

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Iklim mengalami perubahan yang sangat mengkhawatirkan belakangan ini. Perubahan iklim dapat mempengaruhi berbagai sektor kehidupan mulai dari kesehatan, lingkungan, pertanian, dan transportasi. Perubahan iklim dapat dilihat dari adanya beberapa indikator perubahan iklim diantaranya kecenderungan menurunnya daerah tutupan salju pada musim dingin di belahan bumi utara, peningkatan muka air laut, mencairnya gletser dan lapisan es, meningkatnya kasus kebakaran hutan, dan peningkatan suhu secara global. Keseluruhan indikator ini sudah sangat terlihat belakangan ini sehingga memicu kekhawatiran yang sangat besar terhadap dampak yang ditimbulkan oleh perubahan iklim ke depan.

Perubahan iklim disebabkan oleh kadar gas rumah kaca (GRK) yang terdapat pada lapisan atmosfer yang semakin hari semakin meningkat. GRK pada dasarnya dibutuhkan pada lapisan atmosfer untuk menjaga kestabilan suhu pada permukaan bumi, tetapi penebalan GRK yang tidak wajar mengakibatkan semakin banyaknya panas yang terperangkap di permukaan bumi sehingga suhu di bumi menjadi lebih hangat. Peningkatan kadar GRK di lapisan atmosfer pada dasarnya merupakan proses yang disebabkan oleh alam. Namun, aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan secara masif telah menyebabkan meningkatnya kadar GRK secara signifikan. Aktivitas manusia yang menyebabkan meningkatnya kadar GRK dalam jumlah besar di antaranya penggunaan alat transportasi berbasis bahan bakar fosil, kegiatan pertambangan, deforestasi, penggunaan *chlorofluorocarbon* (CFC) pada mesin pendingin dan aerosol, limbah gas industri, peternakan, dan pertanian.

Pada sektor pertanian yang memberi sumbangan cukup besar yaitu sistem penanaman padi lahan sawah. GRK yang dihasilkan padi lahan sawah tergantung pada metode budidaya yang diterapkan. Di Indonesia pada umumnya menggunakan metode budidaya padi dengan lahan sawah tergenang. Sistem ini memiliki banyak kekurangan yaitu menghasilkan tingkat emisi gas CH₄ yang berlebih, memiliki pengelolaan air yang tidak terkontrol, dan terindikasi penggunaan pupuk yang tidak tepat sehingga sistem ini dinilai kurang efisien (Utaminingsih dan Hidayah 2012). Beberapa penelitian terakhir juga menunjukkan bahwa selain pengelolaan air yang juga menyebabkan nilai emisi bisa bernilai tinggi yaitu salah satu faktornya adalah metode pengolahan tanah (Ahmad *et al.* 2009).

Budidaya padi sawah tergenang memiliki andil yang cukup besar dalam menyumbangkan emisi GRK. Beberapa contoh GRK dari lahan sawah adalah karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). CO₂ yang dilepaskan oleh lahan sawah dimanfaatkan kembali oleh tanaman untuk proses fotosintesis sehingga hanya metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O) yang menjadi perhatian pada lahan padi sawah (Arif *et al.* 2017). Budidaya padi sawah melepaskan sekitar 11% emisi GRK dan penggenangan pada sawah menyebabkan bahan organik terdekomposisi secara anaerob sehingga menghasilkan emisi gas metana yang tinggi (Utaminingsih dan Hidayah 2012).

Metode yang paling tepat digunakan untuk budidaya padi di Indonesia yaitu menggunakan metode *System of Rice Intensification* (SRI) (Anugrah dan Wardana 2008). Beberapa penelitian terakhir menunjukkan bahwa SRI mampu menurunkan emisi GRK antara 21% sampai dengan 28% (Ly *et al.* 2013). Metode SRI dinilai



menghasilkan emisi gas CH_4 dan N_2O yang cukup rendah. Salah satu upaya dalam menurunkan emisi GRK dalam metode SRI yaitu dengan pengaturan tinggi muka air dan kelembaban tanah. Kedua komponen ini sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman dan GWP yang dihasilkan padi lahan sawah. Oleh sebab itu perlu ditentukan tinggi muka air dan kelembaban tanah optimum yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk menurunkan emisi GRK dalam budidaya SRI sekaligus meningkatkan produktivitas tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Gas CH_4 dan N_2O merupakan gas rumah kaca yang memiliki potensi terhadap pemanasan global yang berdampak buruk bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Tinggi muka air dan kelembaban tanah pada setiap fase pertumbuhan yang bervariasi mengakibatkan emisi gas CH_4 dan N_2O tidak terkontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat potensi kesalahan perhitungan akumulasi gas CH_4 dan N_2O . Penelitian untuk mengetahui emisi gas CH_4 dan N_2O pada lahan sawah harus menggunakan metode yang kompleks, memakan waktu yang lama, serta biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, diperlukan metode pemodelan yang dapat membantu peneliti untuk mencari tinggi muka air (WL) dan kelembaban tanah (SM) untuk menghasilkan GWP yang minimum sekaligus mendapatkan produktivitas lahan yang maksimum.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah :

1. Menganalisis pengaruh pengelolaan air dengan ketinggian muka air yang berbeda terhadap besarnya potensi pemanasan global atau global warming potential (GWP) yang dihasilkan lahan sawah.
2. Mengembangkan model untuk mengetahui hubungan tinggi muka air (WL) dan kelembaban tanah (SM) terhadap emisi gas rumah kaca (GRK) dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST).
3. Optimisasi menggunakan Algoritma Genetika untuk pengelolaan air khususnya penentuan tinggi muka air dan kelembaban tanah.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini yaitu:

1. Digunakan sebagai referensi dalam menurunkan kuantitas air pada proses budidaya lahan sawah.
2. Menjadi sumber acuan bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian lanjutan mengenai upaya menurunkan emisi gas rumah kaca pada lahan padi sawah.
3. Bagi masyarakat dan pemerintah bisa menjadi alternatif efisiensi air tanpa mengurangi produktivitas padi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi untuk mengkaji optimisasi pengelolaan air untuk menurunkan emisi gas rumah kaca pada lahan padi sawah dengan

menggunakan algoritma genetika. Adapun hasil penelitian akan memberikan gambaran mengenai tinggi muka air dan kelembaban tanah yang optimum untuk menghasilkan emisi gas rumah kaca yang rendah sekaligus mendapatkan produktivitas lahan yang tinggi.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Rumah Kaca

2.1.1 Gas Metana (CH_4)

Gas metana merupakan salah satu gas rumah kaca yang menyebabkan terjadinya pemanasan global. Metana adalah gas rumah kaca dominan yang dilepaskan pada sistem sawah dalam hal potensi pemanasan global atau global warming potential (GWP). Ini adalah produk akhir dari bahan organik dekomposisi dalam kondisi tanah anaerob (Conrad 2002). Gas metana dihasilkan apabila dekomposisi bahan organik terjadi pada kondisi kekurangan oksigen (anaerobik), terutama dari lahan sawah. Dekomposisi bahan organik pada kondisi kekurangan oksigen (anaerobik) inilah yang menyebabkan lahan sawah menjadi salah satu penyumbang emisi gas metana ke atmosfer. Jumlah gas metana yang diemisikan ke atmosfer sangat dipengaruhi oleh aktivitas bakteri metanogenik, yaitu mikroorganisme anaerobik yang mampu mereduksi karbon dioksida menjadi metana (Setyanto dan Bakar 2013). Kondisi tanah tergenang menyebabkan oksigen semakin berkurang sehingga gas metana semakin cepat dan banyak terbentuknya dalam tanah. Oleh karena itu, sistem irigasi berperan sangat penting dalam upaya mereduksi pembentukan gas metana dalam tanah (Arif *et al.* 2014).

2.1.2 Gas Dinitrogen Oksida (N_2O)

Gas N_2O merupakan salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan oleh jasad renik pada lahan sawah, senyawa yang terkandung diantaranya hara nitrogen dan oksigen. Gas ini selain menjadi salah satu penyebab pemanasan global juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada lapisan ozon. Aktivitas pertanian dapat meningkatkan unsur nitrogen yang tersedia dalam tanah melalui pemupukan nitrogen (urea, ZA) dan pemberian bahan organik. Emisi gas N_2O jauh lebih rendah dibandingkan emisi gas CO_2 , namun gas N_2O ternyata dapat menyerap 310 kali lebih kuat dibandingkan gas CO_2 yang berada dilapisan atmosfer (Wihardjaka 2016).

Pembentukan gas N_2O terjadi pada tanah tergenang disebabkan adanya lapisan oksidatif di bawah genangan air. Apabila pupuk nitrogen yang diaplikasikan kedalam lapisan reduktif naik ke lapisan oksidatif, maka hal ini mengakibatkan nitrogen akan segera ternitrifikasi menjadi nitrat yang kemudian nitrat akan mencapai lapisan reduktif dan mengalami denitrifikasi. Transformasi N melalui proses denitrifikasi sangat dipengaruhi oleh pH, pada kondisi netral hasil akhir berupa N_2 , sedangkan pada kondisi masam akan mengemisikan N_2O (Datta 1981). Sumber utama emisi gas N_2O adalah pemakaian pupuk N (urea), emisi gas N_2O dipengaruhi oleh jenis pupuk N yang diaplikasikan. Pupuk N yang cepat menyediakan nitrat berpeluang besar menyumbang kehilangan N melalui emisi N_2O . Beberapa teknologi dari hasil penelitian Balingtan menunjukkan bahwa penerapan sistem pertanaman PTT (Pengolahan Tanaman Terpadu) dan *System of Rice Intensification* (SRI) mampu menekan laju emisi N_2O rata-rata sebesar 39-45% dibandingkan pengelolaan secara konvensional (Setyanto *et al.* 2000).

