

# Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menduga Fluks Gas N<sub>2</sub>O Dari Lahan Sawah

*(Development of Artificial Neural Network Model to Predict N<sub>2</sub>O Gas Flux from Paddy Field)*

Muhammad Didik Nugraha<sup>1</sup>, Chusnul Arif<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

\*Penulis korespondensi: chusnul\_arif@apps.ipb.ac.id

Diterima : 01 Agustus 2017

Disetujui : 24 Juni 2019

## ABSTRACT

Artificial neural networks (ANN) model was used to estimate N<sub>2</sub>O gas flux emitted from rice paddies with several water regime treatments. The purpose of this study were to identify the relationship of micro-environment with different water regimes towards N<sub>2</sub>O gas flux, to predict the amount of N<sub>2</sub>O gas flux, and to validate neural network models. Field experiment was conducted in the field laboratory of Civil and Environmental Engineering-IPB from February to August 2016. Land of paddy was treated with three water regime of continuous flooding water regime, wet water regime, dry water regime. ANN model with back propagation algorithm consisted of input layer with six nodes of micro- environment parameter and N<sub>2</sub>O gas was used as the model output. The total N<sub>2</sub>O flux for continuous flooding water regime, wet and dry regime were -25.95 mg/m<sup>2</sup>/season, 17.32 mg/m<sup>2</sup>/season, and 21.16 mg/m<sup>2</sup>/season. ANN each water regime was obtained the coefficient of determination (R<sup>2</sup>) of was 1, so ANN model was acceptable and could be used to predict N<sub>2</sub>O flux.

Key words: artificial neural networks, micro environment, N<sub>2</sub>O gas flux, paddy field

## PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang semakin meningkat ini banyak terjadi berbagai isu fenomena alam yang sulit diselesaikan seperti pemanasan global. Fenomena ini banyak menimbulkan dampak yang serius dalam kehidupan manusia. Masalah seperti ini terjadi akibat peningkatan konsentrasi gas-gas pembentuk efek rumah kaca yang ada di lapisan atmosfer. Gas-gas pembentuk efek rumah kaca tersebut meliputi karbondioksida (CO<sub>2</sub>), dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O), metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen oksida (NO), sulfur heksaflorida (SF<sub>6</sub>), *chlore flour carbon* (CFC), dan *hydro flour carbon* (HFC) (Setyanto dan Prihasto 2004).

Pemanasan global juga muncul dari sektor pertanian yang saat ini

menjadi perhatian dari pemerintah karena lahan sawah merupakan sumber dari gas rumah kaca (GRK). Namun di antara GRK tersebut terdapat gas yang sudah menjadi fokus dari para peneliti yaitu CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O. Penelitian tersebut menggunakan sistem dengan pemberian air pada sistem tanam konvensional maupun irigasi berselang dengan *system of rice intensification* (SRI) (Rajkishore *et al.* 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi gas N<sub>2</sub>O meningkat saat keadaan tanah kering dan kondisi aerobik. Metode tanam SRI dengan pemberian irigasi berselang dapat meningkatkan emisi gas N<sub>2</sub>O sebesar 1.5%. Selain itu, gas N<sub>2</sub>O mempunyai kemampuan radiasi 200 kali lebih besar dibanding CO<sub>2</sub> (Myrold 1999). Oleh karena itu, gas N<sub>2</sub>O merupakan GRK utama yang menjadi sumber utama

pemanasan global (Mayumdar *et al.* 2000).

Emisi GRK dapat diprediksi berdasarkan kondisi lingkungan biofisik di dalam tanah dengan menggunakan sensor tertentu. Kondisi lingkungan biofisik tersebut antara lain kelembaban tanah (Setyanto dan Prihasto 2004), suhu tanah (Setiawan *et al.* 2013), daya hantar listrik (DHL) tanah, pH tanah, dan potensial redoks (Eh) tanah. Perubahan kelembaban tanah (Arif 2013) dan pemberian pupuk (Nishimura *et al.* 2004) sangat mempengaruhi DHL tanah, sehingga parameter tersebut dapat dijadikan faktor emisi GRK. Namun pengukuran gas  $\text{N}_2\text{O}$  merupakan hal yang sulit, mahal dan membutuhkan waktu yang lama, sehingga pengembangan model JST merupakan salah satu jalan menyelesaikannya. Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah tersebut. Model JST sudah diterapkan dalam sektor pertanian, seperti model pertumbuhan tanaman (Tamrin *et al.* 2005), menduga ketersediaan air dan nutrisi (Subrata *et al.* 2001), estimasi evapotranspirasi (Suprayogi *et al.* 2004), pendugaan tingkat ketuaan manggis (Sandra *et al.* 2005) dan evaluasi mutu ketimun Jepang (Suroso dan Fadlilah 2003). Selain itu model JST telah digunakan untuk rencana strategi dan klasifikasi irigasi (Raju *et al.* 2006) dan memprediksi tingkat pembasahan dari sub permukaan untuk irigasi tetes (Hinnel *et al.* 2009).

