

Model Dinamik sebagai Upaya Pencapaian Sinkronisasi Nitrogen pada Budidaya Selada dengan Pupuk Hijau Paitan

Yuni Agung Nugroho dan Elik Murni Ningtyas Ningsih¹

Makalah diterima 15 Desember 2008 / disetujui 23 Maret 2009

ABSTRACT

Dynamic Model as Attainment Effort of Nitrogen Synchronization at Lettuce Cultivation with Green Manure Paitan (Y.A. Nugroho and E.M.N. Ningsih): Lettuce (*Lactuca sativa*) is vegetable crop that consumed part of the leaf and harvested at a phase of vegetative. Nitrogen play important role in growth at phase of vegetative. Nitrogen in spacious have the character of easy to lose because of leaching. Increasing yield of lettuce can be done by improving Nitrogen synchronization, that is precisely usage moment with ready moment of N during and amount of its. The research was aimed to study of the pattern nitrogen requirement for lettuce crop, ready pattern of nitrogen by *Tithonia diversifolia* and design nitrogen synchronization model between lettuce crop with green manure of *T. diversifolia*. The research were divided in two phases that are phase research 1: Dynamic modeling for nitrogen synchronization on lettuce cultivation by green manure of *T. diversifolia*, and phase research 2: Fertilizer technology of high nitrogen synchronization on lettuce cultivation by green manure of *T. diversifolia*. The result of phase research 1 (first year research) shows that dynamic model of N requirement by lettuce crop, release and availability model of N by *T. diversifolia* and synchronization model of N between requirement of N lettuce with release and availability of N by *T. diversifolia*. The dynamic model indicate that giving 10 t ha⁻¹ of *T. diversifolia* which given 2 weeks before transplanting at lettuce crop can support high result and growth because happened good synchronization of N.

Keywords: Model, dynamic, synchronization, nitrogen, *Thitonia*

PENDAHULUAN

Selada merupakan sayuran yang dipanen pada masa vegetatif, sehingga kebutuhan unsur nitrogen harus terpenuhi, agar mendapat hasil yang baik. Sarief (1986), menjelaskan bahwa nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman, kekurangan nitrogen akan menyebabkan hambatan pertumbuhan tanaman yang berakibat pada rendahnya hasil tanaman.

Pembatas dalam pemupukan organik adalah ketersediaan pupuk organik pada sentra-sentra produksi tanaman sayur, sehingga perlu dilakukan penambahan bahan organik dalam bentuk lain yang didukung oleh potensi bahan organik tersebut di daerah. Pemanfaatan sisa tanaman potensial asli daerah sebagai pupuk hijau merupakan salah satu alternatif untuk mensuplai bahan organik tanah dan

unsur hara N. Pratikno (2001) melaporkan bahwa Paitan (*Tithonia diversifolia*) merupakan salah satu pupuk hijau potensial sebagai sumber N dan P di daerah Malang dan sekitarnya dan sangat berpotensi juga untuk tanaman padi sawah di Sumatera Barat (Gusnidar dan Prasetyo, 2008) dan jagung di Kenya (Rutunga *et al.*, 2008).

Pemanfaatan sisa tanaman potensial asli daerah sebagai pupuk hijau merupakan salah satu alternatif untuk mensuplai unsur hara, namun seringkali tidak tepat karena tidak cocok antara saat dan jumlah kebutuhan oleh tanaman selada dengan saat dan jumlah pelepasan hara oleh pupuk hijau. Hal ini selanjutnya disebut sebagai sinkronisasi rendah.

Untuk itu perlu pendiskripsian pola pelepasan unsur hara nitrogen dari biomasa *Tithonia* dan pola kebutuhan unsur hara nitrogen oleh tanaman selada, sehingga dapat disusun modelling sinkronisasi

¹Fakultas Pertanian Universitas Widyagama Malang, Jl. Taman Borobudur Indah No. 3. Malang
Telp (0341) 492282 pswt 323. e-mail: agunguwg@yahoo.com

Nitrogen. Simulasi pada model sinkronisasi dilakukan untuk mendapatkan pemanfaatan pupuk hijau yang optimal untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman selada.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2006 sampai dengan bulan September 2006 di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Widyagama Malang dengan jenis tanah andisol, Laboratorium Biologi, dan komputer di Universitas Widyagama Malang. Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap yaitu :

Percobaan 1. Kajian Dinamika N Dalam Tanah pada Pemberian Pupuk Hijau Paitan (*T. diversifolia*)

Percobaan ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan perlakuan pemupukan N dan setiap perlakuan diulang 7 kali, adapun perlakuan tersebut adalah: (A) Tanpa pemberian pupuk hijau paitan, (B) Pupuk hijau *Tithonia* 10 t ha⁻¹, dan (C) Pupuk hijau *Tithonia* 20 t ha⁻¹.

