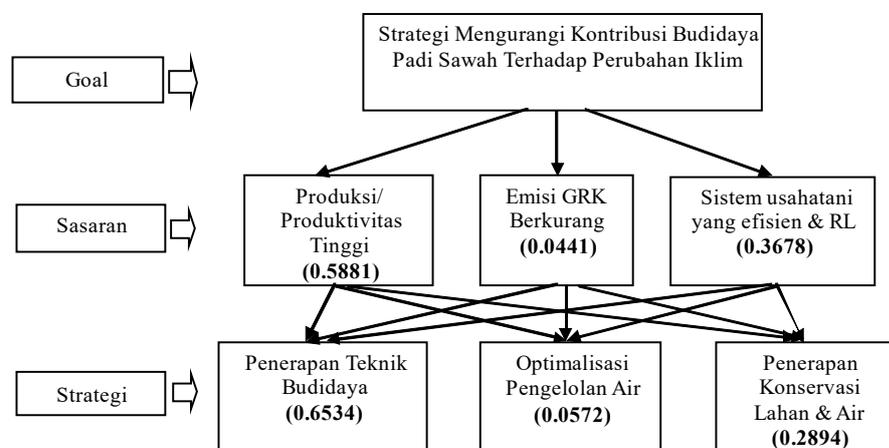
iklim. Strategi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim merupakan dua hal yang saling berkaitan. Jika strategi mitigasi merupakan upaya pengurangan sumber emisi maupun peningkatan resor (sink) rumah kaca, maka strategi adaptasi merupakan tindakan penyesuaian perilaku dengan sistem untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim. Dalam konteks pertanian tanaman pangan khususnya budidaya padi sawah, berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa pakar, diketahui bahwa penerapan strategi adaptasi lebih didahulukan dari pada penerapan strategi mitigasi. Namun demikian strategi adaptasi akan lebih efektif apabila dibarengi dengan penerapan strategi mitigasi.

Perumusan strategi mitigasi dan adaptasi dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Data diperoleh

dari hasil survey empat responden pakar yang mewakili wilayah cakupan penelitian yang terlibat dalam pengambilan kebijakan/operasional lapangan. Hirarki yang dapat dirumuskan terdiri dari tiga tahap yaitu penetapan tujuan, sasaran dan strategi. Penetapan sasaran yang ingin dicapai dan alternatif strateginya merupakan hasil akumulasi dari dua sumber informasi yaitu informasi kepustakaan /sekunder dan informasi primer. Referensi perubahan iklim dan hasil penelitian terkait emisi gas rumah kaca dari aktivitas budidaya padi di sawah merupakan informasi sekunder. Sedangkan hasil diskusi dan wawancara dengan responden pakar merupakan sumber informasi primer. Berdasarkan kedua sumber tersebut maka diperoleh hirarki strategi mitigasi dan adaptasi (Gambar 3).

### Analisis Sasaran dan Strategi Mitigasi dan Adaptasi

Hasil analisis diperoleh bahwa penetapan tujuan yang tepat adalah "Strategi Mengurangi Kontribusi Budidaya Padi Sawah Terhadap Perubahan Iklim". Dari tujuan yang telah dirumuskan ini dikembangkan lagi melalui pembobotan menjadi tiga sasaran dan tiga strategi. Hasil analisis pembobotan sasaran dan pembobotan strategi dapat dijelaskan



Gambar 3. Hirarki Perumusan Strategi Mitigasi dan Adaptasi Terhadap Emisi Gas Rumah

Kaca

sebagai berikut :