Kemampuan JST dalam mempelajari hubungan *input* dan *output* merupakan hal yang sangat kompleks dan ini sangat tepat diterapkan untuk menduga emisi gas  $\text{N}_2\text{O}$  pada lahan sawah. Model JST telah dikembangkan untuk memprediksi gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  berdasarkan parameter lingkungan biofisik yang terdiri atas kelembaban tanah, suhu tanah dan pH tanah (Setiawan *et al.* 2013). Hasilnya pun menunjukkan bahwa model JST dapat memprediksi

emisi gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara lain sebesar 0.72 dan 0.69. Dengandemikian model JST untuk menduga emisi  $\text{N}_2\text{O}$  dapat digunakan, namun diperlukan parameter lingkungan biofisik tambahan untuk menduga emisi tersebut menjadi lebih akurat.

## METODOLOGI

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai bulan Agustus 2016. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan untuk penanaman padi, yang terletak pada  $6^\circ 35' 35.36''$  LS dan  $106^\circ 46' 17.95''$  BT. Pengujian emisi gas dilakukan di Laboratorium Gas Rumah Kaca Jakenan-Pati, Jawa Tengah. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sumber Daya Air, Wisma Wageningen, IPB.

### Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa uji antara lain uji analisis tanah, uji analisis emisi gas  $\text{N}_2\text{O}$ , dan pengembangan model JST untuk menduga emisi gas  $\text{N}_2\text{O}$ . Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk uji analisis tanah adalah pH meter, ORP meter [WTW Sentix] dengan cairan pH *buffer* 4.01, 6.86, 9.01 dan akuades.

Selanjutnya, untuk analisis emisi gas  $\text{N}_2\text{O}$  adalah kotak tertutup (*chamber*) berukuran 30 cm x 30 cm x 120 cm disertai *chamber base* berukuran 30 cm x 30 cm x 20 cm, kantong Tedlar 250 ml. Alat-alat tambahan yang digunakan yaitu botol vial coklat 10 ml dilengkapi dengan tutup karet. Selain itu diperlukan gas kromatografi. Dibutuhkan pula seperangkat komputer yang telah dilengkapi dengan perangkat lunak seperti MS. Excel 2010 yang dilengkapi dengan fasilitas *visual basic application* (VBA).

Varietas yang digunakan dalam penanaman padi adalah varietas padi Pertiwi. Kemudian, dalam budidaya diberikan pupuk organik (kompos) serta dilakukan pemasangan sensor-sensor untuk memonitori kondisi lingkungan mikro (sekitar lahan budidaya). Sensor yang digunakan seperti sensor radiasi matahari (*PYR Solar Radiation*), sensor intensitas hujan (*ECRN-100 Precipitation*), sensor suhu dan kelembaban udara (*EHT RH/Temp*), sensor tinggi muka air (*Millivolt 0- 1500 mV input*), sensor suhu dan kelembaban tanah (*5TE Moisture/Temp/EC*), dan data logger EM50 untuk menyimpan data.

**Prosedur Penelitian**

Pengumpulan data dilakukan dari bulan April (mulai tanam) sampai dengan bulan Agustus 2016 (panen) di Laboratorium Lapang Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Lingkar Kampus IPB.

**Sistem Irigasi**

Sistem irigasi yang dilakukan terbagi menjadi tiga rezim air yang berbeda yaitu rezim air tergenang, rezim air basah, dan rezim air kering. Adapun gambar pola penggenangan yang terdapat pada Lampiran 1. Pengaturan air tersebut terbagi menjadi 3 perlakuan, yaitu rezim air tergenang (RT) untuk budidaya padi konvensional, rezim air basah (RB) dan kering (RK) untuk budidaya padi sistem SRI. Setiap perlakuan dilakukan satu kali pengulangan sehingga dibutuhkan 6 plot untuk perlakuan.

**Pengukuran Emisi N<sub>2</sub>O**

Emisi gas N<sub>2</sub>O diukur dengan menggunakan *chamber* yang masing-masing dipasang pada setiap plot. *Chamber* yang digunakan memiliki tinggi 120 cm dengan lebar 30 cm. Setelah dilakukan gas sampling, kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis menggunakan gas kromatografi. Saat pengukuran gas N<sub>2</sub>O, *chamber* diletakkan

pada plot yang ditanami padi.

