Model Simulasi Nitrogen Pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

Okta Nindita Priambodo^{1,1*}

¹ Teknologi Pengolahan Sawit, Fakultas Vokasi, Insitut Teknologi Sains Bandung, Indonesia

Abstrak.

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan komoditas yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi di Indonesia. Proses yang terjadi pada tanaman tebu dapat disederhanakan melalui model simulasi. Model simulasi digunakan untuk melihat pengaruh unsur cuaca dan pupuk terhadap perkembangan, pertumbuhan, dan produktivitas tanaman. Dalam pemupukan yang perlu diperhatikan adalah efisiensi pemupukan. Kekurangan nitrogen akan menyebabkan tumbuhan tidak tumbuh secara optimum, sedangkan kelebihan nitrogen selain menghambat pertumbuhan tanaman juga akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Jika jumlah nitrogen yang diserap tanaman lebih kecil dari pada jumlah kebutuhan nitrogen tanaman, maka tanaman tersebut akan kekurangan hara nitrogen. Oleh sebab itu perlu penambahan unsur hara nitrogen melalui pemupukan. Tahapan kegiatan penelitian terdiri atas 4 tahap yaitu penyusunan konsep model, penentuan nilai peubah dan parameter, input model, penyusunan model simulasi. Interaksi unsur cuaca yaitu curah hujan sangat menentukan kandungan air tanah yang berkaitan erat dengan proses mineralisasi (amonifikasi dan nitrifikasi) yang pada akhirnya akan mempengaruhi hasil produksi tanaman tebu. Curah hujan merupakan faktor yang mempengaruhi perubahan nitrogen dalam tanah. Model simulasi nitrogen ini dapat digunakan untuk menjelaskan proses perubahan nitrogen pada tanah dan tanaman tebu pada tingkat satu kali pemupukan standar. Pada tingkat pemupukan dua kali standar, model tidak dapat digunakan karena model tidak menjelaskan keseluruhan proses yang mempengaruhi.

Kata kunci: Efisiensi, Model, Nitrogen, Pemupukan

1 Pendahuluan

Tanaman tebu (*Saccharum Officinarum* L.) merupakan komoditas yang strategis bagi Indonesia karena mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Pada tahun 2012, produksi gula nasional mencapai 2.56 juta Ton/Ha atau meningkat dibandingkan pada tahun 2011 yang hanya 2.2 juta Ton/Ha. Jumlah produksi itu belum mampu mencukupi kebutuhan nasional terhadap konsumsi gula (gula kristal putih) yang mencapai sekitar 3 juta Ton/Ha (Dirjenbun, 2013). Pemerintah Indonesia telah menetapkan swasembada gula nasional dengan target produksi 5.7 juta ton gula pada tahun 2014. Namun pada kenyataannya target yang telah ditetapkan ini belum dapat tercapai karena beberapa faktor, antara lain kurangnya luas areal pertanaman tebu, rendahnya produktivitas, cuaca yang sering berubah-ubah, dan kurangnya unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman.

Tanaman tebu dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah seperti tanah alluvial,

grumosol, latosol, dan regusol dengan ketinggian antara 0–1400 m diatas permukaan laut. Akan tetapi lahan yang paling sesuai adalah kurang dari 500 m diatas permukaan laut (Kiswanto & Wijayanto, 2014). Sementara menurut Jayanti et al. (2015), pada ketinggian 1200 m diatas permukaan laut, pertumbuhan tanaman tebu akan menjadi lambat. Tanah liat dengan topografi tanah datar, kandungan hara tercukupi, dan pengairan yang baik merupakan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman tebu. Keadaan tanah demikian dapat meminimalkan keperluan akan petakan bertingkat, program pemupukan dan pengairan intensif. Pemupukan merupakan kegiatan pemeliharaan tanaman yang bertujuan untuk memperbaiki kesuburan tanah melalui penyediaan hara dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman.