1. Pembobotan Sasaran

Berdasarkan tujuan umum mitigasi dan adaptasi diperoleh tiga sasaran yang ingin dicapai dalam menyusun strategi mitigasi dan adaptasi. Ketiga sasaran tersebut adalah : (1) Produksi/produktivitas tinggi (disimbolkan PT); (2) Emisi gas rumah kaca berkurang (EB); dan (3) Sistem usahatani yang efisien dan ramah lingkungan (UER). Hasil penilaian gabungan dari pakar diketahui tingkat kepentingan dari masing-masing sub kriteria seperti disajikan pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 diketahui

produksi/produktivitas tinggi (PT) menjadi sasaran terpenting dengan nilai **eigen 1.7651**, diikuti terselenggaranya kegiatan usahatani yang efisien dan ramah lingkungan (UER) dengan nilai eigen **1.3678**. Sedangkan elemen emisi gas berkurang (EB) memiliki nilai eigen yang jauh lebih rendah dibanding dengan UER dan PT dengan nilai eigen 0.0441. Berdasarkan hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa program swasembada beras masih menjadikan produksi/produktivitas tinggi sebagai sasaran yang jauh lebih penting dibanding dengan pengurangan emisi gas rumah kaca.

Tabel 6. Matrix Gabungan Subkriteria Pembobotan Sasaran (hasil iterasi ke-1)

	PT	EB	UER	N.Eigen	W.S.vector	C.vector
PT	1.0000	12.2474	1.7321	0.5881	1.7651	3.0012
EB	0.0816	1.0000	0.1111	0.0441	0.1330	3.0163
UER	0.5774	9.0000	1.0000	0.3678	1.1041	3.0020

P = 3,0065    CI = 0.0032    CR = 0.0055    RI = 0,58

Keterangan :

**Nilai CR < 0,10** artinya perbandingan berpasangan konsisten

**Nilai Eigen** mengindikasikan urutan peran (pentingnya) Sub kriteria/Sasaran

**PT:** Produksi/Produktivitas tinggi

**EB:** Emisi gas rumah kaca berkurang

**UER:** Usahatani yang efisien dan ramah lingkungan

Tabel 7. Matrix Gabungan Pembobotan Alternatif Strategi (hasil iterasi ke-1)

	PTB	OPP	PKL	Eigen	W.S.vector	C.vector
PTB	1.0000	7.0711	3.0000	0.6534	1.9261	2.9480
OPA	0.1414	1.0000	0.1361	0.0572	0.1890	3.3040
PKL	0.2108	7.3485	1.0000	0.2894	0.8475	2.9281

P = 3,0600    CI = 0,0300    CR = 0,0518    RI = 0,58

Keterangan :

**Nilai CR < 0,10** artinya perbandingan berpasangan konsisten

**Nilai Eigen** mengindikasikan urutan peran (pentingnya) Alternatif Strategi

**PTB:** Penerapan teknik budidaya

**OPA:** Optimalisasi pengelolaan air

**PKL:** Penerapan konsevasi lahan

## 2. Pembobotan Strategi

Berdasarkan elemen-elemen kunci pada sasaran diperoleh tiga alternatif strategi mitigasi dan adaptasi GRK terhadap kegiatan budidaya padi sawah terkait dengan program swasembada beras. Ketiga alternatif strategi tersebut adalah Penerapan teknik budidaya (PTB), Optimalisasi pengelolaan air (OPA), dan Penerapan konservasi lahan (PKL). Hasil penilaian gabungan dari pakar diketahui tingkat kepentingan dari masing-masing strategi seperti disajikan pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 diketahui alternatif strategi yang menjadi prioritas utama yang dipilih oleh pakar untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) serta adaptasinya adalah penerapan teknik budidaya (PTB) padi sawah dengan nilai eigen 0.6534, kemudian diikuti oleh penerapan konservasi lahan (PKL) dengan nilai eigen 0.2894, dan optimalisasi pengelolaan air (OPA) dengan nilai eigen 0.0572. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan teknik budidaya diharapkan menjadi strategi utama dalam upaya mengurangi (mitigasi) emisi GRK serta bagaimana perilaku (adaptasi) dalam menghadapi perubahan iklim. Teknik budidaya yang dapat mengurangi emisi GRK antara lain mencakup penggunaan varietas baru yang adaptif, penerapan teknologi yang tepat seperti mengolah lahan, cara penanaman dan pemeliharaan tanaman yang mampu mengurangi emisi gas rumah kaca.