Waktu pengambilan gas dilakukan pada pukul 12.00 siang ketika suhu udara mencapai puncak hariannya. Sampel tersebut diambil empat kali setiap 10 menit mulai dari menit ke-0 sampai menit ke-30. Konsentrasi gas (g/cm<sup>3</sup>) diperoleh pada masing-masing pengukuran. Emisi yang diukur berdasarkan laju perubahan dari konsentrasi tersebut. Jika terjadi laju perubahan yang bernilai positif maka terjadi emisi N<sub>2</sub>O, namun apabila laju perubahan yang bernilai negatif maka terjadi penyerapan gas. Perhitungan fluks N<sub>2</sub>O dapat dihitung dengan Persamaan (1) (IAEA 1993).

$$E = \frac{\delta C}{\delta t} \times \frac{V_{ch}}{A_{ch}} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273.2}{273.2+T} \tag{1}$$

Persamaan tersebut menjelaskan E adalah fluks N<sub>2</sub>O (mg/m<sup>2</sup>/menit), <sup>δc</sup> merupakan perbedaan konsentrasi N<sub>2</sub>O perwaktu pengambilan, V<sub>ch</sub> adalah volume *chamber* (m<sup>3</sup>), A<sub>ch</sub> adalah luas *chamber* (m<sup>2</sup>), mW adalah berat molekul N<sub>2</sub>O (g), mV adalah volume molekul N<sub>2</sub>O, dan T adalah temperatur selama sampling (°C). Emisi gas N<sub>2</sub>O selama periode tanam dihitung dengan cara mengintegalkkan nilai emisi gas N<sub>2</sub>O menggunakan metode numerik *Simpson* (Arif *et al.* 2013) dengan Persamaan (2).

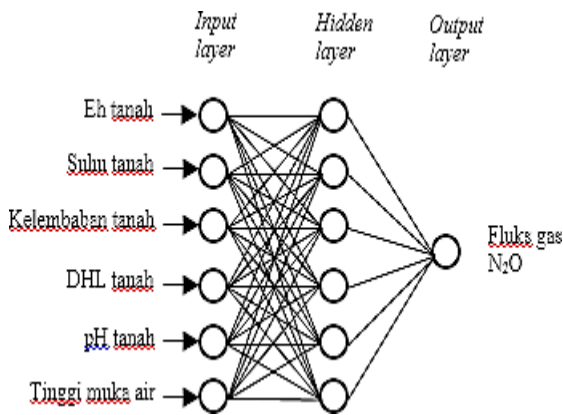
$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{6} \left[ f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right] \tag{2}$$

Persamaan tersebut menjelaskan f(x) adalah total emisi N<sub>2</sub>O per parameter (mg/m<sup>2</sup>/musim), a merupakan hari awal pengukuran emisi N<sub>2</sub>O dan b merupakan hari akhir pengukuran N<sub>2</sub>O (hari setelah tanam). Pengukuran parameter lingkungan biofisik tersebut menggunakan sensor 5-TE yang diletakkan di tanah untuk mengukur kelembaban tanah, suhu tanah dan DHL tanah yang dipasang pada kedalaman 5 cm di bawah permukaan tanah dengan interval 30 menit secara kontinyu.

**Pengembangan Model Prediksi Emisi Gas N<sub>2</sub>O**

Model JST yang digunakan terdiri atas 3 layar, yaitu layar masukan (*input layer*), tersembunyi (*hidden layer*), dan keluaran (*output layer*). Layar masukan terdiri atas 6 noda untuk parameter lingkungan biofisik diantaranya kelembaban tanah, suhu tanah, daya hantar listrik tanah, pH tanah, potensial redoks tanah, tinggi muka air, sedangkan gas N<sub>2</sub>O dijadikan keluaran model tersebut. Adapun gambar untuk permodelan JST disajikan pada Gambar 1.

Layar model tersebut terhubung dengan nilai pembobot yang merupakan penghubung antara layar masukan dan keluaran. Pembobot inilah yang dicari model JST dalam menduga emisi gas N<sub>2</sub>O yang terjadi. Adapun model yang digunakan untuk mendapatkan pembobot tersebut adalah model algoritme *back propagation*. Algoritme ini memiliki dua fase, diantaranya perhitungan maju dan mundur (*forward and backward propagation*) dan *update* pembobot.



Gambar 1 Model JST

Permodelan tersebut membutuhkan fungsi aktivasi. Untuk itu digunakan fungsi sigmoid seperti disajikan pada Persamaan (3) dan Persamaan (4) (Arif *et al.* 2015).

$$f(y) = \frac{1}{1+e^{-gy}} \tag{3}$$

$$y = \sum_{i=0}^n X_i W_i \tag{4}$$

Dimana X<sub>i</sub>, W<sub>i</sub>, n, g berturut-turut adalah data masukan, pembobot, jumlah noda masukan, dan konstanta aktivasi. Permodelan JST tersebut dibuat dalam *MS. Excel 2010* dengan fasilitas *visual basic application* (VBA). Pengembangan model JST tersebut diukur dengan membandingkan nilai emisi gas N<sub>2</sub>O hasil pengukuran dan prediksi dengan melihat nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) yang bernilai antara 0-1. Nilai R<sup>2</sup> tersebut jika semakin besar dan mendekati 1 maka model JST tersebut dapat menduga fluks gas N<sub>2</sub>O dari lahan padi sawah.