Hara nitrogen (N) merupakan unsur hara yang paling penting bagi tanaman. Kebutuhan tanaman akan nitrogen lebih tinggi dibandingkan dengan unsur hara lainnya, selain itu nitrogen merupakan faktor pembatas bagi produktivitas tanaman. Kekurangan nitrogen akan

^{1*} Corresponding author: Oktaninditapriambodo@gmail.com

menyebabkan tumbuhan tidak tumbuh secara optimum, sedangkan kelebihan nitrogen selain menghambat pertumbuhan tanaman juga akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Dalam pemupukan, hal penting yang perlu diperhatikan adalah efisiensi pemupukan. Salah satu usaha agar dapat efisien dalam pemupukan adalah dengan menyusun model simulasi dinamika nitrogen tanaman yang merupakan alat analisis sekaligus prediksi sehingga akan bermanfaat untuk mengetahui potensi lahan dan program pemupukan yang tepat.

Model adalah suatu sistem yang disederhanakan, sedangkan sistem adalah gambaran suatu proses atau beberapa proses yang teratur (Handoko, 1994). Model digunakan untuk menjelaskan proses dalam suatu sistem pertanian pada berbagai tingkat kompleksitas dan bersifat fleksibel. Menurut Nelson *et al.* (2014), terdapat model yang telah diaplikasikan untuk menilai dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian seperti model Simulasi Pertumbuhan Tanaman (Crop Growth Simulation) dan model Respons Hasil Tanaman (Crop Yield Response model). Model dengan masukan sistem berupa faktor lingkungan dan penerapan teknik budidaya meliputi pemupukan nitrogen seperti model simulasi dinamika nitrogen pada tanaman tebu dapat menerangkan keluaran suatu sistem. Model simulasi dinamika nitrogen pada tanaman tebu akan memiliki kelebihan berupa dapat diterapkan secara luas sehingga menghemat biaya penelitian dan waktu, memiliki kemampuan prediksi dan dasar dalam pengambilan keputusan dalam budidaya tanaman tebu karena sifatnya yang dapat menjelaskan proses. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasi dampak cuaca terhadap tanaman tebu dan desain model dinamika nitrogen pada tanaman tebu.

2 Bahan dan Metode

2.1 Bahan dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan software Microsoft Office 2010, Minitab dan Microsoft Visual Studio 2010. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data parameter cuaca di Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan dan data di Provinsi Lampung meliputi data curah hujan pada tahun 2014-2016. Kemudian data konsentrasi pupuk nitrogen yang diberikan, data status unsur hara tanah dan tanaman, data sifat fisik tanah meliputi pengukuran kapasitas lapang (KL) dan titik layu permanen (TLP) pada

kedalaman (20 – 40 cm). Penelitian ini menggunakan data di PTPN 7 distrik Cinta Manis Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Pengolahan data dan penyusunan hasil penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agrometeorologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor. Waktu penelitian berlangsung selama bulan Maret - Mei 2018.

2.2 Metode

Tahapan kegiatan penelitian terdiri atas 4 tahap yaitu penyusunan konsep model, penentuan nilai peubah dan parameter, input model, penyusunan model simulasi. Perlakuan yang dicobakan adalah: N1 = 161 kg/ha, setara 350 kg Urea/ha yang diberikan di awal penanaman dengan varietas tebu adalah kidang kencana.

Tabel 1. Inisiasi dan parameterisasi tanaman tebu

Submodel	Parameter	Nilai	Satuan
Pertumbuhan dan Perkembangan	Tetapan Psikometer	66.1	Pa/ ⁰ C
	Massa Jenis Udara	1.2	Kg/m ³
	Panas Laten Penguapan	2.45	MJ/Kg
	Kapasitas Panas	1010	Pa/ ⁰ C
	Albedo	0.25	-
Neraca Air	Tetapan U	11.10	Mm
	Koefisien Pemadaman	0.65	-
Nitrogen Tanah dan Tanaman	Koefisien Nitrifikasi	0.2	Hari ⁻¹
	Koefisien Amonifikasi	96 * 10 ⁻⁶	Hari ⁻¹
	Bulk Density	1.3	gr/cm ³
	Konsentrasi N Maksimum Dalam Daun	1.2	%
	Konsentrasi N Maksimum Dalam Akar	1.5	%
	Konsentrasi N Maksimum Dalam Batang	0.9	%