### Penerapan Teknik Budidaya

Gas metana ( $\text{CH}_4$ ) merupakan gas yang banyak dilepaskan ke udara akibat dari aktivitas budidaya padi sawah. Karena itu perlu teknologi budidaya padi sawah yang tepat untuk mengurangi emisi gas metana tersebut. Upaya mitigasi emisi metana dalam budidaya tanaman padi dapat

dilakukan di antaranya:

- a. Pengembangan dan penerapan inovasi teknologi budidaya yang rendah emisi, pengelolaan lahan (tanpa olah tanah) dan air (intermittent, sistem drainase).
- b. Pengembangan dan penggunaan varietas baru yang spesifik lokasi yang adaptif terhadap kondisi ekstrim (kekeringan, banjir, tahan terhadap serangan hama dan penyakit).
- c. Penggunaan kompos/pupuk organik yang benar-benar sudah matang & sumber bio-energi lainnya.
- d. CDM (*Clean Development Mechanism*), pembukaan lahan tanpa bakar dan *carbon trading* melalui pengembangan teknologi budidaya.
- e. Penyesuaian dan perbaikan infrastruktur (sarana dan prasarana) pertanian dan penyesuaian aktivitas dan teknologi pertanian (adaptasi).

### Optimalisasi Pengelolaan Air

Budidaya padi sawah merupakan sumber utama metana hingga 15% (25-170 juta ton per tahun). Metana secara alamiah terbentuk dari degradasi bahan organik melalui reaksi biokimia yang kompleks oleh bakteri penghasil metana (methanogen), bakteri ini hanya hidup dalam kondisi anaerob (tergenang air). Apabila lahan tidak tergenang air (aerob), maka bakteri penghasil metana tidak dapat hidup dan diganti oleh bakteri yang dapat mengonsumsi metana (methanotroph). Dengan demikian pengaturan penggunaan air menjadi hal yang penting untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Makarim menunjukkan bahwa budidaya padi pada lahan kering lebih mampu menurunkan emisi gas rumah kaca 37-86% dibandingkan dengan lahan sawah irigasi (Tabel 8).

Optimalisasi pengelolaan air yang

Tabel 8. Dampak Pengelolaan air Terhadap Emisi Gas Metan

Perlakuan irigasi/Musim Tanam <sup>1)</sup>	Emisi CH <sub>4</sub> (kg/ha)	Produktivitas padi (kg/ha)	Perubahan emisi CH <sub>4</sub> (%) <sup>2)</sup>	Perubahan produktivitas hasil (%) <sup>2)</sup>	Keuntungan yang diraih per kg pengurangan CH <sub>4</sub> ('000 x Rp)
Irigasi	197	7.074			
Tadah Hujan (MH 93/94)	26	4.381	-86,8	-38,1	-23,6
Irigasi	155	2.908			
Tadah Hujan (MK 1994)	60	3.807	-61,3	+30,9	+14,2
Irigasi	145	4.666			
Tadah Hujan (MH 94/95)	90	4.903	-37,9	+5,1	+6,4
Irigasi	256	3.886			
Tadah Hujan (MK 1995)	89	3.570	-65,2	-8,1	-2,8

Keterangan : <sup>1)</sup>MH = Musim Hujan; MK = Musim Kemarau

<sup>2)</sup>Sebagai perbandingan dengan sistem irigasi

Sumber : 1. Makarim *et al.* 1995

2. Setyanto dan Hidayat 2001 dalam [KLH] Kementrian Lingkungan Hidup (2001)

tersedia atau potensi air yang ada sebagai upaya mengurangi GRK dengan tetap mempertahankan dan meningkatkan produksi padi dapat dilakukan melalui: (1) penerapan sistem pengairan berselang seperti yang dikemukakan oleh Naharia (2004), dan (2) penerapan sistem pengairan macak-macam. Sistem pengairan berselang dapat menekan emisi gas metana bila dibandingkan dengan perlakuan pengairan tergenang (Naharia,2004). Adanya pengeringan pada sistem pengairan berselang mampu menghambat turunnya potensial redoks tanah, sehingga tidak terjadi kondisi optimal bagi perkembangan bakteri pembentuk metan (Wang *et al.*, 1992). Penyebab lain rendahnya emisi gas metana pada perlakuan pengairan berselang adalah dengan dua kali pengeringan pada setiap musim tanam mengakibatkan kondisi lahan sawah berada pada keadaan aerob. Dengan demikian suplai oksigen berlangsung secara optimal.