2.2 Budidaya Padi dengan Metode SRI

SRI (*System of Rice Intensification*) sekumpulan cara dalam budidaya padi sawah sebagai upaya peningkatan produktifitas lahan beririgasi dengan mengubah manajemen tanaman, tanah dan pupuk atau nutrisi (Arif *et al.* 2014). Metode SRI meliputi praktek-praktek pengelolaan yang menyediakan lingkungan tumbuh yang baik untuk tanaman, terutama di sekitar perakaran. Salah satu prinsip pola tanam SRI ini adalah lahan sawah tidak terus menerus digenangi air tetapi dengan menjaga kondisi kelembaban tanah. Metode SRI merupakan sistem intensifikasi padi yang membuat ketiga faktor pertumbuhan padi mencapai titik sinergis untuk mencapai produktifitas maksimal. Ketiga faktor tersebut adalah memaksimalkan jumlah anakan, pertumbuhan akar dan pertumbuhan dengan pemberian suplai makanan, air, dan oksigen yang cukup pada tanaman padi (Uphoff *et al.* 2008). Namun demikian, model SRI lebih banyak dalam penggunaan kompos. Kalau biaya kompos diperhitungkan maka usaha tani padi model SRI akan menghasilkan sedikit keuntungan. Oleh karena itu, petani hanya mampu menerapkan SRI pada 30-50% dari lahannya (Anugrah dan Wardana 2008).

2.3 Algoritma Genetika

Metode adaptif digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam suatu masalah optimisasi disebut algoritma genetika. Algoritma genetika bekerja berdasarkan teori evolusi Darwin dengan mengikuti prinsip genetika dimana individu dalam suatu populasi dengan sifat yang sesuai dengan lingkungannya akan dipilih sebagai generasi terbaik (Arif *et al.* 2014). Algoritma genetika memiliki kemampuan untuk mengoptimisasi permasalahan pencarian nilai dengan mencari nilai optimum dari sekumpulan solusi secara paralel. Algoritma genetika digunakan untuk mengoptimalkan parameter dan menemukan parameter yang dioptimalkan Algoritma genetika memiliki kelemahan yaitu pemilihan parameter yang salah dapat mengurangi akurasi yang dihasilkan (Ispandi dan Wahono 2015). Algoritma genetika terdiri dari tiga operasi utama yang meliputi seleksi, persilangan (*crossover*), dan mutasi (*mutation*).

III METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB, Jawa Barat pada bulan Januari hingga Mei 2018. Pengujian emisi gas dilakukan di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jakenan Pati, Jawa Tengah. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sumber daya Air Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB dan Balai Penelitian Tanah (Balittanah) Cimanggu.

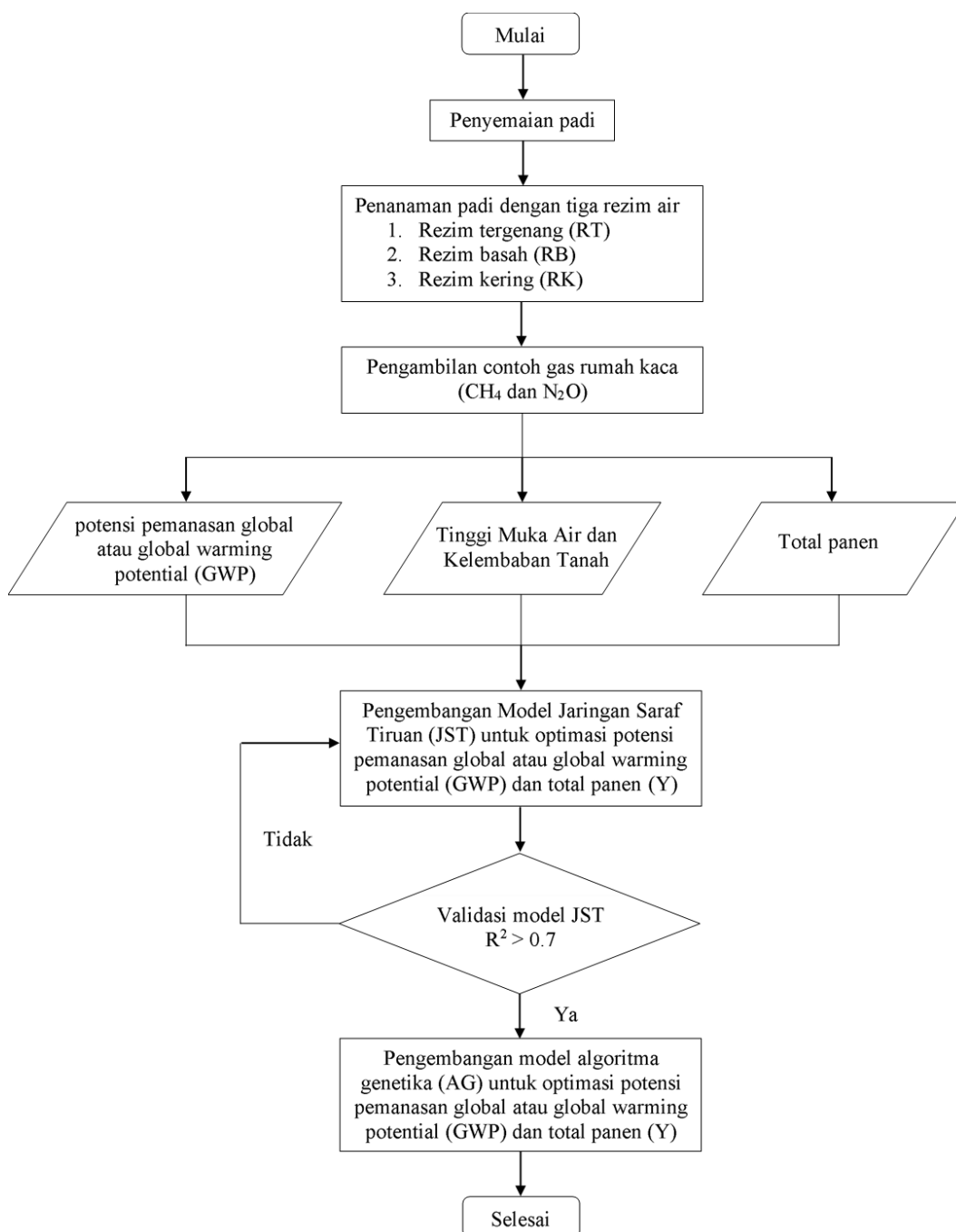
3.2 Alat dan Bahan

Beberapa pengujian dilakukan pada penelitian ini diantaranya uji analisis tanah dan uji analisis emisi gas CH_4 dan N_2O . Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian analisis tanah adalah pH meter, ORP meter [WTW Sentix] dengan cairan pH buffer 4.01, 6.86, 9.01, dan akuades. Untuk uji analisis emisi gas CH_4 dan N_2O alat dan bahan yang digunakan diantaranya seperangkat kotak tertutup (*chamber*) berukuran 30 cm x 30 cm x 120 cm yang disertai selang, *chamber base* berukuran 30 cm x 30 cm x 20 cm, dan kantong Tedlar dengan volume 250 ml. Peralatan tambahan juga diperlukan untuk memindahkan gas yang dihasilkan diantaranya spuit dan botol vial coklat 10 ml yang sudah dilengkapi dengan tutup karet. Seperangkat komputer yang telah dilengkapi dengan perangkat lunak MS. Excel 2013 yang dilengkapi dengan fasilitas *Visual Basic Application* (VBA) juga dibutuhkan untuk melakukan pemodelan dan mengunduh data yang terekam pada *logger*.

Varietas yang digunakan dalam penanaman padi adalah varietas padi Pertiwi. Pada penelitian ini pupuk organik (kompos) diberikan pada persiapan lahan dan dilakukan pemasangan sensor-sensor yang dibutuhkan untuk memonitoring kondisi lingkungan mikro (sekitar lahan budidaya). Sensor yang digunakan untuk mengamati kondisi lingkungan mikro di tempat penelitian antara lain Sensor EHT (Decagon Device, Inc. USA) untuk suhu udara, sensor ECRN50 (Decagon Device, Inc., USA) untuk curah hujan, sensor 5-TE (Decagon Device, Inc., USA) untuk kelembaban tanah, sensor PYR *Solar Radiation* untuk radiasi matahari, sensor E-tape untuk tinggi muka air, dan data *logger* EM50 untuk menyimpan data.

3.3 Prosedur Kerja

Tahapan dari penelitian secara lengkap dapat dilihat pada diagram alir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

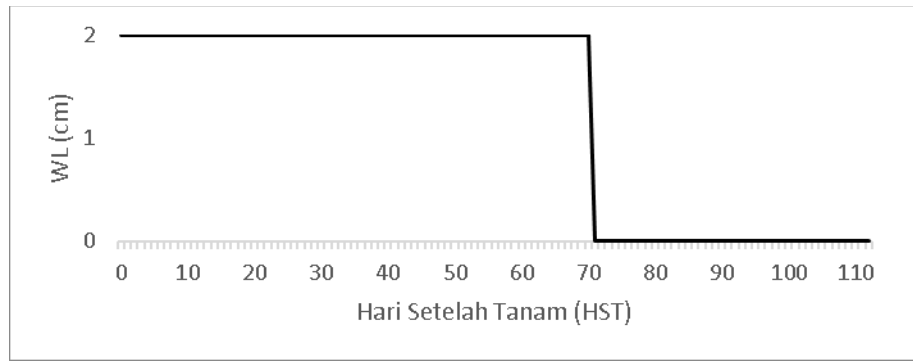
3.3.1 Penanaman Padi

Sebelum melakukan penanaman padi pada plot yang tersedia terlebih dahulu dilakukan penyemaian. Benih padi disemai pada beberapa tray selama 10 hari. Apabila benih telah tumbuh menjadi tanaman padi kemudian tanaman padi ditanam pada plot-plot petakan sawah yang sudah dibagi menjadi 3 rezim air dengan masing-masing dua kali ulangan.