Bahan pangkasan paitan (*T. diversifolia*) (sesuai perlakuan 100 mg dan 200 mg) dicampur dengan 10 g tanah dan ditempatkan dalam 50 ml botol plastik. Tanah yang digunakan Andisol (lapisan atas 0-15 cm), kering udara, lolos ayakan 2 mm dari kebun percobaan Kampus IV Fakultas Pertanian Universitas Widyagama Malang. Kandungan air tanah dipertahankan pada 70% kapasitas menahan air dan botol-botol plastik ditempatkan pada ruangan gelap dengan suhu 27 °C. Setelah 1, 2, 4, 8, dan 14 minggu, tanah diekstraksi dengan 2 M KCl. Nitrogen mineral dalam ekstrak ditetapkan dengan metode distilasi Kjeldahl (Keeney dan Nelson, 1982). Hasil distilasi kemudian dikeringkan dan kandungan N ditetapkan dengan metode di atas.

Hasil percobaan 1 yang diharapkan adalah: (1) Kecepatan mineralisasi N pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*), (2) Pola pelepasan dan penyediaan N oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*), dan (3) Model dinamik N dalam tanah akibat pemupukan N dengan tanaman paitan (*T. diversifolia*).

Percobaan 2. Kajian Pola Kebutuhan N Tanaman Selada

Percobaan ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan perlakuan pemupukan

N dan setiap perlakuan diulang 5 kali, adapun perlakuan tersebut adalah: (A) Tanpa dipupuk N, (B) Pupuk Urea 200 kg ha⁻¹, (C) Pupuk Hijau *Tithonia* 10 t ha⁻¹, dan (D) Pupuk Hijau *Tithonia* 20 t ha⁻¹.

Pengamatan dilakukan sejak tanaman berumur 7 hari setelah tumbuh dengan interval 7 hari sekali, adapun peubah yang diamati adalah: (1) Bobot segar tanaman selada, dan (2) Bobot kering selada.

Data hasil pengamatan diolah lebih lanjut untuk menentukan nilai: (1) Indek Luas Daun, (2) Laju Pertumbuhan Tanaman, dan (3) Laju Asimilasi Bersih.

Disain model sinkronisasi dilakukan dengan menggabungkan sektor N selada dengan sektor N *Tithonia*, atau menghubungkan sektor kebutuhan N tanaman selada dengan penyediaan N oleh pupuk hijau *Tithonia*. Simulasi model dilakukan untuk mendapatkan ketepatan kebutuhan N oleh tanaman selada dengan ketepatan penyediaan N oleh pupuk hijau *Tithonia*. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan tingkat sinkronisasi tertinggi sehingga tercapai efisiensi penyediaan N melalui pemupukan pupuk organik (pupuk hijau *T. diversifolia*).

Model sinkronisasi N merupakan model dinamik sehingga perlu alat bantu berupa *software dynamic modelling*, peneliti memilih menggunakan *software Stella* versi 9 untuk mengkonstruksi model sinkronisasi N. Simulasi model sinkronisasi N dilakukan dengan mencoba beberapa nilai masukan pada model dengan mendasarkan pada data, asumsi dan referensi yang berlaku sesuai dengan topik penelitian, sehingga didapat model yang memberikan nilai sinkronisasi N tertinggi.

Rancangan Model Sinkronisasi N

Model sinkronisasi N dipilah dalam dua bagian atau sektor. Sektor 1 adalah sektor penyerapan atau kebutuhan N oleh tanaman selada sampai dengan saat panen. Sektor 2 adalah pelepasan N atau penyediaan N oleh pupuk hijau *T. diversifolia*. Kemudian kedua sektor dihubungkan untuk dapat berinteraksi sehingga dapat diketahui tingkatan sinkronisasi N.

Simulasi model penyediaan N dilakukan dengan merubah masukan yang berkaitan dengan pemanfaatan *Tithonia* sebagai pupuk hijau, dapat berupa nilai dosis yang dipakai, saat pemupukan atau gabungan keduanya. Simulasi penyerapan N atau kebutuhan N oleh tanaman selada dilakukan dengan masukan cara tanam yaitu: tanam langsung atau pindah tanam setelah pembibitan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian lapang memberikan data untuk bahan penyusunan model, data penelitian lapang juga digunakan sebagai pengendali model dan simulasinya. Hasil modeling dan simulasi selalu diverifikasi dengan kondisi nyata di lapang. Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa produksi selada yang diberi pupuk hijau *T. diversifolia* 10 t ha⁻¹ memberikan hasil tinggi (182 gram tanaman⁻¹ setara 16,4 t ha⁻¹) yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan pemupukan Urea 200 kg ha⁻¹ (178 g tanaman⁻¹) dan pupuk hijau *T. diversifolia* 20 t ha⁻¹ (186,8 g tanaman⁻¹). Selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 3. Adapun data dari penelitian lapang ditunjukkan pada Tabel 1.