Sistem pengairan macak-macam merupakan sistem pengairan yang mengemisikan gas metana paling sedikit bila dibandingkan dengan pengairan tergenang dan pengairan berselang. Hal ini

disebabkan oleh potensial redoks yang optimal bagi perkembangan bakteri metanogen tidak terbentuk pada kondisi tanah macak-macam, sebab pada kondisi seperti ini difusi oksigen masih berlangsung karena tipisnya permukaan air sehingga penurunan potensial redoks tanah terhambat.

### Penerapan Konservasi Lahan

Konservasi lahan merupakan aktivitas pengelolaan lahan yang berorientasi pada upaya mempertahankan atau meningkatkan tingkat kesuburan lahan. Dalam perpektif budidaya tanaman padi, kegiatan tersebut dapat dimulai dari sistem persiapan lahan yang bertujuan untuk menyiapkan lahan agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi optimum, dengan tetap memperhatikan konservasi tanah dan air. Beberapa teknik konservasi tanah dapat dilakukan dengan cara (Utomo, 1995): (1) mengolah tanah secara terbatas/minimum, (2) olah tanah intensif bermulsa, (3) tanpa olah tanah.

Penyebab tingginya gas metana (CH<sub>4</sub>) terutama disebabkan oleh sistem olah tanah sempurna. Dengan minimal atau tidak adanya pembajakan dan pelumpuran

pada sistem tanpa olah tanah, akan mengurangi aktivitas bakteri metanogen. Hal ini mengakibatkan terjadinya penghambatan terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri metanogen sehingga emisi gas CH<sub>4</sub> yang dihasilkan pada sistem tanpa olah tanah lebih kecil bila dibanding dengan sistem olah tanah sempurna.

Hasil penelitian dan pengkajian Lamid (2011) membuktikan bahwa teknologi tanpa olah tanah (TOT) memiliki beberapa keunggulan, antara lain: (1) mengefisienkan pemanfaatan sumber daya dan biaya (menghemat air, menekan pertumbuhan gulma, menghemat tenaga kerja), (2) mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (menekan emisi gas rumah kaca seperti metana, mengurangi kerusakan fisik perakaran saat musim kemarau, dan memperpendek jarak antarmusim tanam sehingga indeks pertanaman (IP) dapat ditingkatkan menjadi IP300 atau IP400), dan (3) meningkatkan produktivitas tanah (pertumbuhan akar terkonsentrasi pada zona oksidasi, proses pelapukan menyumbang C-organik tanah, mengefisienkan absorpsi hara N, P, dan K yang pada akhirnya meningkatkan hasil). Namun, TOT kurang berkembang di tingkat petani karena petani telah terbiasa dengan OTS, lahan usaha tani sempit, inovasi belum menyentuh pengguna, dan intensifnya pelayanan jasa alat dan mesin pertanian. Untuk mengembangkan penerapan teknologi TOT, perlu

diintensifkan diseminasi dan promosi serta mempertimbangkan TOT sebagai inovasi teknologi alternatif dalam program peningkatan produksi beras nasional melalui penerapan pengelolaan tanaman terpadu.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari tiga strategi yang ditetapkan, diperoleh strategi penerapan teknik budidaya menjadi prioritas utama dalam upaya mengurangi emisi gas rumah kaca

serta upaya adaptasi dengan perubahan iklim sehingga sasaran program swasembada beras yakni mempertahankan/meningkatkan produksi tetap tercapai.