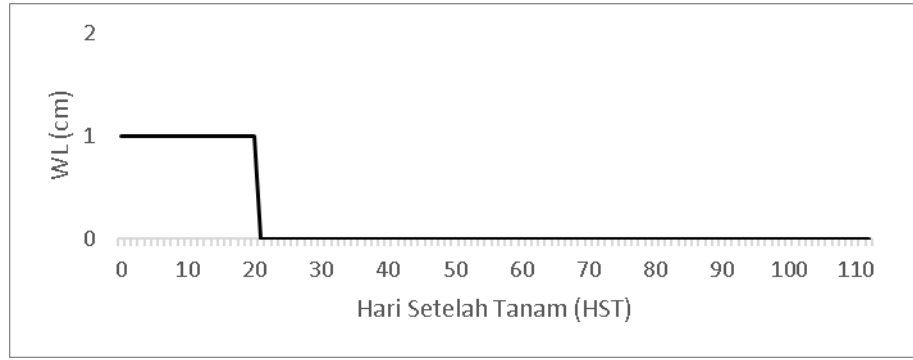


3.3.2 Pola Irigasi

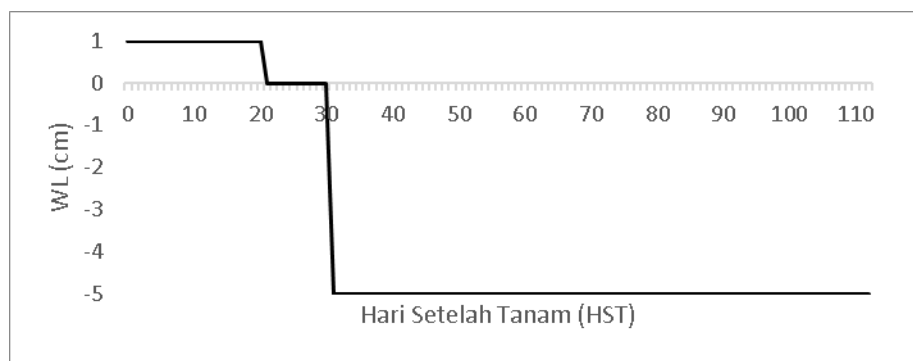
Sistem pengelolaan yang diterapkan berupa pengaturan tinggi muka air (WL) selama satu musim tanam. Perlakuan WL yang diterapkan dibagi menjadi tiga rezim air yaitu rezim tergenang (RT), rezim basah (RB), dan rezim kering (RK). Perlakuan skema WL pada RT, RB, dan RK ditunjukkan pada Gambar 2.



(a)



(b)



(c)

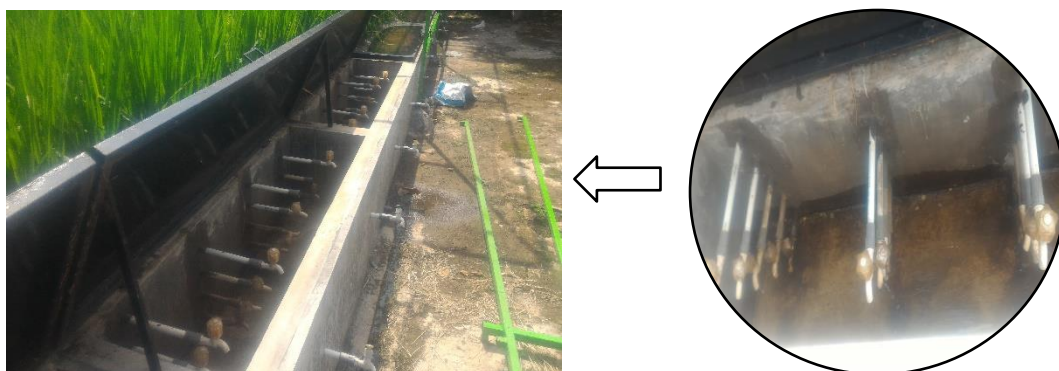
Gambar 2 Pengelolaan Air (a) RT, (b) RB, dan (c) RK

Plot RT digenangi terus menerus dengan WL dijaga setinggi 2 cm di atas permukaan tanah mulai 0 HST hingga 70 HST. Pada 71 HST WL diturunkan hingga 0 cm dan dijaga sampai dengan hari panen (112 HST). Plot RB digenangi dari mulai 0 HST sampai dengan 20 HST dan WL dijaga setinggi 1 cm. Pada 21 HST WL diturunkan sampai dengan 0 cm dan dijaga ketinggiannya sampai dengan hari panen (112 HST). Plot RK digenangi dari mulai 0 HST sampai dengan 20 HST dan WL

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dijaga setinggi 1 cm. Pada 21 HST sampai dengan 30 HST WL diturunkan sampai dengan 0 cm dan dijaga ketinggiannya. Pada 31 HST sampai dengan hari panen (112 HST) WL diturunkan sampai dengan -5 cm (dibawah permukaan tanah).

Cuaca yang tidak menentu akan menyebabkan genangan atau juga kekeringan. Pada penelitian ini digunakan sistem irigasi dan drainase agar WL dapat dipertahankan sesuai dengan skenario. Pengairan dilakukan dengan dua cara yaitu air hujan secara langsung dan aliran air yang disalurkan lewat pipa dari tangki penampungan air (tandon). Apabila WL melewati batas atas perlakuan maka WL diturunkan dengan membuka kran air yang terdapat pada sisi (dinding) plot tanaman.



Gambar 3 Sistem Drainase untuk Menurunkan Tinggi Muka Air

3.3.3 Pengambilan Contoh Gas

Pengambilan contoh gas dilakukan menggunakan kotak tertutup (*chamber*) yang ditempatkan pada *chamber base* yang terlebih dahulu ditanam di plot penelitian. Jadwal pengambilan contoh gas dilakukan seminggu sekali yang dilakukan setiap hari minggu pukul 12.00 WIB. Langkah pengambilan sampel gas yaitu alat-alat yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu, lalu meletakkan *chamber base* dan *chamber* pada titik yang telah ditentukan untuk pengambilan gas. Penyeragaman suhu dalam ruang *chamber* dilakukan dengan menghembuskan udara dengan bantuan kipas yang terdapat dalam *chamber*. Setelah itu, kantong Tedlar dan spuit dipasang pada selang transparan yang telah tersambung pada *chamber* dengan penghubung keran tiga arah. Contoh gas diambil dengan cara memompa spuit sebanyak 30 kali sampai kantong tedlar terisi contoh gas dari dalam *chamber*. Pengambilan contoh gas dilakukan setiap rentang waktu 10 menit mulai menit ke-0 sampai 30. Selanjutnya, contoh gas yang telah terjebak dalam tedlar dipindahkan ke dalam botol vial dengan spuit lengkap dengan *syringe* dan lubang pada tutup karet botol vial dilapisi dengan cat kuku agar tidak ada gas yang keluar melalui bekas tusukan *syringe*. Botol vial kemudian dibungkus rapat dengan stretch film agar gas yang sudah dipindahkan tidak keluar dari celah tutup botol vial. Langkah terakhir botol vial yang telah terbungkus disimpan dalam lemari es sebelum dikirim untuk dilakukan analisis.

3.3.4 Perhitungan dan Analisis Contoh Gas Rumah Kaca

Analisis dilakukan dengan menggunakan peralatan Gas Chromatography (GC) yang terkalibrasi. Hasil analisis yang dihasilkan berupa konsentrasi gas CH_4

dan N₂O dalam part per million (ppm). Laju perubahan konsentrasi gas per satuan waktu digunakan dalam penentuan besar fluks gas CH₄ dan N₂O. Penentuan fluks gas CH₄ dan N₂O dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) (IAEA 1992).

$$E = \frac{\delta y}{\delta x} \times \frac{V_{ch}}{A_{ch}} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273,2}{273,2+T} \dots\dots\dots (1)$$

- Keterangan:
- E = fluks Gas CH₄/N₂O (mg/m²/menit)
 - δy/δx = perbedaan konsentrasi Gas per waktu pengambilan (ppm/menit)
 - V_{ch} = Volume chamber (m³)
 - A_{ch} = Luas chamber (m²)
 - mW = Berat molekul CH₄/N₂O (g/mol)
 - mV = Volume molekul CH₄/N₂O (liter)
 - T = Suhu dalam chamber (°C)

Kemudian dihitung total masing-masing fluks gas CH₄ dan N₂O dengan integral selama periode budidaya padi sawah. Metode perhitungan total emisi gas CH₄ dan N₂O yang digunakan yaitu metode Simpson (Arif *et al.* 2017) seperti pada Persamaan

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right] \dots\dots\dots (2)$$

- Keterangan:
- a = waktu awal periode budidaya (HST)
 - b = waktu akhir periode budidaya (HST)

Semua emisi dikonversi menjadi setara CO₂ (Hou *et al.* 2012). Setelah itu dihitung total nilai fluks dalam satu musim tanam dengan mengintegrasikan nilai fluks dari persamaan tersebut. Persamaan integral mengacu pada metode numerik model Simpson. GWP dihitung untuk periode waktu 100 tahun dengan persamaan di bawah ini (IPCC 2007):

$$GWP = 25CH_4 + 298N_2O \dots\dots\dots (3)$$

- Keterangan :
- GWP : Global Warming Potential (kg/ha/musim)
 - CH₄ : Total fluks gas metana (kg/ha/musim)
 - N₂O : Total fluks gas dinitrogen oksida (kg/ha/musim)

3.3.5 Pengembangan Model Identifikasi

Proses identifikasi dilakukan untuk mencari hubungan antara parameter yang akan dioptimisasi yaitu tinggi muka air dan kelembaban tanah dengan keluaran potensi pemanasan global atau global warming potential (GWP) dan hasil panen yang dihasilkan. Proses tersebut dilakukan sebelum melakukan optimisasi untuk menentukan pengelolaan air (tinggi muka air dan kelembaban tanah) optimum. Berikut ini adalah persamaan dasar yang digunakan.