Data hasil dinamika Nitrogen Paitan (*T. diversifolia*) menunjukkan kandungan N yang tinggi (5,14%), dengan kecepatan mineralisasi yang tergolong cepat (0,04), selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Kebutuhan Nitrogen Tanaman Selada

Model kebutuhan N tanaman selada dikontrol dari hasil penelitian di lapang yang menunjukkan bobot kering selada yang dipupuk dengan *T. diversifolia* 10 t ha⁻¹ mempunyai bobot sebesar 16,24 g tanaman⁻¹. Pemanfaatan produksi selada dari pemupukan *Tithonia* dengan dosis 10 t ha⁻¹ dijadikan standar dalam pembuatan model, hal ini karena hasil budidaya dari perlakuan tersebut mampu menghasilkan produksi di atas hasil produksi rata-rata petani selada di Malang.

Model dinamik kebutuhan N tanaman selada dimulai dari pertumbuhannya yang divisualisasikan berdasarkan perubahan bobot kering tanaman selada. Model dinamik kebutuhan N tanaman selada selanjutnya dijadikan sektor 1 yang dibuat secara terpisah dari sektor 2 (penyediaan N oleh *T. diversifolia*). Model dinamik kebutuhan N slada ditunjukkan pada Gambar 1.

Kebutuhan N tanaman selada mengikuti bentuk kurva sigmoid. Namun karena selada dipanen sebelum masuk pada fase vegetatif akhir maka grafik yang ditunjukkan belum sampai terjadi pelandaian ataaau penurunan tingkat kebutuhan N. Dinamika kebutuhan Nitrogen oleh tanaman selada hasil modeling dinamik ditunjukkan pada Gambar 2.

Bobot kering tanaman selada hasil modeling dinamik harus berada pada kisaran bobot kering selada pada budidaya selada. Pertumbuhan tanaman selada mengikuti bentuk kurva sigmoid, pada fase awal pertumbuhan terjadi pertumbuhan yang lambat kemudian akan semakin bertambah kecepatan tumbuhnya, kemudian akan surut lagi kekecepatannya pada fase vegetatif akhir. Hasil modeling pertumbuhan selada sudah menunjukkan bentuk sigmoid, namun karena masa panen pada umur 50 hari setelah sebar, maka bentuknya belum sempurna karena masih terjadi pertumbuhan yang semakin lama semakin menurun.

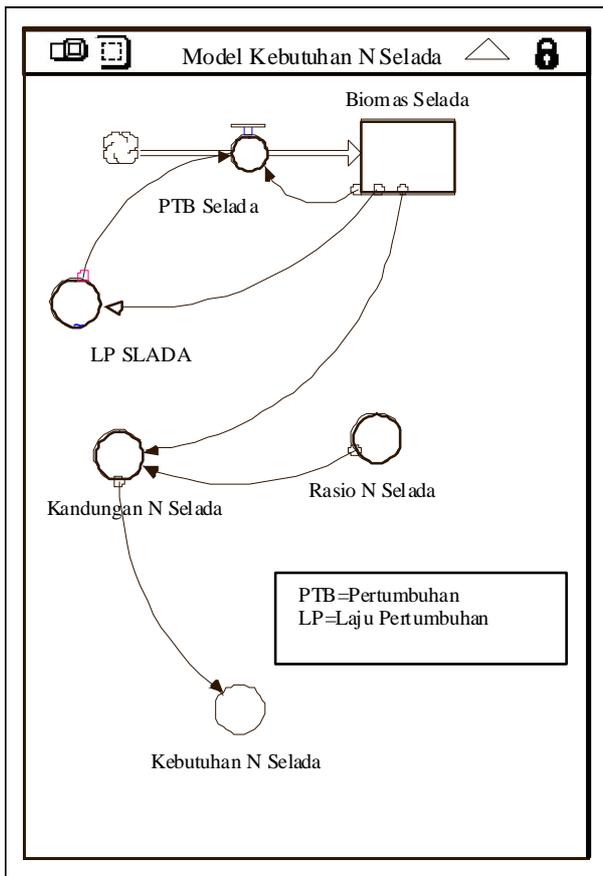
Hasil budidaya selada menunjukkan bahwa bobot kering selada yang diberi pupuk *T. diversifolia* 10 t ha⁻¹ pada saat panen berkisar 16,24 g tanaman⁻¹, sedangkan hasil modeling dinamik menunjukkan bobot kering selada sebesar 16 g tanaman⁻¹. Hal ini

Tabel 1. Data hasil penelitian lapang.

