

**MODEL GERAKAN NITROGEN PADA BUDIDAYA PADI (*Oryza sativa*)  
DENGAN METODE *SYSTEM OF RICE INTENSIFICATION* (SRI)**

*Model of Nitrogen Distribution in Rice (*Oryza sativa*) Cultivation  
using System of Rice Intensification (SRI) Method*

**Andra Tersiana Wati<sup>1</sup>, Kurnia Subekti<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FIH, UNU Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Pertanian, FTP UGM

Email<sup>\*</sup>): [andratersiana@unu-jogja.ac.id](mailto:andratersiana@unu-jogja.ac.id)

Diterima: Agustus 2018  
Disetujui: September 2018

**ABSTRACT**

*Nitrogen is an essential macro nutrient for the plant growth. Fertilization is one of the method to added nitrogen for plant nutrition. Therefore, an efficient fertilization is important on rice cultivation. This study aimed to describe nitrogen distribution and availability in root zone of rice plant on System of Rice Intensification (SRI). This study was conducted in the greenhouse of Biophysics Laboratory, Faculty of Agricultural Technology, UGM. Silt loam soil was used for plant media and rice variety (IR-64) was planted on the experimental pot with size of 30 x 30 cm<sup>2</sup> and 40 cm height. Experiments were conducted using two irrigation methods (conventional and the System of Rice Intensification (SRI)) and two fertilization methods (organic and chemical fertilizer combined with manure). Movement of nitrate was observed based on its movement in the root zone. Mathematical modelling was applied to analyze nitrate movement through nitrate concentration prediction. The results of this study showed that concentration and distribution of nitrate in the different root zone (5 cm and 15 cm) was not significantly different. Fertilization combination of 15 cm depth resulted that nitrate availability pattern between flooded irrigation and water efficient irrigation system showed a coincide pattern. The prediction of nitrate concentration showed a tendency that was similar to the observed nitrate concentration.*

**Keywords:** *nitrate distribution, water efficient irrigation, organic fertilizer, system of rice intensification (SRI)*

**ABSTRAK**

Nitrogen merupakan unsur hara makro yang esensial bagi pertumbuhan tanaman. Salah satu upaya penambahan nitrogen bagi tanaman adalah melalui pemupukan. Oleh karena itu, metode efisiensi pemupukan sangat penting dalam budidaya padi. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan model gerakan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dalam zona perakaran tanaman

padi sistem SRI (*System of Rice Intensification*). Penelitian dilakukan di *screen house* Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Tanah bertekstur *silty loam* digunakan untuk media tanaman dan varietas IR-64 ditanam pada pot percobaan berdiameter 30 cm dan tinggi 40 cm. Eksperimen dilakukan dengan dua cara metode irigasi (irigasi konvensional dan *System of Rice Intensification* (SRI)) dan dua cara pemupukan (pupuk organik dan kimia yang dikombinasikan dengan pupuk kandang). Gerakan  $\text{NO}_3^-$  diamati berdasarkan pergerakan di zona perakaran. Analisis gerakan  $\text{NO}_3^-$  dilakukan dengan menggunakan model matematika melalui prediksi konsentrasi nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dua perlakuan irigasi pada kedalaman 5 cm dan 15 cm tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Pada perlakuan dengan pemupukan kombinasi kedalaman 15 cm pola ketersediaan nitrat antara irigasi tergenang dan *macak-macak* menunjukkan pola yang berimpit. Konsentrasi nitrat hasil prediksi menunjukkan kecenderungan mirip dengan konsentrasi nitrat pengamatan.

**Kata kunci:** distribusi nitrat, efisiensi irigasi, pupuk organik, *system of rice intensification* (SRI)

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Nitrogen bersama dengan karbon dan oksigen merupakan elemen yang kompleks bagi kehidupan. Nitrogen juga salah satu unsur paling penting sebagai sumber pertumbuhan bagi tanaman. Sebagai bahan tambahan untuk tanaman pangan organik dan anorganik, pupuk N telah lama dikenal sebagai kunci untuk meningkatkan hasil panen dan produksi (Sinclair dan De Wit, 1975). Nitrogen merupakan faktor pembatas dalam produksi tanaman pangan. Ketersediaan nitrogen dalam tanah sering terbatas karena beberapa proses intervensi alam dan manusia seperti erosi, limpasan, pencucian, dan kehilangan dalam bentuk gas. Memenuhi kebutuhan N melalui pupuk adalah salah satu metode yang dipilih, namun kurang efektif dan efisien karena metode yang tidak tepat, waktu, dan jumlah.