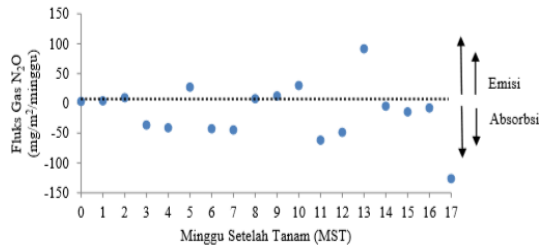
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Fluks Gas N<sub>2</sub>O**

Fluks gas N<sub>2</sub>O adalah perubahan laju emisi dari gas N<sub>2</sub>O yang terjadi periode tertentu. Fluks gas N<sub>2</sub>O dengan rezim air tergenang (RT) dapat dilihat pada Gambar 2, dan terlihat nilai fluks gas N<sub>2</sub>O dari 0-17 minggu setelah tanam (MST). Fluks gas N<sub>2</sub>O yang dihasilkan dari rezim tergenang berfluktuatif, dikarenakan pemupukan yang diberikan setiap minggu. Pemupukan dapat membuat peningkatan produksi emisi gas N<sub>2</sub>O. Fluks N<sub>2</sub>O dapat mengalami kenaikan karena pada masa awal penanaman petani mengaplikasikan pupuk organik sehingga menciptakan lingkungan yang sesuai untuk pembentukan N<sub>2</sub>O (Suprihati 2007).

Pembentukan gas N<sub>2</sub>O meningkat akibat proses nitrifikasi maupun melalui proses denitrifikasi ketika tanah diberi pupuk-N (Pathak 1999). Perubahan kenaikan fluks N<sub>2</sub>O yang terjadi juga karena hujan yang meningkatkan kadar air tanah di lahan sawah. Hujan menyebabkan tanah menjadi lembab sehingga aerasi buruk, kondisi ini mendorong terjadinya proses denitrifikasi yang menghasilkan N<sub>2</sub>O lebih tinggi. Wrage *et al.* (2001) menyatakan bahwa NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dapat tereduksi

melalui proses denitrifikasi dalam keadaan sedikit aerob menjadi  $N_2O$ , sehingga proses ini menghasilkan banyak  $N_2O$ .

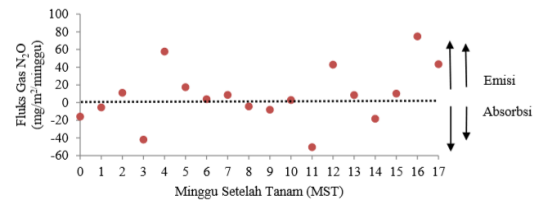


Gambar 2 Fluks gas  $N_2O$  dengan rezim air tergenang selama satu musim tanam

Fluks gas  $N_2O$  yang telah didapatkan dapat diketahui jumlah total fluks gas  $N_2O$  per tahun. Total fluks tersebut diketahui dengan menghitung areal fluks di bawah kurva selama periode musim tanam. Total fluks gas  $N_2O$  dengan rezim tergenang sebesar -25.95 mg/m<sup>2</sup>/musim. Nilai fluks negatif tersebut menunjukkan bahwa tanah telah bertindak sebagai rosot bagi produksi  $N_2O$ . Minami dan Oshawa (1990), menyatakan bahwa pada konsentrasi yang rendah, air genangan di lahan padi dapat bertindak sebagai rosot.

Gambar 3 menunjukkan fluks gas  $N_2O$  yang dihasilkan pada rezim basah (RB). Gambar 3 menunjukkan kondisi yang berfluktuatif. Namun terdapat fluks gas  $N_2O$  yang signifikan dan bernilai positif pada rentang 3-8 MST. Total fluks gas  $N_2O$  yang diperoleh sebesar 17.32 mg/m<sup>2</sup>/musim. Adapun kondisi fluks gas  $N_2O$  yang fluktuatif, hal ini diperkirakan terjadi karena kondisi lapangan seperti biologi dari tanah, air dan udara yang berbeda-beda setiap kali dalam pengambilan contoh gas. Adapun data fluks gas  $N_2O$  dengan rezim basah disajikan pada Lampiran 3. Telah diketahui bahwa di dalam tanah terdapat proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang menghasilkan gas  $N_2O$ . Hal ini dihasilkan oleh mikroorganisme nitrifikasi dan denitrifikasi seperti Nitrosomonas dan Nitrobacter. Bakteri tersebut merupakan bakteri yang kemoautotrof yang

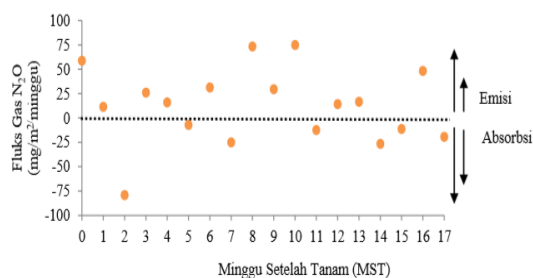
memperoleh energi dengan mengoksidasi  $NH_4^+$  menjadi  $NO_2^-$  dan oksidasi  $NO_2^-$  menjadi  $NO_3^-$ . Pertumbuhan bakteri yang ada di dalam tanah sangat bergantung pada ketersediaan  $NH_4^+$  dan  $NO_2^-$ , aerasi, kelembaban, suhu, pH dan bahan organik (Rao 1994).