No	Peubah	Nilai
1.	Bobot segar selada saat panen	182 g tanaman ⁻¹
2.	Bobot kering selada saat panen	16,24 g tanaman ⁻¹
3.	Laju pertumbuhan tanaman selada	grafik
4.	Kandungan N selada	3,88%

Tabel 2. Data dinamika N paitan (*T. diversifolia*).

No	Peubah	Nilai
1.	Kandungan N <i>T. diversifolia</i>	5,14%
2.	Bobot kering dari 10 ton <i>T. diversifolia</i> segar	18,986 kg ha ⁻¹ setara
3.	Kecepatan mineralisasi N <i>T. diversifolia</i>	0,04
4.	Fraksi fiksasi N dari mineralisasi N <i>T. diversifolia</i>	0,3



Gambar 1. Model dinamik kebutuhan N.

dipandang cukup sesuai antara modeling dinamik dengan kondisi nyata budidaya tanaman selada. Hal ini berarti model N selada dapat dipakai untuk keperluan selanjutnya dalam melihat sinkronisasi N.

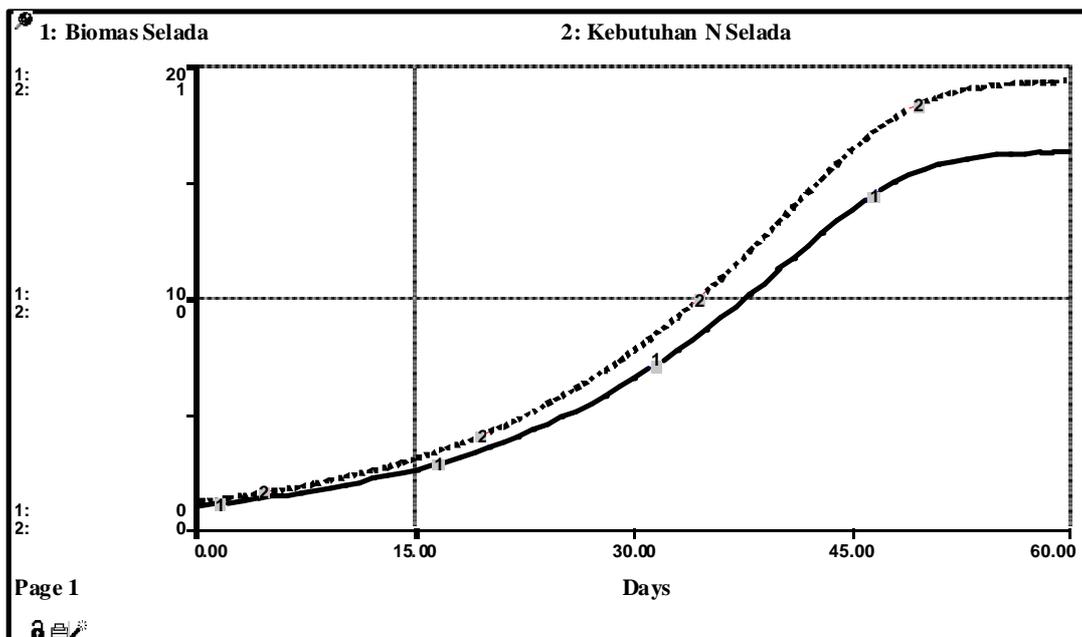
Ketersediaan Nitrogen oleh *T. diversifolia*

Model N *T. diversifolia* disusun dari biomasa *Tithonia* sebesar 10 t ha⁻¹ atau setara dengan 16,83 g tanaman⁻¹ selada. Pemanfaatan pemupukan 10 t ha⁻¹ *Tithonia* tersebut dijadikan standar modeling dinamik, yang selanjutnya dapat disimulasikan dengan mendasarkan pada perlakuan tersebut.

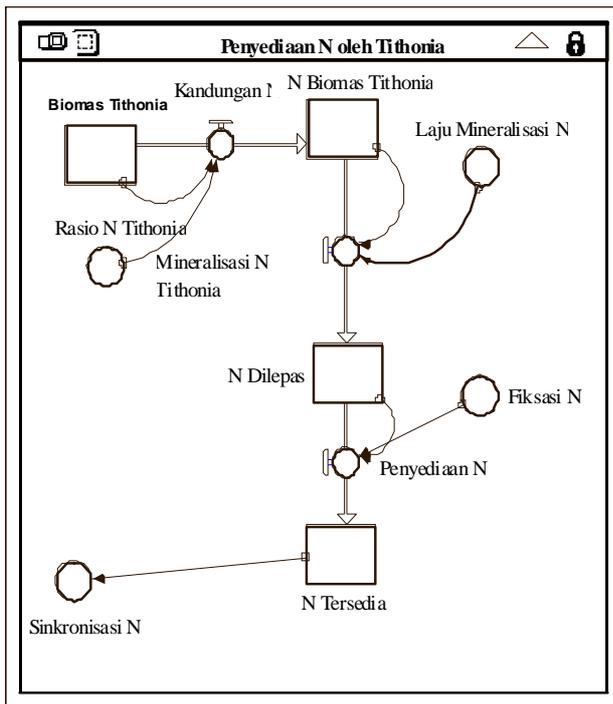
Model dinamik pelepasan dan penyediaan N oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*) dimulai dengan jumlah pupuk hijau 10 t ha⁻¹ atau 16,83 g tanaman⁻¹ selada. Model pelepasan N oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*) merupakan sektor 2 yang dibuat secara terpisah pada awalnya dari sektor 1.