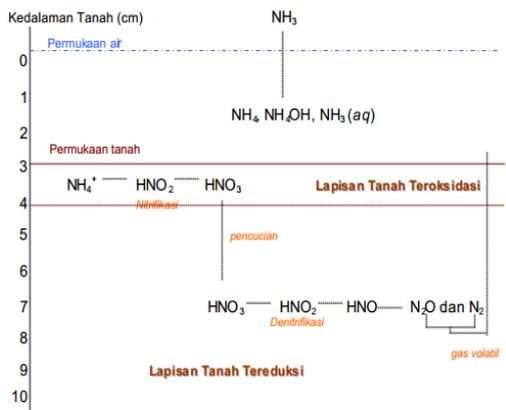
Transportasi dan distribusi nitrogen dalam tanah tak jenuh berbeda secara signifikan dengan tanah jenuh dan tergenang. Pada tanah tergenang, umumnya memiliki tiga zona berbeda yang ditetapkan oleh potensi redoks dari sistem. Profil tanah dibagi menjadi 3 zona (Torstensson, 1998), dan reaksi

transformasi dan distribusi nitrogen yang terjadi di masing-masing zona redoks dari sistem tanah tergenang yang ideal adalah sebagai berikut:

- i. Lapisan tergenang dengan ketebalan sekitar 50-70 mm dimana proses transformasi N dominan adalah hidrolisis urea, nitrifikasi, mineralisasi dan penguapan amonia
- ii. Lapisan oksidasi dengan ketebalan sekitar 0-10 mm di bawah permukaan tanah, dan sering disebut sebagai lapisan aerobik. Dalam lapisan ini, amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) akan diubah menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) sebagai akibat dari proses oksidasi. Serapan oleh tanaman sebagian besar terjadi dalam lapisan ini.
- iii. Lapisan reduksi di zona perakaran dimana proses yang dominan adalah mineralisasi, denitrifikasi, imobilisasi dan proses pencucian.

Meskipun beberapa proses nitrifikasi berlangsung di lapisan oksidasi (Gambar 1), hal ini diabaikan dalam studi transport nitrogen dan transformasi karena ketebalan yang relatif kecil. Dalam setiap lapisan, sifat tanah, kadar air, dan konsentrasi nitrat dianggap homogen. Ketebalan total zona akar sekitar 30 cm dalam kondisi irigasi tergenang. N yang tersedia untuk penyerapan tanaman dan

pencucian pada zona akar tergantung pada transformasi N yang berbeda dalam sistem tanah-air-tanaman-atmosfer.



**Gambar 1.** Skema lapisan oksidasi reduksi (Sumber: Mikkelsen, 1987)

Proses perkolasi yang merupakan gerakan massa air secara vertikal, membawa elemen terlarut, termasuk nitrogen, dari lapisan atas ke lapisan bawah yang merupakan anaerobik, dan dikenal sebagai proses pencucian. Pada lapisan ini,  $\text{NO}_3^-$  akan diubah melalui denitrifikasi dan membentuk gas  $\text{N}_2$  yang menguap ke atmosfer. Sementara itu, di bawah lapisan anaerobik adalah akumulasi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang beberapa bergerak ke lapisan bawah ketika proses perkolasi berlangsung. Lapisan semi-impermeable yang biasanya terjadi di sistem padi sawah dikenal sebagai *hard pan* dapat mencegah atau meminimalkan proses perkolasi, oleh karena itu dapat menghambat transportasi nitrogen.

Kehilangan nitrogen terbesar di sistem tanah sawah berkisar 20%-45% terjadi melalui proses penguapan dan denitrifikasi (Kyuma, 2004). Akibatnya, sebagian besar sawah beririgasi dan tergenang akan mengalami kekurangan nitrogen, sehingga untuk menjaga ketersediaannya harus dilakukan dengan penambahan pupuk nitrogen. Dengan demikian, secara teori kebutuhan pupuk N untuk padi sawah beririgasi dan tergenang cenderung lebih tinggi baik jumlah dan

frekuensi, dibandingkan dengan lahan yang tidak beririgasi.