$$Y = f(WL1, WL2, WL3, WL4) \dots\dots\dots(4)$$

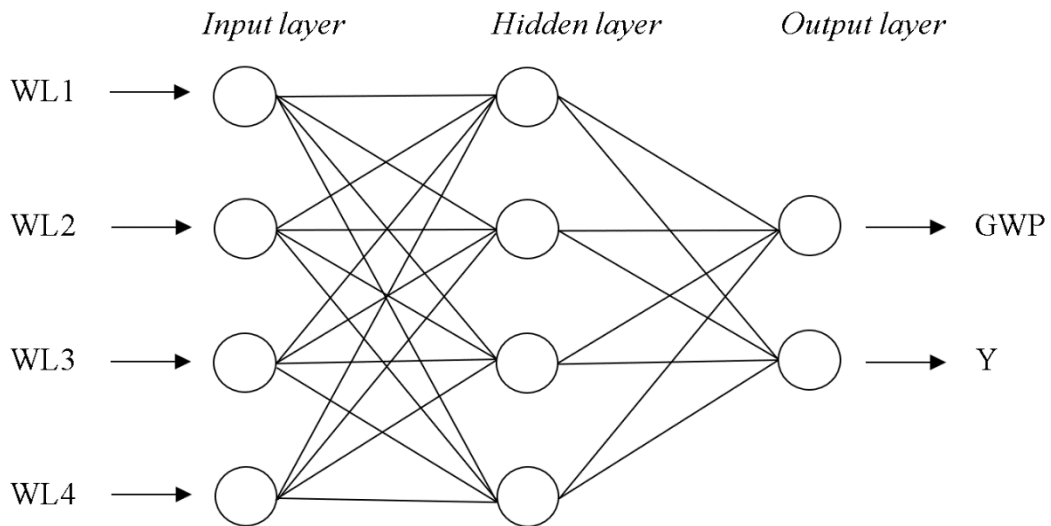
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

$$Y = f (SM1, SM2, SM3, SM4) \dots\dots\dots(5)$$

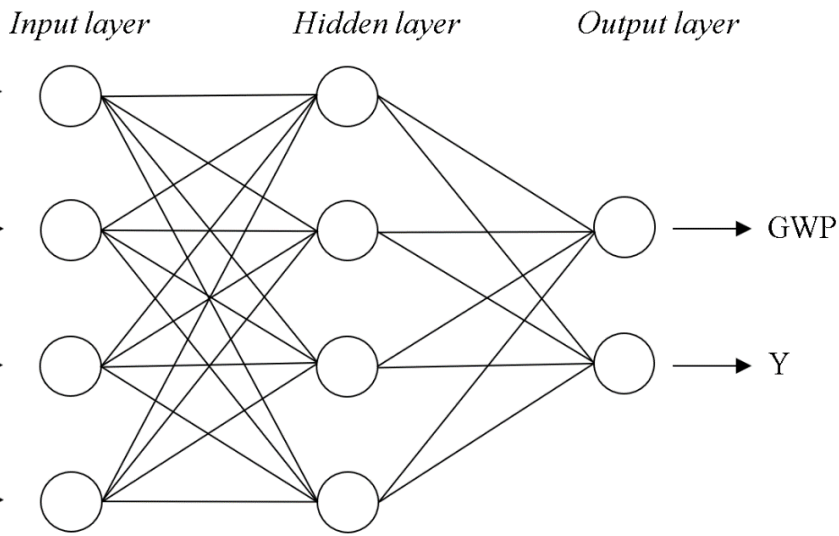
Keterangan:

- Y = estimasi GWP dan hasil panen (kg/ha/musim)
- WL1 = rata-rata tinggi muka air fase awal (cm)
- WL2 = rata-rata tinggi muka air fase vegetatif (cm)
- WL3 = rata-rata tinggi muka air fase tengah musim (cm)
- WL4 = rata-rata tinggi muka air fase akhir musim (cm)
- SM1 = rata-rata kelembaban tanah fase awal (m³/m³)
- SM2 = rata-rata kelembaban tanah fase vegetatif (m³/m³)
- SM3 = rata-rata kelembaban tanah fase tengah musim (m³/m³)
- SM4 = rata-rata kelembaban tanah fase akhir musim (m³/m³)

Model identifikasi yang digunakan adalah model Jaringan Saraf Tiruan (JST). Model JST yang dikembangkan untuk optimisasi tinggi muka air disajikan pada Gambar 4, sedangkan model untuk optimisasi kelembaban tanah disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4 Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang dikembangkan untuk optimisasi tinggi muka air

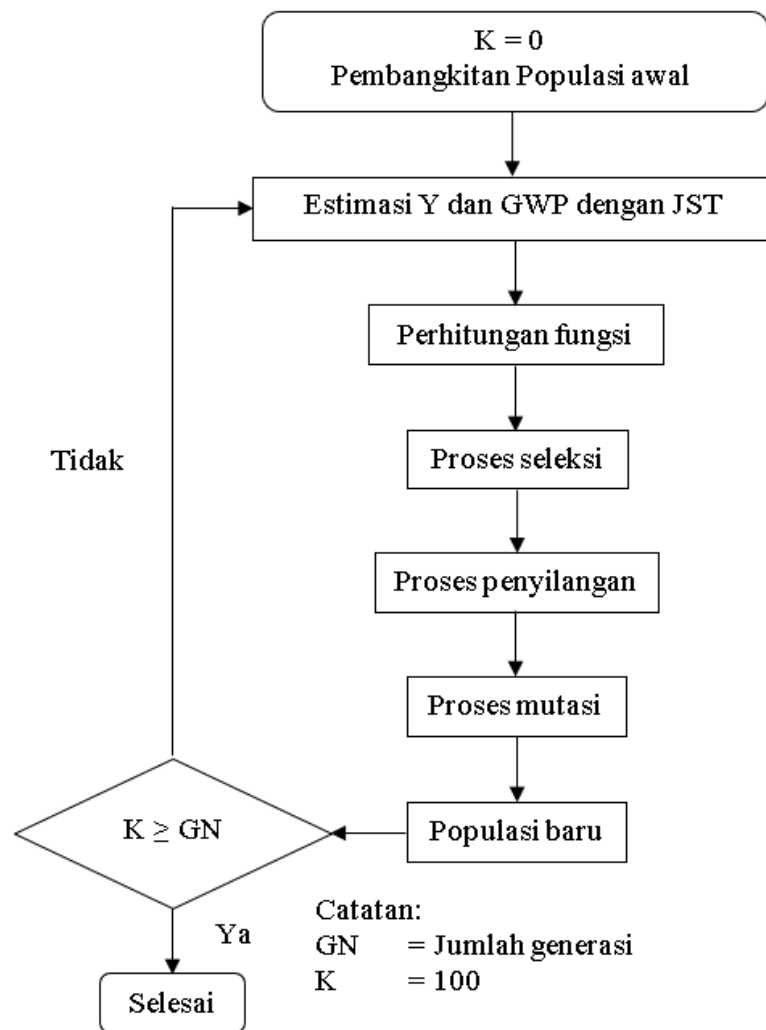


Gambar 5 Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang dikembangkan untuk optimisasi kelembaban tanah

Model JST digunakan untuk memecahkan permasalahan kompleks yang sering dijumpai pada bidang pertanian. Model JST yang digunakan adalah *backpropagation* dimana hubungan antara *input* dan *output* direpresentasikan dengan pembobot (*weights*). Algoritma ini terdiri dari dua fase yaitu perhitungan *forward* dan *backward propagation* serta *update* pembobot (Arif *et al.* 2014). Model JST yang dikembangkan terdiri dari tiga layer, yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Masing-masing *layer* terhubung dengan nilai pembobot (*weights*) yang berperan sebagai penghubung antara *layer* tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 6 Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang dikembangkan untuk optimisasi tinggi muka air dan kelembaban tanah.

Pengembangan model optimisasi dilakukan dengan model algoritma genetika. Proses optimisasi dalam menentukan tinggi muka air dan kelembaban tanah optimum didasarkan pada satu fungsi tujuan yang dapat dilihat pada persamaan (6).

$$F = 0.5Y - 0.5GWP \dots\dots\dots (6)$$

Optimisasi F (fungsi tujuan) untuk tinggi muka air dan kelembaban tanah dengan batasan yang disajikan pada persamaan (7). Sedangkan batasan untuk optimisasi kelembaban tanah disajikan pada persamaan (8).

$$WL_{min} \leq WL1, WL2, WL3, WL4 \leq WL_{max} \dots\dots\dots (7)$$

$$SM_{min} \leq SM1, SM2, SM3, SM4 \leq SM_{max} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

Y = Produktivitas lahan (ton/ha)

GWP = Global Warming Potential (kg CO₂-eq/ha)
WL_{min} = nilai minimum tinggi muka air (cm)
WL_{max} = nilai maksimum tinggi muka air (cm)
SM_{min} = nilai minimum kelembaban tanah (m³/m³)
SM_{max} = nilai maksimum kelembaban tanah (m³/m³)

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Contoh Uji tanah

Hasil analisis uji tanah berupa sifat fisik dan kimia tanah ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan perbandingan antara jumlah persentase pasir, debu, dan liat maka tekstur tanah yang digunakan pada plot percobaan termasuk dalam kategori tanah bertekstur liat berdasarkan segitiga tekstur tanah.

Nilai pH tanah sebesar 6.7 memenuhi syarat untuk tanaman padi tumbuh dengan baik. Pada umumnya tanaman padi memerlukan pH netral antara 6 sampai 7, bila pH kurang dari 6 diperlukan pemberian kapur pertanian untuk menetralkannya (Setiadi 2019).

Tabel 1 Sifat fisik dan kimia tanah pada plot percobaan

Tekstur (%)			pH	Bahan Organik		C/N	NH ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	Berat Isi (g/cc)
Pasir	Debu	Liat		C	N				
23	34	43	6.7	3.84	0.28	19	77	33	0.68

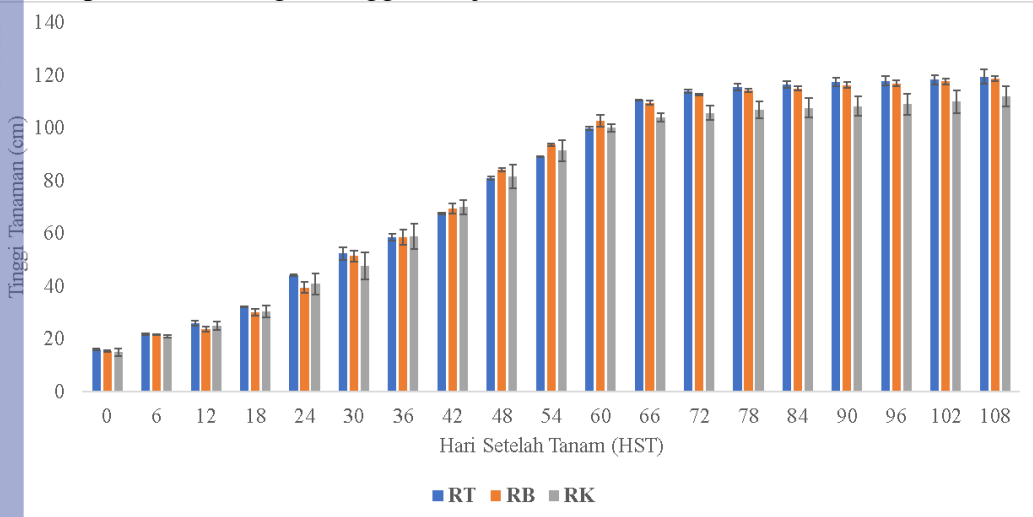
4.2 Perbedaan Rezim Air Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Rata-rata tinggi tanaman pada setiap rezim air di akhir periode budidaya perlakuan RT, RB, dan RK berturut-turut yaitu 119.5 cm, 118.8 cm, dan 112 cm. Nilai ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada perlakuan rezim kering (RK) lebih rendah daripada perlakuan rezim tergenang (RT) dan rezim basah (RB). Hal ini terjadi karena tanaman padi dengan perlakuan RK mengalami kekurangan air. Tanaman mengalami kekurangan air akibat keterbatasan air di sekitar daerah perakaran dan permintaan air yang berlebihan pada daun akibat laju evapotranspirasi yang melebihi laju absorpsi air walaupun keadaan air tanah tersedia dengan cukup (Nio Song dan Banyo 2011).