2.2.1 Model Simulasi Tanaman

Secara garis besar, model simulasi tanaman yang disusun terdiri dari beberapa submodel, yaitu: (1) submodel perkembangan tanaman, (2)

submodel pertumbuhan tanaman, (3) submodel neraca air (4) submodel nitrogen. Model dengan resolusi harian memerlukan unsur-unsur cuaca harian sebagai masukan yang meliputi radiasi surya (MJ/m^2 hari), suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban udara (%), kecepatan angin (m/s) dan curah hujan (mm/hari). Masukan model (input variables) adalah keadaan awal (initial variables), parameter (cuaca, tanah, tanaman) dan peubah luar (unsur-unsur cuaca). Kejadian fenologi tanaman tebu varietas kidang kencana dari saat tanam hingga panen yaitu tanam, perkecambahan, anakan maksimum, anakan tetap, batang maksimum dan panen (Pembengo dan Suwanto, 2012). Sub-model perkembangan disusun berdasarkan laju perkembangan masing-masing kejadian fenologi didekati dengan konsep thermal unit mengasumsikan faktor panjang hari tidak berpengaruh. Laju perkembangan tanaman terjadi bila suhu rata-rata harian (T_r) melebihi suhu dasar (T_b). Hubungan dituliskan sebagai berikut (Handoko, 1994):

$$T_r > T_b \text{ maka } s = \sum (T_r - T_b) TU \text{ atau } ds = \sum (T_r - T_b) T_b$$

$$T_r \leq T_b \text{ maka } ds = 0 \quad (1)$$

Keterangan:

TU = thermal unit ($^{\circ}\text{C}$)

T_r = suhu rata-rata harian hari ke- i ; $i = 1, 2, 3, \dots$
 t ($^{\circ}\text{C}$)

T_b = suhu dasar tanaman ($^{\circ}\text{C}$)

S = fase perkembangan tanaman.

Kejadian fenologi tebu dari saat tanam sampai panen diberikan skala 0 - 1. Nilai $s = 0$ untuk saat tanam, $s = 0.2$ saat perkecambahan, $s = 0.4$ saat anakan maksimum, $s = 0.6$ saat anakan tetap, $s = 0.8$ saat batang maksimum dan $s = 1.0$ saat panen (Pembengo dan Suwanto, 2012).

2.2.2 Parameter Perkembangan dan Pertumbuhan Tanaman Tebu

2.2.2.1 Parameter Perkembangan

Laju perkembangan tanaman tebu terjadi bila suhu rata-rata harian (T_r) melebihi suhu dasar (T_b) tebu yakni berkisar $10 - 12^{\circ}\text{C}$ [7]. Nilai thermal unit (TU) pada fase tanam – emergence (muncul lapang) sebesar 585.1°C hari), fase emergence – anakan maksimum sebesar 645.8°C hari), fase anakan maksimum – anakan tetap sebesar 820.2°C hari), fase anakan tetap – batang maksimum sebesar 1765.8°C hari), fase batang maksimum – panen sebesar 873.3°C hari) [7].

2.2.2.2 Parameter Pertumbuhan

A. Efisiensi Penggunaan Cahaya (LUE)

Nilai LUE tebu yang diukur pada periode waktu atau fase berupa dari fase tanam – panen sebesar 0.012 Kg/MJ (Pembengo dan Suwanto, 2012).

B. Luas Daun Spesifik (SLA)

Nilai SLA yang digunakan sebagai parameter input model adalah nilai rata-rata SLA yang diukur pada tiap fase perkembangan tebu. Nilai luas daun spesifik (SLA) fase tanam – emergence dan emergence – anakan maksimal sebesar 0.0012°C hari), fase anakan maksimal – anakan tetap sebesar 0.0012°C hari), fase anakan tetap – batang maksimum dan batang maksimum – panen sebesar 0.0010°C hari) (Pembengo dan Suwanto, 2012).

C. Koefisien Partisi (p)

Dalam model pertumbuhan, penambahan bahan kering total harian dipartisikan ke berbagai organ tanaman mengikuti fungsi/tahapan perkembangan tanaman (s). Koefisien partisi menyatakan proporsi atau fraksi bahan kering yang dialokasikan ke suatu organ pada fase perkembangan tertentu. Koefisien partisi tiap fase perkembangan tebu dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Persamaan koefisien partisi (p) bahan kering ke organ tanaman tebu menurut fase perkembangannya