Akhir-akhir ini, sebuah metode irigasi hemat air dengan meminimalkan air tergenang (genangan minimum) pada sawah dan pemberian air secara intermiten telah dikenalkan dan dikembangkan di beberapa daerah irigasi dan telah diadopsi oleh banyak petani di Asia Timur dan Tenggara, termasuk Indonesia. Metode irigasi hemat air yang dikombinasikan dengan pupuk organik dan metode penanaman dikenal dengan SRI (*System of Rice Intensification*).

### Tujuan

Transport dan distribusi nitrogen di lahan sawah beririgasi dengan metode SRI ini berbeda jika dibandingkan dengan metode irigasi konvensional, dan belum banyak diteliti oleh para peneliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fenomena transportasi, distribusi dan ketersediaan nitrogen dalam tanah sawah metode SRI. Analisis difokuskan pada gerakan nitrogen, distribusi dan ketersediaan di zona perakaran padi sawah.

### METODE PENELITIAN

#### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu *ring soil sampler* untuk mengambil sampel tanah tak terusik, sekop untuk menganbil sampel tanah terusik, pot berdiameter 30 cm, seperangkat alat injeksi untuk mengambil sample N terlarut pada berbagai kedalaman tanah, serta *Horiba  $\text{NO}_3^-$  tester* untuk mengukur kadar N.

Bahan yang digunakan yaitu tanah sawah, pupuk kompos, pupuk NPK, dan bibit tanaman padi jenis IR-64. Sampel tanah sawah diambil di Kecamatan Sewon, Bantul, Yogyakarta dengan asumsi bahwa kondisi tanah tersebut mewakili kondisi pada tanah sawah.

**Metode**

Sebuah studi eksperimental dilakukan di *screenhouse* (3 x 2,5 x 2,8 m) Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Temperatur udara rata-rata dalam *screenhouse* 32°C dengan kelembaban 67,9% pada siang hari. Penelitian ini menggunakan model fisik dengan rancangan acak lengkap (*randomize complete design*). Tanah yang digunakan untuk percobaan bertekstur lempung berdebu berasal dari sawah di Sewon, Bantul.

Dua perlakuan irigasi diberikan, yaitu irigasi tergenang dan SRI serta pemupukan yang berbeda, yaitu pupuk kandang, pupuk kimia dan kombinasi keduanya. Jumlah dan interval pemberian pupuk diberikan sesuai rekomendasi Peraturan Menteri Pertanian nomor 40/Permentan/OT.140/4/2007.

Pengambilan sampel tanah dilakukan 2 hari sekali pada 2 variasi kedalaman tanah, yaitu 0-5 cm dan 10-15 cm menggunakan seperangkat alat injeksi untuk kemudian diukur dengan *Horiba NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tester*.

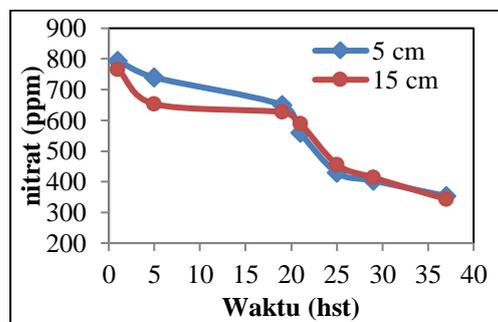
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Dinamika ketersediaan nitrat dalam tanah**

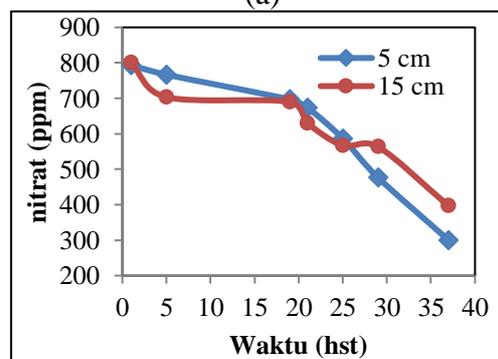
Berdasarkan Gambar 2, pada kedalaman 5 cm dan 15 cm, konsentrasi nitrat lebih banyak pada perlakuan irigasi *macak-macak* dibanding perlakuan dengan irigasi tergenang. Hal ini disebabkan karena pada kondisi *macak-macak* tersedia banyak oksigen sehingga aktivitas bakteri nitrosomonas yang akan mengoksidasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> menjadi NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Pada awal pengamatan, konsentrasi nitrat turun, baik untuk perlakuan irigasi tergenang maupun irigasi *macak-macak* pada dua kedalaman yang berbeda.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penambahan pupuk dengan cara menabur diatas bidang olah tanah kurang efektif untuk meningkatkan ketersediaan

nitrat dalam zona perakaran tanaman. Hasibuan (2008) menjelaskan bahwa bila pupuk N disebarakan pada permukaan tanah, sebagian besar N yang telah diberikan itu akan mengalami oksidasi dan akan hilang tercuci dalam bentuk nitrat maupun hilang dalam bentuk gas.