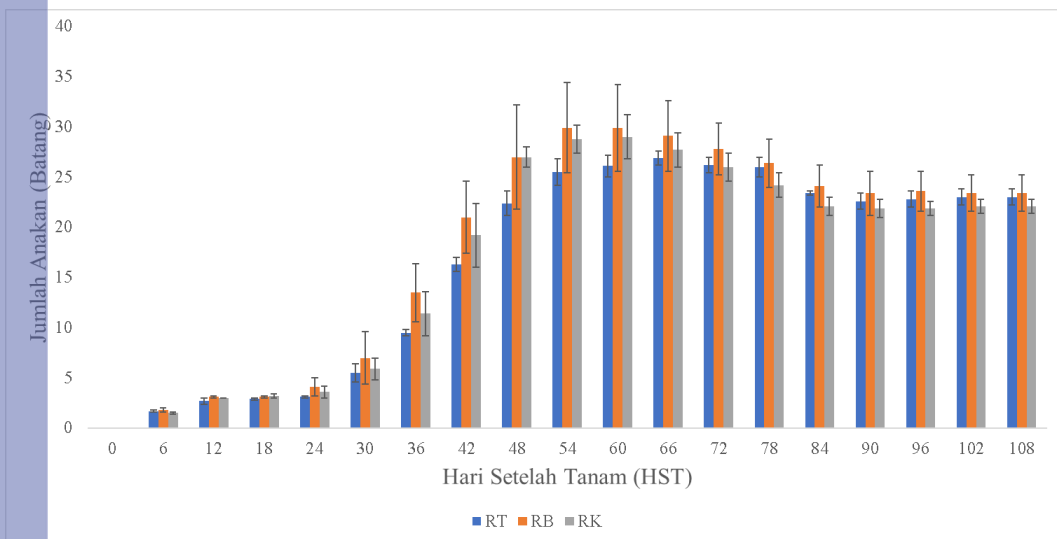
Pada perlakuan RT tanaman padi memiliki rata-rata tinggi tanaman yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan RB dan RK. Nilai ini kemungkinan dipengaruhi oleh ketersediaan air yang melimpah. Ketersediaan air yang melimpah dapat membantu tanaman padi dalam menyerap nutrisi yang terdapat pada tanah sehingga penggenangan dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan, biomassa tanaman dan nisbah akar (Rachmawati 2013). Fungsi air pada tanaman padi adalah untuk mengatur suhu tanaman dan kondisi kelembaban serta mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman padi dalam keadaan yang optimal. Berdasarkan Gambar 3, pada 72 HST pertambahan tinggi tanaman melambat sampai dengan 108 HST, ini karena pada umur tanaman 72 HST tanaman mulai membagi nutrisi selain untuk pertambahan tinggi juga nutrisi yang tersedia digunakan untuk proses pembentukan malai.

Jumlah anakan rata-rata di akhir periode budidaya dapat dilihat pada Gambar 4. Jumlah anakan rata-rata pada akhir periode budidaya perlakuan RT, RB, dan RK yaitu 22, 25, dan 23 batang. Jumlah anakan pada perlakuan RB terlihat paling banyak dibandingkan perlakuan RT dan RK. Ini menunjukkan bahwa budidaya tanaman padi tanpa penggenangan berpotensi menghasilkan rata-rata anakan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kondisi tergenang dan kering. Begitu pun

dengan jumlah malai hasilnya juga masih menunjukkan bahwa perlakuan RB memiliki jumlah malai lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan RT dan RK. Jumlah malai pada akhir periode budidaya perlakuan RT, RB, dan RK berturut-turut yaitu 22, 24, dan 22. Tidak semua anakan menjadi anakan produktif. Anakan yang tidak membentuk anakan produktif biasanya akan mati. Banyak hasil fotosintesis yang digunakan untuk membentuk anakan produktif yang tidak menghasilkan malai dan buah (produktif). Tinggi genangan yang baik yaitu ± 5 cm dikarenakan kemampuan anakan non produktif padi untuk menembus permukaan sangat lambat dibandingkan kurang dari 5 cm, akibatnya anakan non produktif padi tidak dapat berkembang sehingga menjadi mati (Kasli dan Arman Effendi 2012).

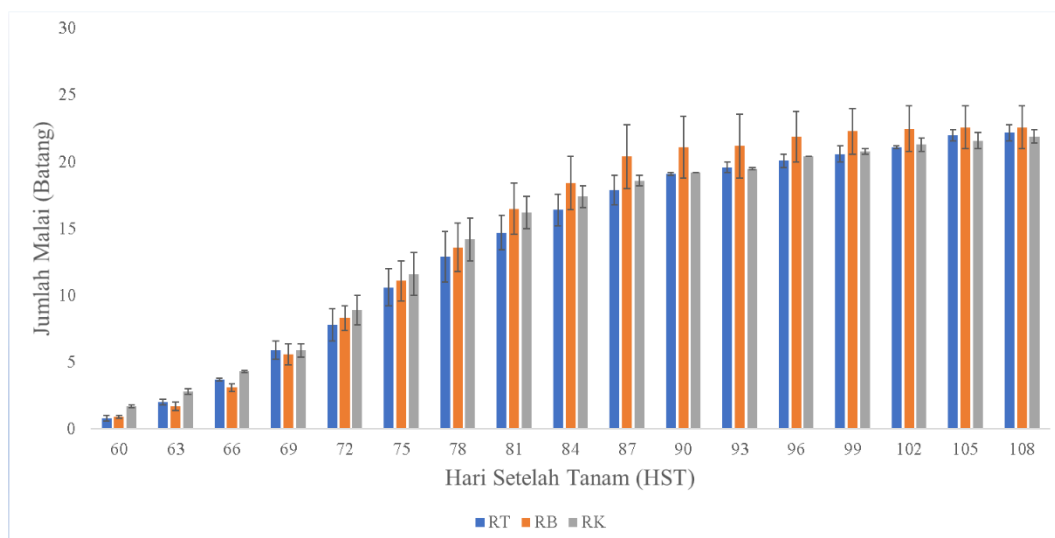


Gambar 7 Tinggi tanaman pada berbagai rezim air



Gambar 8 Jumlah anakan pada berbagai rezim air

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 9 Jumlah malai pada berbagai rezim air

Perlakuan RB menghasilkan produktivitas lahan yang paling tinggi, yaitu sebesar 6.85 ton/ha (Tabel 3). Sementara itu, produktivitas lahan yang paling rendah terjadi pada budidaya padi dengan perlakuan RK yaitu sebesar 6.18 ton/ha. Produktivitas lahan pada budidaya padi dengan perlakuan RB 5.26% lebih tinggi daripada produktivitas lahan dengan perlakuan RT, dan 10.89% lebih tinggi daripada produktivitas lahan dengan perlakuan RK. Sementara itu, persentase hasil panen terhadap residu (dalam hal ini jerami) pada budidaya padi dengan perlakuan RT, RB, dan RK berturut-turut yaitu sebesar 27.68%, 27.23%, dan 25.00%.

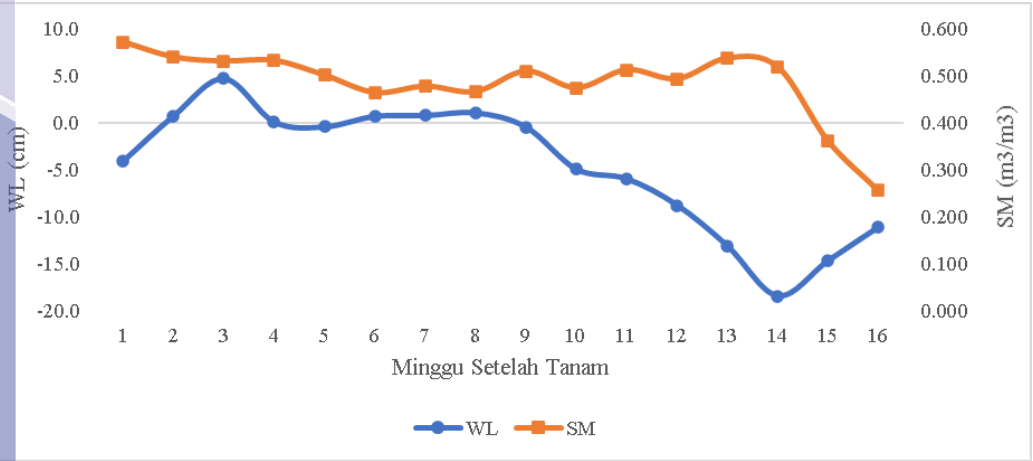
Tabel 2 Hasil panen pada berbagai rezim air

Rezim Air	Produktivitas lahan (ton/ha)	Produksi Jerami (ton/ha)
RT	6.51	23.51
RB	6.85	25.16
RK	6.18	24.71