Fase Perkembangan	Koefisien Partisi
Tanam-Emergence (muncul lapang); $S \leq 0.12$	$pA = - 0.0007 s + 0.1805$ $pB = - 0.0003 s + 0.5593$ $pD = 0.001 s + 0.2601$
Emergence-Anakan Maks; $0.12 < s \leq 0.26$	$pA = 0.0012 s + 0.0368$ $pB = - 0.0029 s + 0.5087$ $pD = 0.0051 s + 0.4186$
Anakan Maks-Anakan Tetap; $0.26 < s \leq 0.43$	$pA = - 0.00007 s + 0.0451$ $pB = 0.0012 s + 0.6808$ $pD = 0.0009 s + 0.2514$
Anakan Tetap-Batang Maksimum; $0.43 < s \leq 0.81$	$pA = 0.00003 s + 0.0316$ $pB = - 0.0016 s + 0.8676$ $pD = 0.0039 s + 0.1312$
Batang Maksimum-Panen ; $s > 0.81$	$pA = - 0.0004 s + 0.0373$ $pB = 0.0006 s + 0.8551$

	$pD = -0.0004 s + 0.1567$
--	---------------------------

Keterangan: pA = Koefisien partisi akar; pB = Koefisien Partisi Batang; pD= Koefisien Partisi Daun

Sub model neraca air mensimulasi komponen-komponen neraca air sebagaimana uraian berikut: Simulasi nilai intersepsi air hujan oleh tajuk tanaman dengan asumsi bahwa jumlah air yang ditersepsi air hujan oleh tajuk tanaman (I_c) tergantung dari curah hujan (P) dan indeks luas daun (ILD) sebagai berikut:

$$I_c = \min(ILD, P); 0 \leq ILD \leq 3;$$

$$I_c = \min(1.27, P); ILD > 3$$

Simulasi nilai infiltrasi dan perkolasi dengan asumsi bahwa infiltrasi (I_s) merupakan selisih curah hujan (P) atau irigasi (I_r) dan intersepsi tajuk tanaman (I_c) dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_s = P - I_c; I_s = P - I_r - I_c$$

Jika $KAT > KL$, maka terjadi perkolasi ke lapisan tanah 2 sampai $KAT = KL$, yaitu:

$$Pct = KAT1t - KL1, KAT1t > KL1;$$

$$KAT1t = KL1, KAT1t \leq KL1 \quad (2)$$

$$Pct = 0, KAT1t \leq KL1$$

Simulasi nilai evapotranspirasi potensial (ET_m/ET_p) dengan menggunakan metode Penman, yaitu:

$$ET_m (ETP) = [\Delta Q_n + \gamma f(u) (e_s - e_a)] / [\lambda (\Delta + \gamma)] \quad (3)$$

$$Em = ET_m \times (e - kILD) \quad (4)$$

$$Tm = ET_m - Em$$

Keterangan:

Δ = Kemiringan kurva hubungan antara tekanan uap air jenuh dan suhu udara (Pa/K)

Q_n = Radiasi netto (W/m²)

γ = Tetapan psikometer (66.1 Pa/0C)

$f(u)$ = Fungsi aerodinamik (MJ/m-2Pa)

$e_s - e_a$ = Defisit tekanan uap air (Pa)

λ = Panas spesifik untuk penguapan (2.454 MJ/kg)

Em = Evaporasi maksimum

Tm = Transpirasi maksimum

$ET_m (ETP)$ = Evapotranspirasi maksimum.

Akar menggunakan air tanah pertama-tama dari lapisan teratas jika $Ta < Tm$. Akar akan mengabsorpsi air pada tiap kedalaman tanah ($Tr1$ atau $Tr2$), jika KAT lebih besar dari TLP dan peningkatan KL dimana laju Tm juga sama. Perhitungan penggunaan air oleh akar pada 2 kedalaman/lapisan tanah.

$$Tr1 = Tm, KAT1 \geq KL1;$$

$$Tr1 = Tm \times (KAT1 - TLP1) / (KL1 - TLP1), TLP1 < KAT1 < KL1$$

$$Tr1 = 0, KAT1 \leq TLP1$$

Transpirasi (Ta) dihitung berdasarkan jumlah penggunaan air oleh akar:

$$Ta = Tr1$$

Neraca air tanah pada lapisan pertama dihitung:

$$KAT1t = KAT1t-1 + Inf_t - Eat - Tr1t$$

Dimana: t = waktu

Model simulasi yang dikembangkan (Handoko, 2005) berdasarkan tanggapan pertumbuhan tanaman terhadap nitrogen serta interaksinya. Prosedur penyusunan model meliputi: Formula Perhitungan Biomassa. Produksi biomassa potensial harian dihitung berdasarkan efisiensi penggunaan radiasi surya yang diintersepsi tajuk:

$$Q_{int} = (1 - \tau) Q_s; \tau = e^{-k ILD}$$

Keterangan:

Q_{int} = radiasi intersepsi (MJ/m² hari)

Q_s = radiasi surya di atas tajuk tanaman atau yang terukur di stasiun klimatologi (MJ/m² hari)

τ = proporsi radiasi surya yang ditransmisikan

k = koefisien pematangan tajuk tanaman

e = bilangan dasar logaritma (2.7183)

ILD = Indeks luas daun.

Nilai k (parameter) berdasarkan nilai rata-rata selama satu hari, selanjutnya dirataratakan selama musim pertumbuhan. Produksi biomassa potensial (B_p) diasumsikan bahwa ketersediaan air bukan faktor pembatas. Perhitungan produksi biomassa potensial (B_p):

$$B_p = LUE \times Q_{int}; B_p = LUE \times (1 - e^{-k ILD}) \times Q_s \quad (7)$$

Keterangan:

B_p = produksi biomassa potensial (kg/Ha)

LUE = efisiensi penggunaan cahaya (kg/MJ).

Perhitungan biomassa aktual (B_a):

$$B_a = wdf \times B_p \quad (8)$$

$$wdf = Tm/Ta \quad (9)$$

Keterangan:

B_a = produksi biomassa aktual (kg/Ha)

Wdf = faktor ketersediaan air

Ta = transpirasi aktual

Tm = transpirasi maksimum.

Kehilangan bahan kering dari organ vegetatif (daun, batang dan akar) selama pemunculan kecambah sampai pembuangan melalui proses respirasi pertumbuhan (R_g) dan respirasi pemeliharaan (R_m) yang dihitung berdasarkan suhu udara dan massa masing-masing organ. Pertumbuhan masing-masing organ tanaman dan yang hilang melalui respirasi sebagai berikut:

$$dW_x = \eta \times B_a - R_g R_m \eta \times (1 - K_g) B_a - K_m W_x Q10 \quad (10)$$

Keterangan:

$$Q10 = 2^{(T-20)/10}$$

dW_x = penambahan massa organ x (Kg/Ha.Hari)

Rm = respirasi pemeliharaan (Kg/Ha.Hari)
Hx = proporsi biomassa yang dialokasikan ke organ x (daun, batang dan akar)
Km = koefisien respirasi pemeliharaan
Kg = koefisien respirasi pertumbuhan
Wx = massa organ x (Kg/Ha)

Tahap fenologi adalah faktor yang mempengaruhi pembagian asimilat pada organ-organ vegetatif (daun, batang dan akar) selama kecambah muncul sampai pembungaan. Pada awal pertumbuhan, produksi biomassa hanya dialokasikan ke daun, batang dan akar dengan alokasi terbanyak pada daun. Sampai pembungaan. Alokasi biomassa ke daun dan akar berkurang sedangkan alokasi ke batang bertambah dengan fase perkembangan tanaman. setelah fase pembungaan, seluruh produksi biomassa dialokasikan ke biji.

ILD dihitung sebagai fungsi laju pertumbuhan daun harian (dw1) dan konsentrasi nitrogen daun. Persamaan indeks luas daun dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$DILD = \{[Nact1] dw1/20\} 10^2 ; dw1 > 0 = \{[Nact1] dw1/sln\} 10^2, dw1 < 0$$

Keterangan:

dw1 = pertumbuhan daun (Kg/Ha.Hari)

Nact1 = konsentrasi nitrogen daun (%)

Sln = nitrogen daun spesifik

Akar mengambil nitrogen awalnya dari lapisan permukaan dan kemudian pada lapisan terbawah didalam zona perakaran sampai kebutuhan tanaman terpenuhi. Pada masing-masing lapisan, pengambilan nitrogen dilakukan dengan aliran massa dan pengambilan aktif. Aliran massa dihitung sebagai hasil dari aliran air ke akar {Tr(1)} dan konsentrasi nitrogen tanah dan nitrat {NO3c(1)}, yang dituliskan sebagai persamaan berikut ini:

$$Nupm = Tr(1) NO3c \quad (11)$$

Konsentrasi NO3 - dihitung sebagai rasio antara jumlah nitrogen tersedia {NO3(1)} dan kadar air tanah (1): NO3c = NO3(1) / KAT (1) Pengambilan aktif dihitung dengan persamaan Michaelis-Menten:

$$Nupat = Wr(1) tn NO3c (1)/[km+ NO3c (1)] \quad (12)$$

Keterangan:

wr = bobot akar (Kg/Ha)

tn = pengambilan nitrogen per unit bobot kering akar (Kg N/KgHari-1)

km = konsentrasi 1/2 jenuh (Kg N/Ha.mm)