(a)



(b)

**Gambar 2.** Dinamika nitrat tersedia terhadap waktu (hst) pada pemupukan 50% organik (a) P211 (b)P212

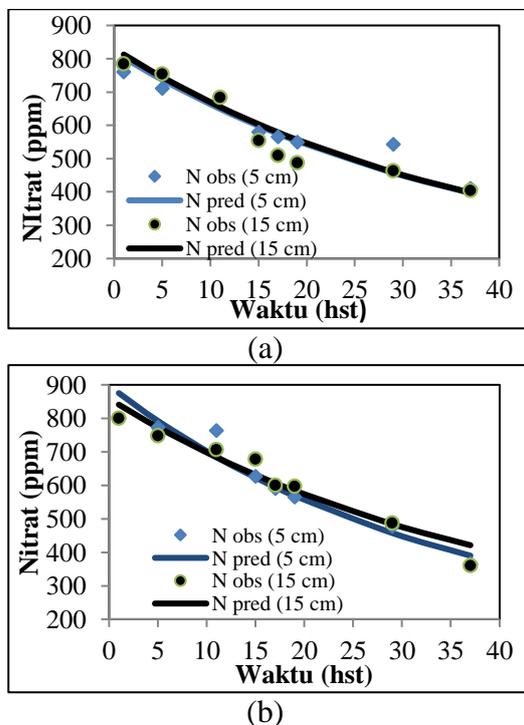
**Prediksi konsentrasi nitrat**

Pola konsentrasi nitrat diprediksi dengan model matematika untuk transport dan distribusi nitrat yang dikembangkan Crank (1956) pada persamaan (1). Parameter yang digunakan adalah konsentrasi awal, kedalaman tanah, dan waktu. Hasilnya tersaji pada Gambar 3.

$$N(x, t) = N_0 - N_e \frac{2\alpha \cos\left[\frac{\beta n x}{a}\right]}{(\beta n^2 + \alpha^2 + \alpha) \cos \beta n} \exp\left(-\frac{\beta n^2 D t}{a^2}\right) + N_e \dots (1)$$

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi nitrat prediksi memiliki pola yang sama dengan konsentrasi nitrat observasi pada semua perlakuan. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa model ini dapat digunakan untuk memprediksi konsentrasi nitrat, tetapi perlu ditambahkan beberapa parameter lain sehingga hasil prediksi mendekati pengamatan di lapangan. Dengan interval pengamatan yang relatif dekat, konsentrasi nitrat yang terukur sebagai indikator ketersediaan  $\text{NO}_3^-$  dalam tanah kurang dapat mewakili kondisi yang ada dalam zona perakaran tanaman padi. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara metode irigasi tergenang dan *macak-macak*, karena keduanya diamati dalam kondisi aliran yang diabaikan.

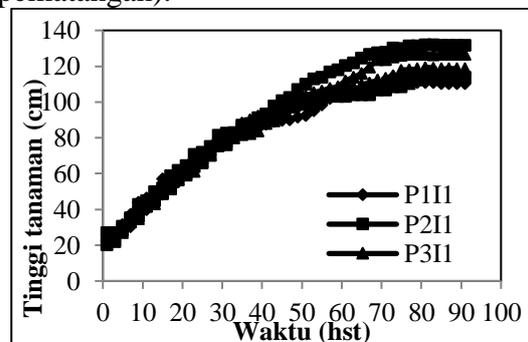


**Gambar 3.** Kandungan nitrat observasi dan prediksi pada perlakuan irigasi tergenang (a) dan *macak-macak* (b) pada pemupukan 100% anorganik.