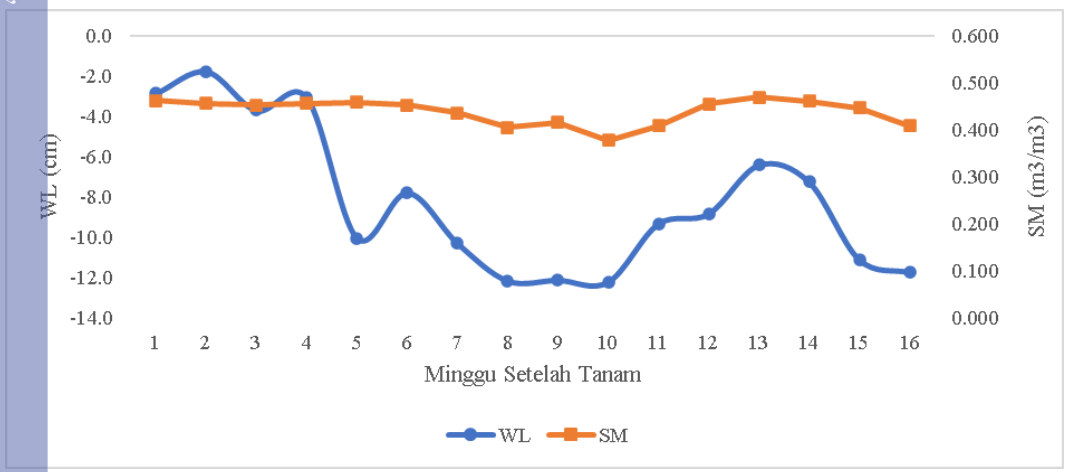
Produktivitas lahan pada budidaya padi dengan perlakuan RB memiliki nilai paling tinggi karena jumlah anakan produktif yang dihasilkan oleh perlakuan RB memiliki jumlah anakan yang lebih banyak daripada perlakuan RT dan RK. Jumlah malai pada setiap anakan yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan pada rezim tergenang (RT) dan rezim kering (RK) sedangkan produktivitas pada RK menjadi yang terendah karena jumlah anakan yang dihasilkan lebih sedikit walaupun jumlah malai yang dihasilkan lebih besar apabila dibandingkan dengan RT.

4.3 Tinggi Muka Air dan Kelembaban Tanah

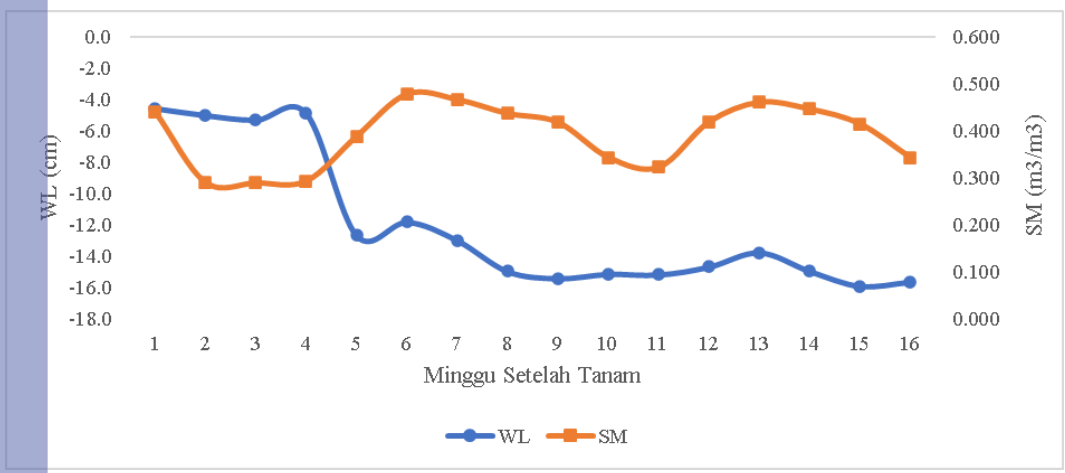
Tinggi muka air (WL) dan kelembaban tanah (SM) untuk masing-masing rezim air ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12. Data yang diambil menggunakan sensor 5-TE (Decagon Device, Inc., USA).



Gambar 10 Perubahan WL dan SM selama satu musim tanam pada RT



Gambar 11 Perubahan WL dan SM selama satu musim tanam pada RB



Gambar 12 Perubahan WL dan SM selama satu musim tanam pada RK

Tinggi muka air yang terjadi pada setiap perlakuan memiliki fluktuasi yang tinggi. Tinggi muka air pada RT dapat dilihat pada Gambar 10. Dari Gambar 10 pada Minggu ke-3, ke-9, dan ke-13 setelah tanam dapat dilihat bahwa adanya tinggi

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

muka air di plot yang melewati *set point*. Hal ini terjadi karena faktor curah hujan yang tinggi menyebabkan genangan di plot sehingga irigasi tidak dilakukan dan genangan yang terjadi segera di drainase sesuai perlakuan rezim air. Sistem kontrol tinggi muka air sangat diperlukan untuk masalah ini sehingga tinggi muka air dapat dipertahankan dengan otomatisasi. Hal ini sangat penting karena sistem kontrol tinggi muka air yang telah dikembangkan dapat mengefisienkan penggunaan air untuk tanaman padi (Pfitscher *et al.* 2012).

Tinggi muka air dan kelembaban tanah dikelompokkan kedalam empat fase pertumbuhan padi. Ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan tinggi muka air dan kelembaban tanah pada masing-masing fase pertumbuhan.

4.4 Potensi Pemanasan Global atau *Global Warming Potential* (GWP)

Masing-masing rezim air menghasilkan total fluks gas CH₄ dan N₂O yang berbeda. Total fluks gas dan GWP dapat dilihat pada Tabel 3. Fluks gas CH₄ yang dihasilkan oleh RB menunjukkan nilai paling tinggi yaitu sebesar 48.47 kg/ha. GWP yang dihasilkan pada RB memiliki nilai terkecil dibandingkan dengan RT dan RK. Ini menunjukkan bahwa RB menghasilkan potensi gas rumah kaca terkecil. Berdasarkan tabel, total fluks gas CH₄ pada RT menghasilkan emisi dengan nilai terbesar sedangkan untuk total fluks gas N₂O menghasilkan emisi dengan nilai terkecil. RK sebaliknya, menghasilkan emisi CH₄ dengan nilai terkecil sedangkan untuk total fluks N₂O pada RK menghasilkan emisi dengan nilai terbesar. Perlakuan RT yang memiliki nilai akumulasi metan yang tinggi disebabkan oleh tingginya kelembaban tanah. Tingginya kelembaban tanah biasanya dibarengi dengan pengurangan konsentrasi oksigen di dalam tanah yang diindikasikan dengan berkurangnya nilai redoks potential tanah (Eh) (Setyanto *et al.* 2000). Pengurangan oksigen tersebut menyebabkan aktivitas bakteri metanotropik yang menyerap gas CH₄ menjadi terhambat sehingga emisi gas CH₄ meningkat (Arif *et al.* 2015).

Tabel 3 Total fluks gas CH₄, N₂O, dan GWP dalam satu musim tanam

Rezim Air	\sum CH ₄ (kg/ha)	\sum N ₂ O (kg/ha)	Total GWP (kg CO ₂ -eq/ha)
RT	48.47	0.55	1376
RB	3.59	2.88	948
RK	-5.40	5.56	1522

Pada Tabel 3 terlihat bahwa ada nilai akumulasi emisi gas CH₄ yang bernilai negatif yaitu pada rezim kering (RK). Total akumulasi nilai fluks gas CH₄ yang bernilai negatif menunjukkan bahwa pada RK tidak melepaskan CH₄ tetapi sebaliknya yaitu terjadi penyerapan CH₄. Walaupun demikian, RK tetap menghasilkan total GWP yang tinggi karena akumulasi N₂O yang dihasilkan RK sangat tinggi.

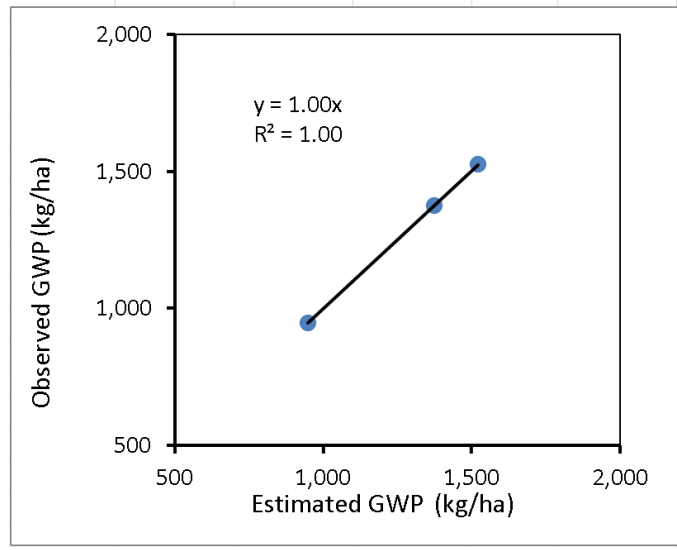
4.5 Optimisasi Potensi Gas Rumah Kaca

4.5.1 Optimisasi Tinggi Muka Air (WL) untuk Menurunkan Potensi pemanasan global atau global warming potential (GWP)

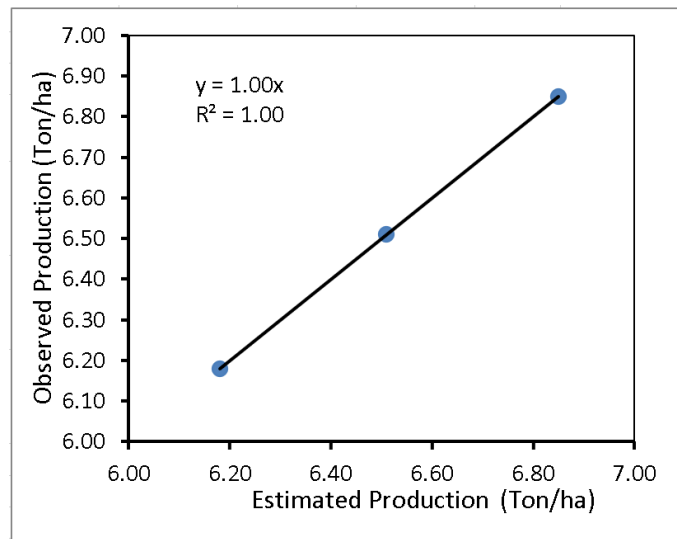
Optimisasi GWP dilakukan dengan terlebih dahulu membuat model JST. Keluaran dari model JST yang digunakan yaitu berupa nilai pembobot. Nilai



pembobot dihasilkan sebanyak 24 pembobot yang akan digunakan sebagai penghubung antara masukan dan keluaran pada proses optimisasi dengan model algoritma genetika. Validasi diperlukan untuk memastikan model yang dibuat telah sesuai dengan sistem yang diwakili pada proses ini. Hasil validasi untuk GWP dan produktivitas lahan ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