Total pengambilan nitrogen adalah jumlah dari nitrogen yang diambil melalui aliran massa dan active transport.

$$NupT = \sum (Nupm (1) + Nupat (1)) \quad (13)$$

$$NdemT > 0$$

Tingkat Kebutuhan nitrogen (Nitrogen Demand)

Kebutuhan nitrogen selama pertumbuhan tanaman ditentukan oleh konsentrasi nitrogen aktual pada organ tanaman dan konsentrasi maksimum organ yang dituliskan sebagai persamaan berikut ini (Handoko, 1992):

$$Ndemx = dWx [Nmaxx]$$

$$[Nactx] < [Nmaxx]$$

$$Ndemx = 0$$

$$[Nactx] \geq [Nmaxx]$$

Keterangan:

dWx = Penambahan biomassa bobot organ x

Nactx = Konsentrasi nitrogen actual (%)

Nmaxx = Konsentrasi nitrogen maksimum (%)

Ndemx = Konsentrasi kebutuhan nitrogen

$$Nactx = Nawalorgan * Worgan / 100 \quad (14)$$

Keterangan:

Nawalorgan = Nitrogen awal organ

Worgan = Bobot organ

Kebutuhan nitrogen tanaman total:

$$NdemT = \sum Ndemx \quad (15)$$

Konsentrasi nitrogen maksimum ditentukan sebagai konsentrasi organ tanaman tertinggi selama periode pengamatan.

Nitrogen Defisit Factor (NDF)

Faktor defisit nitrogen yang mempengaruhi pertumbuhan dan pertumbuhan tanaman:

$$NDF = NupT / NdemT \quad (16)$$

Keterangan:

NupT = Nitrogen yang diserap oleh tanaman (kg/ha)

NdemT = Kebutuhan nitrogen tanaman total (kg/ha)

Nitrogen Tanah

1. Amonifikasi

Laju amonifikasi pada masing-masing lapisan dihitung sebagai fungsi dari nitrogen organik, kadar air tanah dan temperatur (Q10 = 2(T-10)/20)) yang mengikuti persamaan:

$$dNH4(1) = Q10 kam On(1) \quad (17)$$

$$KAT (1) > TLP (1) = 0$$

$$KAT (1) < TLP (1)$$

Keterangan:

On = Nitrogen organik di dalam lapisan (Kg/Ha).

Kam = laju konstan, yang memiliki nilai 96×10^{-6} /Hari (Rogi 1996).

2. Nitrifikasi

Semua lapisan laju nitrifikasi potensial ($dNO_3p(1)$) tergantung dari tersedianya $NH_4\{NH_4(1)\}$.

$$dNO_3P(1) = knlt \cdot NH_4(1) \quad (18)$$

Keterangan:

$Knlt$ = konstanta laju nitrifikasi (0.05/Hari).

Lamanya transformasi NH_4 ke NO_3 antara 14-19 hari, tergantung dari tipe dan kedalaman tanah. Laju nitrifikasi aktual $\{dNO_3a(1)\}$ dipengaruhi kelengasan tanah $\{fe(1)\}$, temperatur (Q_{10}) dan pH $\{fpH(1)\}$, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$dNO_3a(1) = Q_{10} \cdot dNO_3p(1) \cdot \max\{FKat(1), FpH(1)\} \quad (19)$$

Keterangan:

$$FKat(1) = -0.039 + 1.02 \cdot Kat(1) / KL(1)$$

$FpH(1)$ = laju nitrifikasi relatif (0-1) didalam pH mempunyai rentang 5-8.