Gambar 3 Fluks gas  $N_2O$  dengan rezim air basah selama satu musim tanam

Dari Gambar 3 terlihat di awal minggu 0-2 MST terjadi kenaikan fluks gas  $N_2O$ . Hal ini terjadi karena di saat penanaman awal padi, tanah masih cenderung basah sehingga mengakibatkan tanah menghasilkan emisi yang negatif. Selanjutnya pada minggu ke-2 MST terjadi perubahan keadaan yang bernilai positif karena pengairan air pada rezim basah tidak terjaga dengan baik. Fluks gas  $N_2O$  pada minggu ke-3 MST turun akibat pengaruh genangan air yang terjadi dan cenderung terlalu basah hingga tergenang. Puncaknya pada minggu ke-4 MST, fluks gas  $N_2O$  mengalami kenaikan akibat kondisi tanah yang sudah dijaga pada keadaan basah dan pengaruh pemberian pupuk organik.

Fluks gas  $N_2O$  yang dihasilkan pada rezim kering dengan budidaya padi SRI disajikan pada Gambar 4. Terlihat pada Gambar 4, dari minggu 0-4 MST nilai fluks gas  $N_2O$  cenderung dalam nilai yang positif. Hal ini disebabkan karena kondisi tanah yang kering membuat proses nitrifikasi berjalan lebih cepat dan lebih besar menghasilkan emisi gas  $N_2O$ . Keadaan nilai fluks gas  $N_2O$  yang positif ini juga ditambah dengan pemberian pupuk organik yang meningkatkan kadar nitrat dalam tanah. Adapun untuk total fluks gas  $N_2O$  pada rezim air kering ini sebesar 21.16 mg/m<sup>2</sup>/musim tanam.



Gambar 4 Fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  dengan rezim air kering selama satu musim tanam

Kondisi tanah yang kering pada budidaya padi ini membuat tanah terjadi proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi tersebut mengubah ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi nitrat dan  $\text{N}_2\text{O}$  berada pada lingkungan yang aerobik. Selain itu, laju dekomposisi bahan organik tanah pada kondisi aerob umumnya berlangsung lebih cepat sehingga jumlah karbon mudah tersedia berkurang dan kebutuhan akseptor elektron meningkat selama mineralisasi intensif yang menyebabkan reduksi  $\text{NO}_3^-$  menjadi gas  $\text{N}_2\text{O}$  (Gardini et al. 1991).

Pengaruh pupuk organik yang diberikan pada kondisi tanah kering juga memungkinkan terjadinya proses nitrifikasi. Shrestha dan Ladha (1998) menjelaskan bahwa aktivitas mikroba aerobik akan optimal jika 60 % air tanah mengisi ruang pori-pori tanah. Nilai fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  pada minggu ke-7 MST mengalami penurunan akibat genangan yang terjadi akibat hujan. Hujan ini sangat berpengaruh hanya selama fase vegetatif dan fase reproduktif, sedangkan saat fase pematangan dan menjelang panen tidak memberi pengaruh yang besar terhadap fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$ . Fase pertumbuhan padi dibagi menjadi tiga yaitu fase vegetatif (awal pertumbuhan sampai pembentukan bakal malai/primordia), fase reproduktif (primordia sampai pembungaan), dan fase pematangan (pembungaan sampai gabah matang). Fase vegetatif merupakan fase pertumbuhan organ-organ vegetatif, seperti jumlah anakan, tinggi tanaman, jumlah, bobot, dan luas daun. Fase

reproduktif ditandai dengan memanjangnya beberapa ruas teratas batang tanaman, matinya anakan tidak produktif, bunting, dan pembungaan. Di daerah tropik, kebanyakan varietas padi memiliki lama fase reproduktif sekitar 35 hari dan fase pematangan sekitar 30 hari. Adapun perbedaan umur pertumbuhan hanya ditentukan oleh lamanya fase vegetatif (Makarim dan Suhartatik 2009). Adapun fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  selama fase pertumbuhan padi yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Fluks  $\text{N}_2\text{O}$  selama musim tanam

Fase Pertumbuhan Padi	Umur (MST)	Fluks gas $\text{N}_2\text{O}$ ( $\text{mg}/\text{m}^2\text{/musim}$ )		
		RT	RB	RK
Vegetatif	0 - 6	-14.32	5.47	-5.25
Reproduktif	6 - 11	-8.36	-4.98	22.88
Pematangan	11 - 17	-3.27	16.83	3.53
Total fluks gas $\text{N}_2\text{O}$		-25.95	17.32	21.16