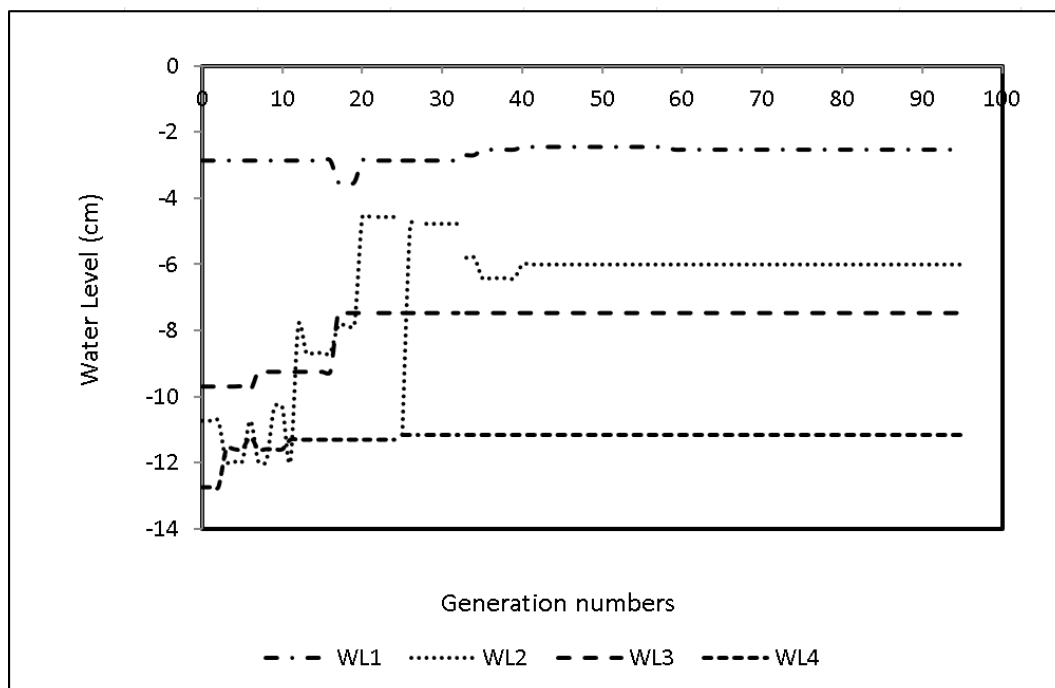
Gambar 13 Hasil validasi GWP dengan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk penentuan tinggi muka air



Gambar 14 Hasil validasi produktivitas lahan (Y) dengan menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk penentuan tinggi muka air

Hasil validasi pada Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan bahwa model yang digunakan untuk menghasilkan pembobot telah akurat karena nilai R^2 mendekati atau sama dengan 1. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati angka satu atau sama dengan satu menunjukkan bahwa model prediksi untuk mencari GWP dan produktivitas lahan (Y) dengan tinggi muka air tersebut akurat dalam memprediksi besarnya nilai tinggi muka air yang optimum.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 15 Hasil pencarian tinggi muka air optimum dengan model algoritma genetika

Hasil pencarian tinggi muka air optimum (WL) dengan model optimisasi algoritma genetika ditunjukkan pada Gambar 10. Algoritma genetika telah mampu dalam mencari tinggi muka air optimum untuk masing-masing fase pertumbuhan tanaman padi seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Pada WL3 (fase tengah musim) dan WL4 (fase akhir musim) nilai tinggi muka air yang optimum dapat tercapai secara konvergen lebih cepat dibandingkan dengan WL1 (fase awal) dan WL2 (fase vegetatif).

Tinggi muka air (WL) optimum dan potensi gas rumah kaca (GWP) pada masing-masing fase pertumbuhan di setiap rezim air dapat dilihat pada Tabel 4. WL optimum yang dihasilkan oleh model optimisasi algoritma genetika adalah -2.53 cm, -6.00 cm, -7.48 cm, dan -11.15 cm. Kombinasi antara empat level air pada masing-masing fase pertumbuhan diperkirakan akan menghasilkan GWP yang rendah yaitu berada pada angka 824.71 (kg/ha/musim).

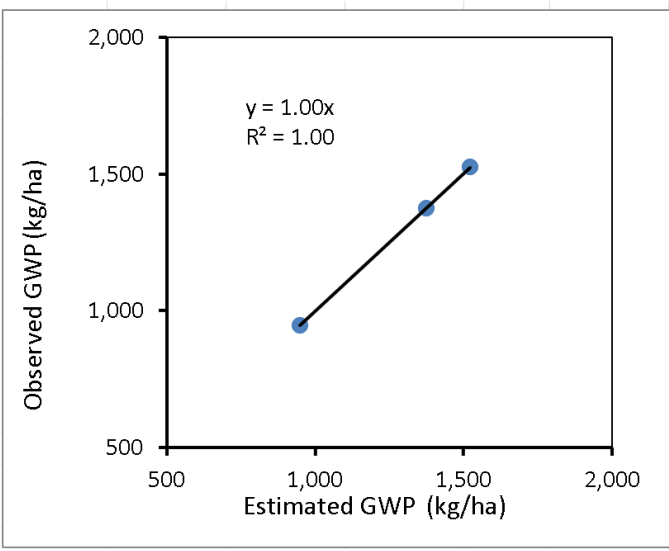
Tabel 4 Perbandingan WL, GWP, dan Y optimum dengan WL dan GWP pada setiap perlakuan rezim air

Rezim air	Tinggi muka air (cm)				GWP (kg CO ₂ -eq/ha)	Y (ton)
	WL 1	WL 2	WL 3	WL 4		
RT	0.38	-0.87	-10.93	-14.05	1376	6.51
RB	-2.60	-10.79	-7.48	-11.15	948	6.85
RK	-4.85	-13.80	-14.50	-15.73	1522	6.18
Optimisasi	-2.53	-6.00	-7.48	-11.15	824.71	6.98

Simulasi model optimisasi ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan nilai GWP yang rendah, lahan padi sawah tidak harus memiliki tinggi muka air bernilai positif pada setiap fase pertumbuhan. Pada SRI, tinggi muka air yang tebal tidak diperlukan untuk menghindari penipisan oksigen yang tersedia dalam tanah karena kandungan oksigen yang rendah justru dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Arif *et al.* 2014). Walaupun demikian, pada fase awal (WL1) tetap memerlukan tinggi muka air yang lebih besar daripada fase pertumbuhan lainnya. Ini terlihat dari nilai WL1 yang memiliki nilai lebih tinggi dari semua fase pertumbuhan.

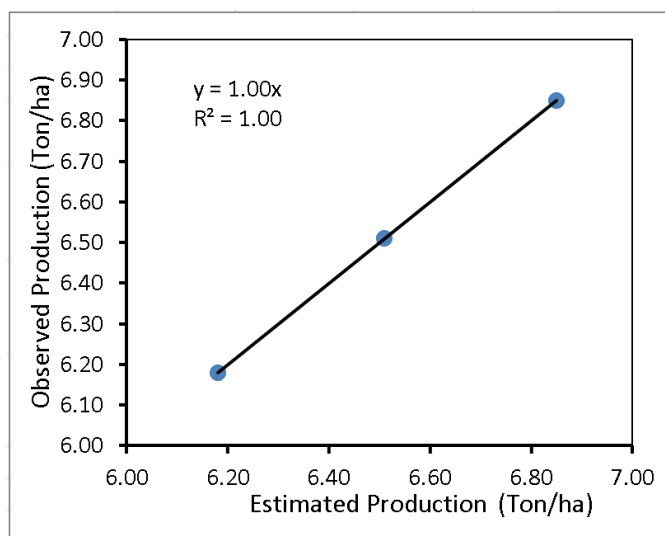
4.5.2 Optimisasi Kelembaban Tanah (SM) untuk menurunkan Potensi pemanasan global atau global warming potential (GWP)

Seperti yang telah dilakukan pada sub-subbab sebelumnya, optimisasi GWP dilakukan dengan terlebih dahulu membuat model JST. Keluaran dari model JST yang digunakan yaitu berupa nilai pembobot. Nilai pembobot dihasilkan sebanyak 24 pembobot yang akan digunakan sebagai penghubung antara masukan dan keluaran pada optimisasi dengan model algoritma genetika. Validasi diperlukan untuk memastikan model yang dibuat telah sesuai dengan sistem yang diwakili pada proses ini. Hasil validasi ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17.



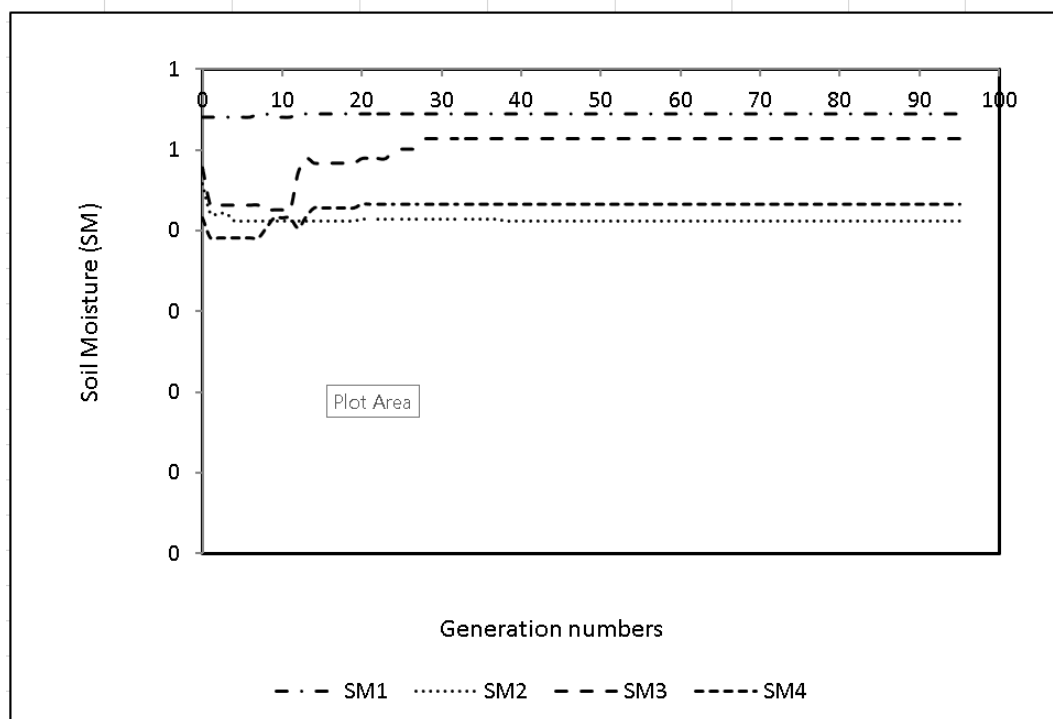
Gambar 16 Hasil validasi GWP dengan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk kelembaban tanah optimum

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 17 Hasil validasi GWP dengan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk kelembaban tanah optimum

Hasil validasi pada Gambar 16 dan Gambar 17 menunjukkan bahwa model yang digunakan untuk menghasilkan pembobot telah akurat karena nilai R^2 mendekati atau sama dengan 1. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati angka satu atau sama dengan satu menunjukkan bahwa model prediksi kelembaban tersebut akurat dalam memprediksi besarnya nilai kelembaban optimum.