Kebutuhan N selada bersumber dari jumlah 10 t ha⁻¹ *Tithonia* tersebut kemudian diproses pelapukannya dengan mengikuti kecepatan pelapukan bahan organik *Tithonia*. Hasil pelapukan dan mineralisasi N pupuk hijau *Tithonia* selanjutnya masuk pada proses selanjutnya yaitu adanya aktifitas fiksasi atau penambahan N di dalam tanah.

Hasil pelepasan N setelah dikurangi penambahan N di dalam tanah adalah N yang tersedia dari



Gambar 2. Grafik kebutuhan N selada.



Gambar 3. Model dinamik penyediaan N.

pemupukan organik tanaman (*T. diversifolia*). Model dinamik penyediaan N oleh pupuk hijau *T. diversifolia* ditunjukkan pada Gambar 3.

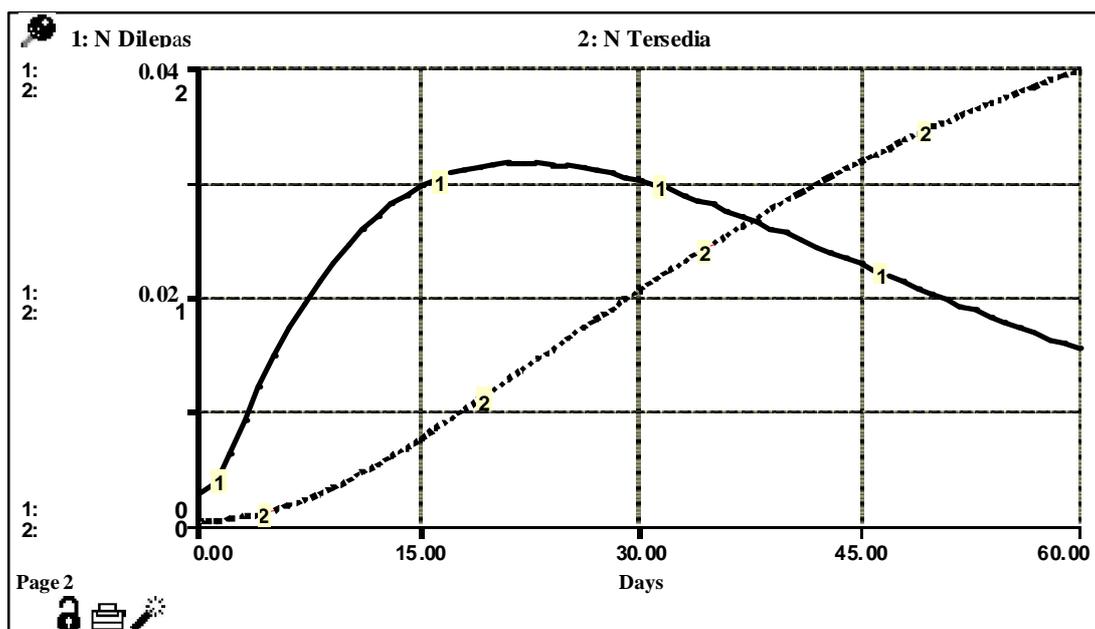
Pelepasan N dari tanaman paitan (*T. diversifolia*) meningkat dengan cepat dari saat penanaman pupuk

hijau tersebut ke dalam tanah, sampai dengan minggu ke dua setelah penanaman, kemudian melandai dan akhirnya terjadi penurunan pelepasan N seiring dengan semakin berkurangnya stok N dalam bahan organik paitan (*T. diversifolia*) seiring dengan waktu yang berjalan.