### Model Pertumbuhan tanaman padi

Nitrogen berperan dalam memicu pertumbuhan vegetatif tanaman seperti tinggi tanaman dan jumlah anakan. Selain itu, nitrogen juga diperlukan dalam membentuk molekul organik yang penting dalam tubuh tanaman seperti asam amino, enzim, asam nukleat, dan klorofil (Rohmat, 2007). Hasil pengamatan

terhadap tinggi tanaman tersaji pada Gambar 4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa perlakuan irigasi dan pemupukan sangat mempengaruhi tinggi tanaman padi. Nitrogen umumnya diserap tanaman dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  atau  $\text{NO}_3^-$  tergantung dari keadaan tanah, macam tanaman dan stadia tumbuh. (Hakim, 1986). Berdasarkan teori De Datta (1981) pada umur 0-45 pertumbuhan tanaman berjalan pesat karena berada pada fase vegetatif. Kemudian memasuki umur 46-80 hst pertambahan tinggi tanaman berjalan lambat karena berada pada fase reproduktif dan setelah umur 80-110 hst tinggi tanaman sudah konstan (fase pematangan).

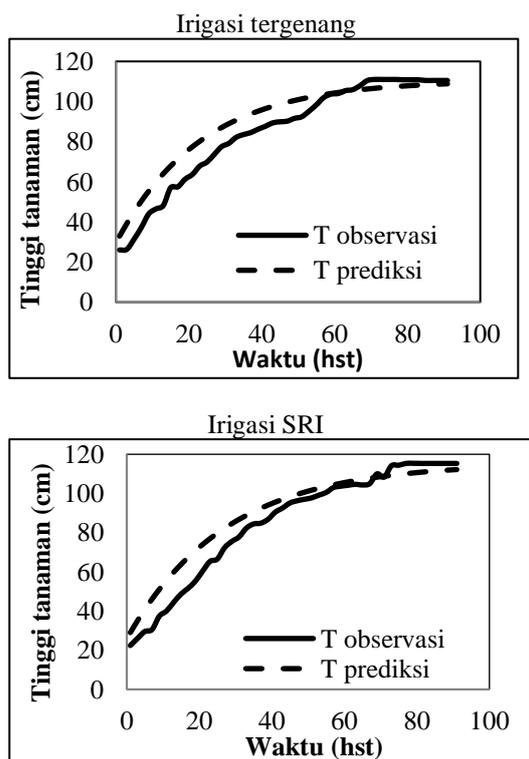


**Gambar 4.** Grafik perkembangan tinggi tanaman (cm) vs waktu (hst)

Perkembangan tinggi tanaman padi pada perlakuan P2I1 (50% pupuk organik, irigasi tergenang) menunjukkan paling tinggi, sedangkan yang terendah terjadi pada perlakuan P1I2 (100% pupuk organik, SRI). Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa perlakuan tanaman dengan irigasi tergenang (P1I1, P2I1 dan P3I1) rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan metode SRI.

Dalam penelitian ini, parameter pertumbuhan tanaman yang diamati mencakup tinggi dan jumlah anakan. Prediksi tinggi menggunakan model monomolekuler. Pada Gambar 5 terlihat garis pertumbuhan observasi dan garis prediksinya saling berhimpit. Pada padi irigasi tergenang, tinggi akhir tanaman ( $T_f$ ) hasil observasi diperoleh sebesar 110,5 cm dan untuk prediksinya diperoleh

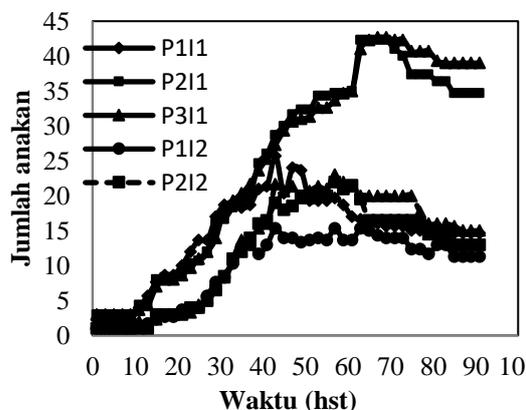
sebesar 108,84 cm. Sedangkan, pada irigasi SRI, hasil observasi sebesar 115,33 cm selisih 3,12 cm dari hasil prediksinya yaitu 112,21 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini dapat digunakan untuk memprediksi tinggi tanaman padi. Dari uji statistik menggunakan T-test, kesimpulan yang dapat diambil bahwa perbedaan tinggi tanaman observasi dengan prediksinya tidak berbeda secara nyata.