Gambar 18 Hasil pencarian kelembaban tanah optimum dengan model algoritma genetika

Hasil pencarian kelembaban tanah (SM) dengan model optimisasi algoritma genetika ditunjukkan pada Gambar 16. Algoritma genetika telah mampu dalam mencari kelembaban tanah optimum untuk masing-masing fase pertumbuhan tanaman padi seperti ditunjukkan pada Gambar 16. Pada SM1 (kelembaban tanah pada fase awal musim) dan SM4 (kelembaban tanah pada fase akhir musim) nilai kelembaban tanah yang optimum dapat tercapai secara konvergen lebih cepat dibandingkan dengan SM2 (kelembaban tanah pada fase vegetatif) dan SM3 (kelembaban tanah pada fase tengah musim).

Kelembaban tanah (SM) optimum dan potensi gas rumah kaca (GWP) pada masing-masing fase pertumbuhan di setiap rezim air dapat dilihat pada Tabel 5. Kelembaban tanah optimum yang dihasilkan oleh model algoritma genetika adalah 0.544 m³/m³, 0.411 m³/m³, 0.514 m³/m³, dan 0.432 m³/m³. Kombinasi antara empat kelembaban tanah pada masing-masing fase pertumbuhan diperkirakan dapat menghasilkan GWP yang optimum yaitu berada pada angka 863 (kg/ha/musim).

Tabel 5 Perbandingan SM dan GWP optimum dengan SM dan GWP pada setiap perlakuan rezim air

Rezim air	Kelembaban tanah (m ³ /m ³)				GWP (kg CO ₂ -eq/ha)	Y (ton)
	SM1	SM2	SM3	SM4		
RT	0.544	0.485	0.514	0.335	1376	6.51
RB	0.457	0.423	0.454	0.432	948	6.85
RK	0.329	0.411	0.423	0.387	1522	6.18
Optimasi	0.544	0.411	0.514	0.432	852.57	6.96

Simulasi model optimisasi ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan nilai GWP yang rendah diperlukan untuk menjaga kondisi kelembaban tanah lahan padi sawah pada fase awal musim. Pada fase ini tanaman membutuhkan air khususnya dalam pembentukan akar. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa kondisi kelembaban tanah dalam level sangat basah sangat penting untuk memenuhi kebutuhan air tanaman khususnya dalam pembentukan akar, batang, dan anakan (Uphoff *et al.* 2011).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Total GWP yang dihasilkan pada Rezim Tergenang (RT), Rezim Basah (RB), dan Rezim Kering (RK) berurutan sebesar 1376 kg/ha, 948 kg/ha, dan 1522 kg/ha.
2. Hasil optimisasi pengelolaan air dengan tinggi muka air dihasilkan tinggi muka air pada fase awal, vegetatif, tengah musim, dan akhir musim yaitu berurutan sebesar -2.53 cm, -6.00 cm, -7.48 cm, dan -11.15 cm. Total GWP yang dihasilkan sebesar 824.71 kg CO₂-eq/ha dengan produktivitas lahan 6.98 ton/ha.
3. Hasil optimisasi pengelolaan air dengan kelembaban tanah dihasilkan kelembaban tanah pada fase awal, vegetatif, tengah musim, dan akhir musim yaitu berurutan sebesar 0.544 cm³/cm³, 0.411 cm³/cm³, 0.514 cm³/cm³, dan 0.432 cm³/cm³. Total GWP yang dihasilkan sebesar 852.57 kg CO₂-eq/ha dengan produktivitas lahan 6.96 ton/ha.

Saran

1. Perlu uji skala lapang untuk sistem irigasi rezim basah pada budidaya SRI di berbagai lokasi dengan kondisi iklim.
2. Tinggi muka air perlu dikendalikan dengan otomatisasi pada uji skala lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad S, Li C, Dai G, Zhan M, Wang J, Pan S, Cao C. 2009. Greenhouse gas emission from direct seeding paddy field under different rice tillage systems in central China. *Soil Tillage Res.* 106(1):54–61. doi:10.1016/j.still.2009.09.005.
- Anugrah IS, Wardana IP. 2008. Gagasan dan Implementasi System Rice of Intensification (SRI) dalam kegiatan Budidaya Padi Ekologis (BPE). *Anal Kebijakan Pertan.* 6(1):75–99. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/akp/article/view/4296/3631>.
- Arif C, Setiawan BI, Mizoguchi M. 2014. Penentuan Kelembaban Tanah Optimum Untuk Budidaya Padi Sawah SRI (System Of Rice Intensification) Menggunakan Algoritma Genetika. *J Irig.*, siap terbit.
- Arif C, Setiawan BI, Munarso DT, Nugraha MD, Sinarmata PW, Ardiansyah A, Mizoguchi M. 2017. Potensi Pemanasan Global dari Padi Sawah System of Rice Intensification (SRI) dengan Berbagai Ketinggian Muka Air Tanah. *J Irig.* 11(2):81. doi:10.31028/ji.v11.i2.81-90.
- Arif C, Setiawan BI, Widodo S, Rudiyanto -, Hasanah NAI, Mizoguchi M. 2015. Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan untuk Menduga Emisi Gas Rumah Kaca dari Lahan Sawah dengan berbagai Rejim Air. *J Irig.*, siap terbit.
- Conrad R. 2002. Control of microbial methane production in wetland rice fields. Di dalam: *Nutrient Cycling in Agroecosystems*.
- Hou H, Peng S, Xu J, Yang S, Mao Z. 2012. Seasonal variations of CH₄ and N₂O emissions in response to water management of paddy fields located in Southeast China. *Chemosphere.* 89(7):884–892. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.04.066.
- IAEA. 1992. Manual on measurement of methane. Vienna 52.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Ispandi I, Wahono RS. 2015. Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Parameter pada Support Vector Machine untuk Meningkatkan Prediksi Pemasaran Langsung. *J Intell Syst.* 1(2):115–119.
- Kasli, Arman Effendi AR. 2012. Effect of various high puddles on the growth of Aerenchyma and the growth of rice plants (*Oryza sativa* L) in pot. *Pakistan J Nutr.* 11(5):461–466. doi:10.3923/pjn.2012.461.466.
- Ly P, Jensen LS, Bruun TB, de Neergaard A. 2013. Methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) emissions from the system of rice intensification (SRI) under a rain-fed lowland rice ecosystem in Cambodia. *Nutr Cycl Agroecosystems.*, siap terbit.
- Nio Song A, Banyo Y. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman. *J Ilm Sains.* 15(1):166. doi:10.35799/jis.11.2.2011.202.
- Pfritscher LL, Bernardon DP, Kopp LM, Heckler MVT, Behrens J, Montani PB, Thomé B. 2012. Automatic control of irrigation systems aiming at high energy efficiency in rice crops. Di dalam: *2012 8th International Caribbean Conference on Devices, Circuits and Systems, ICCDCS 2012*.

- Rachmawati D. 2013. Pengaruh Tinggi dan Lama Penggenangan Terhadap Pertumbuhan Padi Kultivar Sintanur dan Dinamika Populasi Rhizobakteri Pemfiksasi Nitrogen Non Simbiosis. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fis.* 15(2):117–125.
- Setiadi D. 2019. Pentingnya Mengukur Ph Tanah Sebelum Melaksanakan Budidaya Padi. [diakses 2021 Jan 19]. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/81889/Pentingnya-Mengukur-Ph-Tanah-Sebelum-Melaksanakan-Budidaya-Padi/>.
- Setyanto P, Bakar RA. 2013. Methane Emission From Paddy Fields As Influenced By Different Water Regimes in Central Java. *Indones J Agric Sci.* 6(1):1. doi:10.21082/ijas.v6n1.2005.p1-9.
- Setyanto P, Makarim AK, Fagi AM, Wassmann R, Buendia L V. 2000. Crop management affecting methane emissions from irrigated and rainfed rice in Central Java (Indonesia). *Nutr Cycl Agroecosystems.*, siap terbit.
- Uphoff N, Kassam A, Harwood R. 2011. SRI as a methodology for raising crop and water productivity: Productive adaptations in rice agronomy and irrigation water management. *Paddy Water Environ.*, siap terbit.
- Uphoff N, Kassam A, Stoop W. 2008. A critical assessment of a desk study comparing crop production systems: The example of the “system of rice intensification” versus “best management practice.” *F Crop Res.*, siap terbit.
- Utaminingsih W, Hidayah S. 2012. Mitigasi emisi gas rumah kaca melalui penerapan irigasi intermittent di lahan sawah beririgasi. *J Irig.* 7(2):132. doi:10.31028/ji.v7.i2.132-141.
- Wihardjaka A. 2016. Mitigasi Emisi Gas Metana Melalui Pengelolaan Lahan Sawah. *J Penelit dan Pengemb Pertan.* 34(3):95. doi:10.21082/jp3.v34n3.2015.p95-104.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kabupaten Bogor pada 21 Juli 1989 sebagai anak ke-2 dari pasangan Bapak Bangdol Harianza dan Ibu Siti Astuti. Pendidikan sarjana (S1) ditempuh di Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2016, penulis diterima sebagai mahasiswa program magister (S2) di Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dan menamatkannya pada tahun 2021.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.