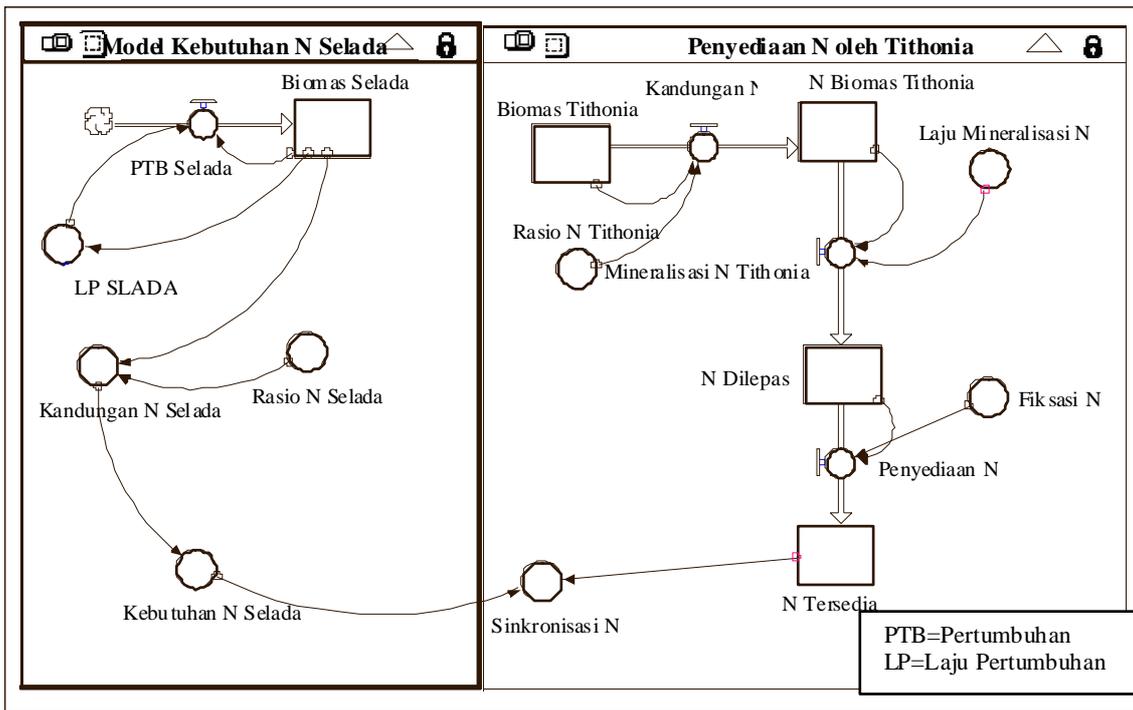
Dinamika ketersediaan Nitrogen dari pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*) hasil modeling dinamik ditunjukkan pada Gambar 4.

Pelepasan N oleh *T. diversifolia* dengan dosis 10 t ha⁻¹ meningkat dengan pesat pada 2 minggu setelah penanaman inkubasi), hal ini sesuai dengan laporan Pratikno (2001) dan Nugroho (2004) bahwa pelepasan N oleh *T. diversifolia* meningkat cepat dalam 2 minggu setelah inkubasi kemudian terjadi penurunan seiring dengan semakin berkurangnya sisa N dalam bahan organik. Hal ini diperkuat temuan Ayuke *et al.* (2002) yang melaporkan bahwa penyediaan N dari *Tithonia* akan meningkat sejak 2 minggu setelah diberikan, kemudian menurun setelah minggu ke-4.

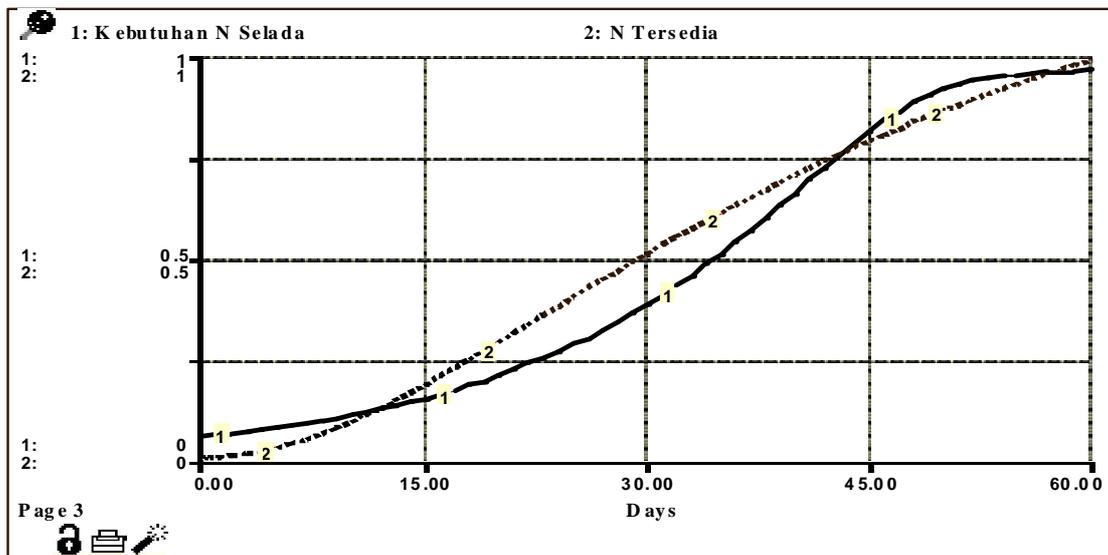
Berdasarkan pola pelepasan N antara model dinamik yang sudah mendekati pola pelepasan N dari beberapa hasil penelitian sebelumnya, maka model dinamik untuk pelepasan N oleh pupuk hijau *T. diversifolia* dapat diterima dan selanjutnya dapat dipakai untuk melihat sinkronisasi N.