Berdasarkan Tabel 1, fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  pada fase vegetatif menunjukkan hasil yang rendah. Hal ini terjadi karena di saat fase vegetatif, semua rezim dalam kondisi tergenang dan menghambat proses denitrifikasi yang menghasilkan fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$ . Perlakuan sistem irigasi ini sangat mempengaruhi terhadap fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  saat fase vegetatif dan reproduktif, namun tidak saat fase pematangan. Peningkatan fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  terjadi saat fase reproduktif. Pada fase ini, terjadi produksi eksudat akar tanaman padi yang lebih aktif sehingga mikroba dalam tanah seperti Pseudomonas dan Achromobacter memakan eksudat akar untuk sumber energinya dalam proses denitrifikasi. Peningkatan fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  ini merupakan hasil interaksi antara nitrat dengan bakteri denitrifikasi yang menggunakan nitrat sebagai substrat dalam melakukan aktivitasnya. Berbeda halnya dengan fase pematangan, fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  mengalami peningkatan untuk RT dan RB namun RK mengalami penurunan. Untuk RT dan RB saat fase ini mengalami peningkatan karena kondisi lahan sudah tidak lagi tergenang.

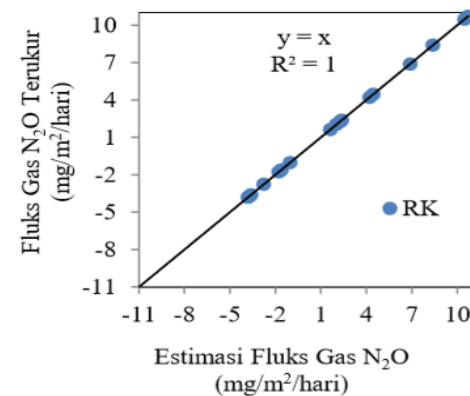
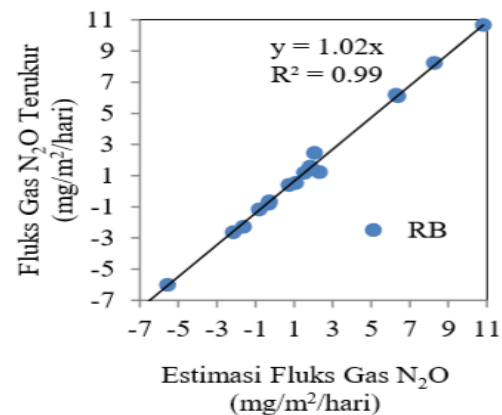
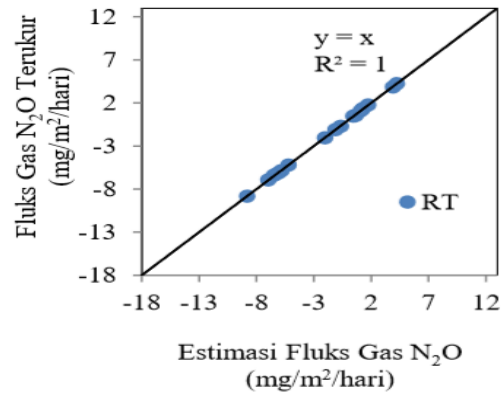
Pada kondisi demikian gas N<sub>2</sub>O banyak terbentuk dan terlepas ke udara. Saat fase menjelang panen, penyerapan hara dari tanah terutama N dan K oleh akar tanaman semakin berkurang, sehingga kelebihan hara N dalam tanah, bila masih ada, akan mengalami proses denitrifikasi yang menghasilkan gas N<sub>2</sub>O.

Untuk RK mengalami penurunan karena tanaman telah mampu memanfaatkan hara N dari pupuk secara optimal. Sehingga pada fase pematangan ini terjadi penurunan fluks gas N<sub>2</sub>O. Total fluks gas N<sub>2</sub>O yang dihasilkan dalam penelitian ini jika dirata-ratakan sebesar 4.17 mg/m<sup>2</sup>/musim. Setelah dikonversi menjadi Gg/ha/tahun dengan luas lahan sawah se-Indonesia sebesar 8,112,103 ha (BPS 2016) didapatkan nilai 3.39 x 10<sup>-5</sup> Gg/ha/tahun. Adibroto (2011) menjelaskan hasil total fluks gas N<sub>2</sub>O Indonesia pada tahun 2000 untuk pertanian didapatkan total fluks sebesar 72 Gg/ha/tahun. Berdasarkan data tersebut, jika dibandingkan dengan data penelitian ini total fluks gas N<sub>2</sub>O masih sangat kecil.