### Saran

1. Dalam mempertahankan swasembada beras tetapi mampu menurunkan emisi gas rumah kaca, diperlukan beberapa rekomendasi seperti : manajemen air selektif, menggunakan varietas rendah emisi namun produktivitas tetap tinggi, paket teknologi budidaya ramah lingkungan, mudah diterapkan petani dan diterima konsumen.
2. Perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui tingkat pemahaman dan langkah-langkah operasional pejabat teknis instansi terkait dan jajarannya sehingga diseminasi tentang perubahan iklim dapat tersosialisasi dan tertangani dengan baik.
3. Perlu sosialisasi secara massif dan luas kepada petani/kelompok tani terkait tentang dampak, strategi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim dalam rangka mempertahankan dan mengembangkan usahatani komoditas pangan khususnya padi yang efisien, ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, Andi Nur. 2011. Adakah Lahan Pertanian Abadi?. *Harian Republika*, Senin 14 Februari 2011 hal 25.
- Hidayati, Rini. 2001. *Masalah Perubahan Iklim Di Indonesia, Beberapa Contoh Kasus*. Program Pascasarjana. Disertasi. IPB.
- KLH(Kementrian Lingkungan Hidup). 2001. *Macro Economic Modelling For Environmental Analysis In Indonesia (Vol I)*. Jakarta.
- Lamid, Zainal. 2011. *Integrasi Pengendalian gulma dan teknologi*

- tanpa olah tanah pada usahatani padi sawah menghadapi perubahan iklim. Pengembangan inovasi pertanian 4(1), 2011 : 14—28.
- Makarim AK., dan Setyanto P. 1995. Methane Emission From Rainfed Lowland Rice Field At Jakenen, Pati, Central Java. Presented For The Annual Irri-Epa-Undp Planning Meeting Of Methane Emission From Rice Fields. Bangkok, IRRI-EPA-UNDP
- Naharia, Orbanus. 2004. Teknologi pengairan dan pengolahan tanah pada budidaya padi sawah untuk mitigasi gas metana (CH<sub>4</sub>). Sekolah pascasarjana ipb bogor.
- Republika, 2011. RI Komitmen Kurangi Emisi. Harian Republika Rabu 28 Sep 2011 hal 1.
- Santoso, Budi. 2005. Keterkaitan Antara Pertumbuhan Ekonomi Nasional, Sektor Pertanian Dan Emisi Gas Rumah Kaca. Disertasi. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Sastrawijaya, Tresna. 2000. Pencemaran Lingkungan. PT Rineka Cipta, Jakarta. 274 hal.
- Setyanto, Prihasto dan Suharsih. 1999. Mitigasi Gas Metan Dari Lahan Sawah. Laporan Tahunan Loka Penelitian Tanaman Pangan Jakenan.
- Setyanto, Prihasto. 2008. Perlu Inovasi Teknologi Mengurangi Gas rumah Kaca dari Lahan Pertanian. Balingtan, Badan Litbang Pertanian, Deptan. Surat Kabar Sinar Tani 23-29 April 2008.
- The World Bank. 2008. Adapting to Climate Change : The Case of Rice in Indonesia. A Study Under the Rice Policy Dialogue AAA(P108646). Jakarta.
- UNDP Indonesia. 2007. Sisi Lain Perubahan Iklim. Mengapa Indonesia Harus Beradaptasi Untuk Melindungi Rakyat Miskinnya. UNDP Indonesia, Jakarta
- Utomo, M. 1995. Sistem Olah Tanah Konservasi Dan Pertanian Berkelanjutan, Sarasehan Tentang Kebijakan Pertanian Berkelanjutan. Kantor Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta 9 Maret 1995.
- Wang, Z.P., C.W.Lindau, R.D.Delaune And W.H. Patrick Jr. 1992. Methane Production From Anaerobic Soil Amended With Rice Straw And Nitrogen Fertilizers. Fertilizers Research 33: 115-121.

\*Dosen Agribisnis FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta (email : mudatsir@uinjkt.ac.id)