Gambar 4. Grafik pelepasan dan enyediaan N oleh pupuk hijau *T. diversifolia*.



Gambar 5. Model dinamik sinkronisasi N.



Gambar 6. Grafik sinkronisasi N.

Sinkronisasi N

Model dinamik antara kebutuhan selada dengan penyediaan oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*) dibentuk dengan menghubungkan dua sektor yang dibangun secara terpisah, yaitu sektor kebutuhan N

tanaman selada dengan sektor penyediaan N oleh *T. diversifolia* disebut model sinkronisasi N.

Sinkronisasi Nitrogen tanaman selada dengan pupuk hijau Paitan (*T. diversifolia*) ditunjukkan pada Model Sinkronisasi N pada Gambar 5.

Gambar 6 menunjukkan bahwa grafik N tersedia dari pupuk paitan (*Tithonia*) sebagian besar berada di atas grafik kebutuhan N selada. Hanya pada awal pertumbuhannya terjadi kondisi ketersediaan N lebih rendah dari kebutuhan N selada. Sinkronisasi kebutuhan N selada dengan penyediaan N oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*) ditunjukkan pada Gambar 6.

Nilai sinkronisasi N semakin mendekati 1 berarti mempunyai sinkronisasi N tinggi, apabila nilainya menjauhi nilai 1 maka sinkronisasinya rendah.

Gambar 8 menunjukkan bahwa sebagian besar dalam fase pertumbuhan selada dapat dicukupi kebutuhan Nitrogennya dari pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*). Kekurangan N terjadi pada fase awal pertumbuhan selada. Hal ini terjadi pada budidaya selada yang menggunakan sistem sebar langsung. Pada sistem budidaya selada dengan cara pembibitan dan pindah tanam pada umur 2 minggu setelah tanam maka kekurangan N dapat diberikan pada bedengan pembibitan, sedangkan pada saat pindah tanam sampai dengan panen sudah dapat dicukupi oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*).

Kecukupan N selada oleh penyediaan N dari pupuk hijau paitan dapat dilihat dari gambar 8 yang menunjukkan bahwa grafik penyediaan N oleh paitan sebagian besar berada diatas grafik kebutuhan N selada. Untuk lebih jelasnya dapat dibuktikan dari nilai sinkronisasi N pada Tabel 1 yang menunjukkan sebagian besar nilainya berada diantara 1 atau lebih sedikit dari 1.

Hasil penelitian pada berbagai pemupukan dengan dosis yang bertingkat menunjukkan bahwa pemupukan N dengan *T. diversifolia* 10 t ha⁻¹ mampu menghasilkan bobot segar 182 g tanaman⁻¹ atau setara dengan 16 t ha⁻¹. Hasil ini berada pada kisaran potensi produksi selada (12 – 20 t ha⁻¹), dan berada diatas hasil petani yang masih dibawah 10 t ha⁻¹ (Nugroho, 2004).

Mendasarkan pada hasil panen selada yang melebihi hasil budidaya petani da berada pada kisaran potensi produksinya maka pemupukan *T. diversifolia* sebesar 10 t ha⁻¹ dapat mencukupi kebutuhan tanaman selada untuk kehidupannya. Hal ini sesuai dengan prinsip sinkronisasi menurut Myers *et al.* (1995) yaitu pada saat tanaman membutuhkan maka dapat dicukupi dari pupuk yang diberikan, sehingga kehilangan hara adalah sedikit, dan tidak terjadi kekurangan hara yang dibutuhkan tanaman sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Model kebutuhan nitrogen tanaman selada dapat didiskripsikan dengan baik, walaupun masih perlu penyempurnaan model untuk lebih mendekati sistem nyata yang berada dalam budidaya tanaman selada. Model penyediaan nitrogen oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*) dapat didiskripsikan dengan baik. Model sinkronisasi nitrogen antara tanaman selada dengan pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*) dapat dijalankan.