**Gambar 5.** Grafik pertambahan tinggi tanaman (cm) vs waktu (hst) pada pemupukan organik (100% organik)

Menurut Murata dan Matsushima (1978), kadar nitrogen tanaman diatas 3,5% sudah cukup untuk merangsang pembentukan anakan, sedangkan pada kadar 2,5% pembentukan anakan akan terhenti, dan bila N tanaman kurang dari 1,5% anakan-anakan akan mati. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah anakan tanaman dipengaruhi oleh sistem irigasi dan variasi pupuk yang digunakan. Perkembangan anakan tanaman padi pada berbagai perlakuan menunjukkan perlakuan tanaman padi dengan 100%

pupuk anorganik (P3I1) paling tinggi, jumlah anakan terendah pada 100% organik, irigasi SRI (P1I2). Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa perlakuan tanaman dengan irigasi tergenang rata-rata menghasilkan jumlah anakan lebih banyak dibandingkan dengan cara irigasi SRI. Hal ini tidak sesuai dengan teori De laulaine (1992), SRI dikembangkan dengan mengubah pengelolaan tanaman, air, serta unsur hara untuk mencapai produksi yang tinggi salah satunya melalui peningkatan jumlah anakan produktif. Hasil data ditampilkan melalui Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik perkembangan anakan tanaman (cm) vs waktu (hst)

Hasil analisa dari data perkembangan jumlah anakan padi dilakukan dengan uji ANOVA (*Analysis of Variance*). Kesimpulan yang diperoleh adalah variasi pupuk dan irigasi mempengaruhi perkembangan anakan tanaman padi. Hasil akhir pertumbuhan didapatkan, pemberian pupuk 100% anorganik menghasilkan jumlah anakan terbanyak pada kondisi tanah *silt loam*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Model sebaran nitrat pada budidaya padi metode SRI pada pengamatan hari ke-5 adalah 727 ppm pada kedalaman 5 cm dan 707 pada kedalaman 15 cm untuk pemupukan organik 100%. Pada pemupukan

organik 50% konsentrasi nitrat 767 ppm pada kedalaman 5 cm dan 703 ppm pada kedalaman 15 cm, serta 773 ppm pada kedalaman 5 cm dan 747 ppm pada kedalaman 15 cm untuk pemupukan 100% anorganik.

2. Penambahan pupuk dengan cara menabur diatas bidang olah tanah kurang efektif untuk meningkatkan ketersediaan nitrat dalam zona perakaran tanaman.
3. Hasil prediksi nitrat menjelaskan bahwa pola distribusi N pada kedalaman profil tanah akan semakin berkurang seiring waktu
4. Perlakuan dengan pupuk kombinasi dengan irigasi *macak-macak* memberi kondisi yang optimal pada pertumbuhan padi (akar, anakan dan tinggi tanaman) pada kondisi tanah *silt loam*.

#### Saran

1. Diperlukan penelitian lanjutan dalam kaitannya dengan dampak agroekologi.
2. Modifikasi beberapa parameter diperlukan untuk meningkatkan sensitivitas model.

#### DAFTAR REFERENSI

- Crank, J. 1956. The Mathematics of Diffusion. Clarendon Press: Oxford.
- De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. A Wiley-Interscience Publication. New York: John Wiley & Sons. 618 p.
- De Laulaine, H. 1992. Technical Presentation of The System Of Rice Intensification, Based On Katayama's Tillering Models, Association Tefy Saina
- Departemen Pertanian. 2007. Peraturan Menteri Pertanian nomor 40/Permentan/ot.140/2007 tanggal 11 April 2007 tentang Rekomendasi Pemupukan N, P, dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi.
- Hakim, Nurhajati 1986. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung, Lampung.
- Hasibuan, B. E. 2008. Pupuk dan Pemupukan. Fakultas Pertanian. USU. Medan.
- Kyuma, K. 2004. Paddy Soil Science. Kyoto University Press and Trans Pacific Press.
- Mikkelsen, D.S. 1987. Nitrogen budgets in flooded soils used for rice on N availability and uptake under successive rice (*Oryza sativa* productions. Plant Soil 100:71-97.
- Murata, Y. dan S. Matsushima. 1978. Rice. Dalam Evans, L.T. (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Rohmat, Dede. 2007. Kajian Aspek Pemberian Air dan Mekanisme Penyediaan Hara pada Budidaya Tanaman Padi-Pola SRI. Bandung. UPI.
- Sinclair, T.R. and C.T. de Wit, 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. Science (Washington, D.C.), 189: 565-567.
- Torstensson, Gunnar. 1998. Nitrogen availability for crop uptake and leaching. Tesis. Sveriges lantbruksuniversitet. Swedia. (<http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/agraria/AGR098/AGR098.HTM>)