**Prediksi Fluks Gas N<sub>2</sub>O dengan Model JST**

Prediksi dengan model jaringan syaraf tiruan (JST) dilakukan dengan memasukkan data input berupa potensial redoks, suhu tanah, kelembaban tanah, pH tanah, daya hantar listrik dan tinggi muka air. Data tersebut dimasukkan sebagai data training. Data training tersebut dibagi menjadi 3 dari total data 54 yaitu 18 data untuk rezim air tergenang, 18 data untuk rezim air basah, dan 18 data berikutnya digunakan untuk rezim air kering.

Selanjutnya untuk data training tersebut dilakukan pendugaan emisi permasing-masing rezim. Hubungan antara fluks gas N<sub>2</sub>O terukur dengan hasil estimasi model JST disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan antara fluks gas N<sub>2</sub>O terukur dengan hasil estimasi model JST

Berdasarkan Gambar 5, pada model JST dilakukan proses pembelajaran terhadap 36 data dari seluruh rezim, baik rezim air tergenang, rezim air basah dan rezim air kering. Pengulangan (iteration) yang dilakukan sebanyak 100000 pengulangan. Proses pembelajaran dilakukan dengan 6 nilai

hidden layer. Nilai pembobot yang dihasilkan dengan 6 hidden layer ini merupakan konstanta yang menjadi representasi dari persamaan matematika yang menjelaskan hubungan antara enam parameter input lingkungan mikro dengan fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$ . Untuk dapat meningkatkan kemampuan belajar dari jaringan, maka data pembobot tersebut dapat dipergunakan sebagai acuan untuk memperbaiki pengalaman JST dengan melakukan validasi terhadap data-data baru. Prediksi fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  dengan menggunakan model JST dapat menunjukkan hasil yang akurat. Hasil ini juga dibuktikan dengan nilai  $R^2$  yang besar ( $> 0.99$ ) mengindikasikan hubungan fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  dengan hasil estimasi linier. Hal ini semakin menguatkan bahwa model JST dapat digunakan untuk memprediksi fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  dari lahan sawah.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa simpulan, yaitu (1) Penurunan parameter lingkungan seperti potensial redoks, kelembaban tanah, dan tinggi muka air akan menyebabkan fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  meningkat, sebaliknya parameter pH tanah, suhu tanah, dan daya hantar listrik tanah akan menyebabkan fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  menurun. Rezim air tergenang (RT) merupakan metode penanaman yang cocok diterapkan karena menghasilkan total fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  yang paling kecil. (2) Pengembangan model jaringan syaraf tiruan (JST) dapat digunakan untuk memprediksi fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$  dari budidaya padi sawah dengan RT, RB, dan RK. Adapun parameter lingkungan mikro yang digunakan sebagai data input berasal dari sensor yaitu potensial redoks tanah, suhu tanah, kelembaban tanah, daya hantar listrik tanah dan pengukuran yaitu pH tanah dan tinggi muka air. (3) Hasil validasi model jaringan syaraf tiruan menunjukkan keakuratan melalui nilai  $R^2$  setiap rezim air. Dengan

demikian model jaringan syaraf tiruan dapat diterima dan digunakan untuk memprediksi fluks gas  $\text{N}_2\text{O}$ .

### DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto TA. 2011. *Iptek Untuk Adaptasi Perubahan Iklim: Kajian Kebutuhan Tema Riset Prioritas*. Jakarta (ID): Dewan Riset Nasional.
- Arif C. 2013. *Optimizing water management in system of rice intensification paddy fields by field monitoring technology* [tesis].Tokyo (JP): The University of Tokyo.
- Arif C, Masaru M, Setiawan BI, Ryoici D. 2013. *Optimizing Water Management of System of Rice Intensification for Climate Change Adaptation Strategy Based on Field Monitored Data*. GRENE 2nd workshop, 4-6 March 2013, Baguio, Philippine.
- Arif C, Setiawan BI, Widodo S, Rudiyanto, Hasanah NAI, Mizoguchi M. 2015. *Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menduga Emisi Gas Rumah Kaca Dari Lahan Sawah Dengan Berbagai Rejim Air*. *Jurnal Irigasi*. Vol 10(1):1-10.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. *Luas Lahan Sawah Menurut Provinsi (ha) tahun 2013 di Indonesia* [Internet] [diunduh 2016 Sep 19]. Tersedia pada <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/895>
- Gardini F, Antisari LV, Guerzoni ME, Sequel P. 1991. *A simple gas chromatographic approach to evaluate  $\text{CO}_2$  release,  $\text{N}_2\text{O}$  evolution, and  $\text{O}_2$  uptake from soil*. *Biology Fertil Soils* 12(1):1-4.
- [IAEA] International Atomic Energy Agency. 1993. *Manual on Measurement of Methane and*