Saran

Model kebutuhan selada masih perlu penyempurnaan dalam hal inisiasi pertumbuhannya, sehingga lebih mendekati pertumbuhan yang sebenarnya, untuk itu masih perlu penelitian untuk mendiskripsikan pertumbuhan tanaman selada yang dengan model dinamik. Model penyediaan nitrogen dapat disempurnakan dengan memasukkan input yang lebih akurat dengan meminimalkan asumsi, sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk mencermati pelepasan N oleh pupuk hijau paitan (*T. diversifolia*). Model sinkronisasi N perlu disempurnakan dengan berdasarkan penyempurnaan model kebutuhan N dan penyediaan N.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ilmiah ini merupakan bagian dari laporan Hibah bersaing yang penulis laksanakan pada tahun 2008. Terimakasih penulis sampaikan kepada Direktur DP2M yang telah memberikan dana penelitian melalui Penelitian Hibah Bersaing Tahun I pada skim anggaran tahun 2007-2008, sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Gusnidar dan T. B. Prasetyo. 2008. Pemanfaatan *Tithonia Diversifolia* pada Tanah Sawah yang Dipupuk P Secara Starter terhadap Produksi serta Serapan Hara N, P, dan K Tanaman Padi. *J. Tanah Trop.* 13(3): 209-216.
- Handayanto, E. dan Ismunandar, 1998. Seleksi Bahan Organik untuk Meningkatkan Sinkronisasi Nitrogen pada Ultisol Lampung. *Habitat* 11(109): 37-47.
- Hannon, B. and M. Ruth. 1994. *Dynamic Modeling*, Springer-Verlag New York Inc. NY.
- Haryanto, E., E. Rahayu, dan Suhartini. 1995. *Sawi dan Selada*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.

Y.A. Nugroho dan E.M.N. Ningsih: Sinkronisasi N pada Selada dengan Pupuk Hijau *Thitonia*

- Jane M.-F. Johnson, N. W. Barbour and S. L. Weyers. 2007. Chemical Composition of Crop Biomass Impacts Its Decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 155-162.
- Karam, F., O. Mounzer, F. Sarkis, and R. Lahoud. 2002. Yield and Nitrogen Recovery of Lettuce Under Different Irrigation Regimes. *J. Ap. Hort.* 4(2): 70-76.
- Myers, R. J. K., M. van Noordwijk and P. Vityakon. 1997. Synchrony of Nutrient Release and Plant Demand: Plant Litter Quality, Soil Environment and Farmer Management Options in Driven by Nature. In: G. Cadish and K.E. Giller *Plant Litter Quality and Decomposition* (Eds). Cab International, pp. 215-230.
- Nugroho, Y.A. 2004. Kajian Penambahan Dosis Beberapa Pupuk Hijau dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa*). Thesis. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Nugroho, Y.A. dan N.N.E. Murni. 2008. Pencapaian Sinkronisasi Nitrogen pada Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) Dengan Pupuk Hijau Paitan (*Tithonia diversifolia*) Berbasis Modeling Dinamik. Laporan PHB tahun I Skim Anggaran tahun 2008.
- Nugroho, Y.A. 2004. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) akibat Pemberian Bahan Organik dari Biomassa Tanaman dan Pupuk Kandang yang Ditanam pada Masa Tanam Kedua. Laporan Penelitian. LPPM Universitas Widyagama, Malang.
- Pompea, S.M. 2001. Using Biological Models and Simulations Effectively. Wheeling Jesuit University. USA.
- Pratikno, H. 2002. Studi Pemanfaatan berbagai Biomasa Flora untuk Peningkatan Ketersediaan P dan bahan Organik Tanah Berkapur di DAS Brantas Malang Selatan. Thesis. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Rukmana, R. 1994. Bertanam Selada dan Andewi. Kanisius. Yogyakarta.
- Rutunga, V., N.K. Karanja, and C.K.K. Gachene. 2008. Six month-duration *Tephrosia vogelii* Hook.f. and *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray planted-fallows for improving maize production in Kenya. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12(3): 267-278.
- Shaffer, M.J. and L. Ma. 2001. Carbon and nitrogen dynamics in upland soils. In: M.J. Shaffer, L. Ma, and S. Hansen (Eds.). *Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Man-agement*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 11-26.
- Sitompul, S.M. 2001. Konsep Dasar Model Simulasi, Diktat Pelatihan Model Simulasi Sistem Agroforestri WaNuLCAS, Universitas Brawijaya Malang dan ICRAF Bogor.
- Sunaryo, D. Prayogo, B. Lusiana, dan R. Mulia. 2001. Stella dan Model WaNuLCAS, Diktat Pelatihan Model Simulasi Sistem Agroforestri WaNuLCAS, Universitas Brawijaya Malang dan ICRAF Bogor.