- Nitrous Oxide Emission from Agriculture*. Vienna (AUT):IAEA.
- Makarim AK, Suhartatik E. 2009. Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi. *Jurnal Balai Besar Penelitian Tanaman Padi* 295-330
- Mayumdar D, Kumar S, Kumar U. 2000. Reducing nitrous oxide emission from an irrigated rice field of North India with nitrification inhibitors. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 81(3):163-169.
- Minami K, Oshawa A. 1990. Emission of Nitrous Oxide Dissolved in Drainage Water. *Soil and the Greenhouse Effect* 503-509.
- Mosier AR, Duxbury JM, Freney JR, Heinemeyer O, Minami K. 1996. Nitrous oxide emissions from agricultural fields; Assessment. Measurement and mitigation. *Plant Soil*: 95-108.
- Myrold DD. 1999. *Transformation of Nitrogen. Principles and Application of Soil Microbiology*(Sylvia DM, Jeffry JF, Peter GH, David AZ, editor) New Jersey. Prentice hall. p 259-294.
- Nishimura S, Sawamoto T, Akiyama H, Sudo S, Yagi K. 2004. Methane and nitrous oxide emissions from a paddy field with Japanese conventional water management and fertilizer application. *Global Biogeochemical Cycles* 18:1-10. doi:10.1029/2003GB002207.
- Pathak H. 1999. Emission of nitrous oxide from soil. *Current Science* 77(3) 359- 369.
- Patrick WM, Reddy CN. 1978. Chemical changes in rice soils. *Journal of IRRI Soil and Rice* 361-379.
- Rajkishore SK, Doraisamy P, Subramanian KS, Maheswari M. 2013. Methane emission patterns and their associated soil microflora with SRI and conventional systems of rice cultivation in Tamil Nadu, India. *Journal of Taiwan Water Conservancy* 61:126-134.
- Raju SK, Kumar DN, Duck L. 2006. Artificial neural networks and multicriterion analysis for sustainable irrigation planning. *Computer and Operation Research* 33:1138-1153.
- Rao NSS. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Jakarta (ID): UI-Press.
- Sandra, Suroso, Hadi KP, Usman A, Budiastira IW. 2005. Pendugaan Tingkat Ketuaan Manggis secara Non-Destruktif berbasis Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Institut Pertanian Malang Agritek*. 13(2):189-197.
- Setiawan BI, Irmansyah A, Arif C, Watanabe T, Mizoguchi M, Kato H. 2013. Effect of Groundwater Level on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O Emissions under SRI Paddy Management in Indonesia. *Journal of Taiwan Water Conservancy* 61:135- 146.
- Setyanto, Prihasto. 2004. *Mitigasi gas metan dari lahan sawah, Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya*. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Shrestha RK, Ladha JK. 1998. Nitrogen dynamics in intensive rainfed lowland rice based cropping systems and strategies to improve efficiency. *Rainfed Lowland Rice* 95-108.
- Siang JJ. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta (ID): Andi Offset.
- Snyder CS, Bruulsema TW, Jensen TL. 2007. Best Management Practices to Minimize Greenhouse Gas Emissions Associated with Fertilizer Use. *Better crops* 19:16-18.
- Subrata, Made ID, Suroso, Dwinanto. 2001. Penerapan Teknologi *Image Processing* dan *Artificial Neural Network* untuk menduga ketersediaan air dan nutrisi pada pertumbuhan tanaman cabai merah.

- Buletin Keteknikan Pertanian*. 15(2):80-88.
- Sujono J. 2011. Koefisien Tanaman Padi Sawah pada Sistem Irigasi Hemat Air. *Jurnal Agritech*. 31 (4):344-351.
- Suprayogi, Slamet, Setiawan BI, Suroso. 2004. Estimasi Evapotranspirasi Potensial menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Majalah Geografi Indonesia*. Vol 18(1):31-42.
- Suprihati .2007. Populasi Mikroba dan Fluks Metana (CH<sub>4</sub>) serta Nitrous Oksida (N<sub>2</sub>O) pada Tanah Sawah : Pengaruh Pengelolaan Air, Bahan Organik dan Pupuk Nitrogen. [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suroso, Fadlilah M. 2003. Evaluasi Mutu Ketimun Jepang (*Cucumis sativus L.*) Berdasarkan Bentuk dengan Perceptron. *Buletin Keteknikan Pertanian*. 17(2):14-21.
- Tamrin KB, Suhardiyanto H, Hardjoamidjodjo S. 2005. Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pertumbuhan Tanaman Ketimun Mini (*Cucumis sativus L. Var. Maria*) pada Fase Vegetatif. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 19 (1):1-10.
- Tyagi L, Kumari B, Singh SN. 2010. Water management – A tool for methane mitigation from irrigation paddy fields. *Sci Total Environ* 408:1085-1090.
- Wihardjaka A. 2007 . Pengelolaan Lahan Sawah Tadah Hujan Dalam Menekan Emisi Gas Nitro-Oksida. *Jurnal Sumber Daya Lahan* 1(3):1-9.
- Wrage N, Veltho GL, Van Beusichem ML, Oenema O. 2001. Role of nitrifier in the production of nitrous oxide. *Soil Biology and Biochemistry* 33:1723- 1733.