Pencucian nitrogen (leaching) dari tiap

lapisan tanah (LNO_3) dihitung berdasarkan jumlah air perkolasi yang dinyatakan sebagai berikut:

$$LNO_3(1) = Pc(1) \cdot NO_3(1) / KAT(1) + Pc(1) \quad (20)$$

Keterangan:

$LNO_3(1)$ = Pelepasan nitrogen dari masing-masing lapisan

$Pc(1)$ = Perkolasi(1)

KAT = Kadar Air Tanah

NO_3 = Kandungan Nitrat

Neraca Nitrogen

Keseimbangan nitrogen tanah pada hari ke-t pada lapisan (1) dihitung sebagai berikut (Imantho, 2000):

A. Lapisan permukaan

$$NO_3(1)t = NO_3(1)t-1 + dNO_3t - Nup(1)t - LNO_3(1)t + Pupuk \quad (21)$$

$$NH_4(1)t = NH_4(1)t-1 + dNH_4t - dNO_3(1)t + Pupuk \quad (22)$$

B. Lapisan tanah berikutnya

$$NO_3(1)t = NO_3(1)t-1 + dNO_3t - Nup(1)t - LNO_3(1)t + LNO_3(1-1)t \quad (23)$$

$$NH_4(1)t = NH_4(1)t-1 + dNH_4t - dNO_3(1)t \quad (24)$$

3 Pembahasan

Kandungan nitrogen dalam tanah sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca yaitu curah hujan. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan kadar air tanah dapat melebihi kapasitas lapang tanah. Apabila kadar air tanah melebihi kapasitas lapang tanah, maka kandungan nitrogen akan mengalami pencucian (*leaching*) sehingga kandungan nitrogen di dalam tanah menjadi berkurang. Hubungan curah hujan terhadap kandungan hara nitrogen tanah dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Kebutuhan Nitrogen Pada Tanaman Tebu pada tahun 2014-2015 dan 2015- 2016

Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa ketika pencucian (*leaching*) maka kandungan NO_3 mengalami penurunan. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan tanah yang tadinya sangat subur berubah menjadi tidak subur dikarenakan mineral-mineral yang terkandung dalam tanah tersebut menjadi hilang (Noor 2006). Kandungan nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) sangat mudah larut dalam air sehingga ketika terjadi curah hujan yang tinggi maka kandungan nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) mudah berkurang karena pencucian (Annisa, 2017). Hal ini berpengaruh pada kandungan nitrogen yang diserap oleh tanaman. Kandungan nitrogen yang diserap tanaman tebu dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2. Kebutuhan Nitrogen Pada Tanaman Tebu pada tahun 2014-2015 dan 2015- 2016

Kebutuhan tanaman akan unsur hara nitrogen dipengaruhi nitrogen yang diserap dari tanah ke tanaman (Nupt). Jika nitrogen yang diserap dari tanah ke tanaman jumlahnya lebih kecil dari pada jumlah kebutuhan nitrogen (NdemT) tanamannya maka tanaman tersebut perlu adanya penambahan unsur hara nitrogen melalui pemupukan. Gambar di atas menunjukkan bahwa pada tahun 2014-2015 harus dilakukan pemupukan pada fase-1 yaitu beberapa hari sebelum usia tanaman tebu mencapai hari ke 24 dengan jumlah penambahan pupuk nitrogen sebesar 87 kg/ha. Tahun 2015-2016 harus dilakukan pemupukan pada fase-1 yaitu beberapa hari sebelum usia tanaman tebu mencapai hari ke 22 dengan jumlah penambahan pupuk nitrogen sebesar 97 kg/ha. Gambar di atas juga menunjukkan bahwa ketika kebutuhan kebutuhan nitrogen (NdemT) tanamannya tinggi maka nitrogen yang akan diserap tanaman juga semakin tinggi (Nupt).

4 Kesimpulan

Interaksi unsur cuaca yaitu curah hujan sangat menentukan kandungan air tanah yang

yang berkaitan erat dengan proses mineralisasi (amonifikasi dan nitrifikasi) yang pada akhirnya akan mempengaruhi hasil produksi tanaman tebu. Curah hujan merupakan merupakan faktor yang mempengaruhi perubahan nitrogen dalam tanah. Sedangkan laju penyerapan nitrogen melalui aliran massa sangat ditentukan oleh laju transpirasi tanaman. Penurunan konsentrasi nitrogen dalam organ disebabkan oleh peningkatan kebutuhan tanaman terhadap nitrogen yang tidak seimbang dengan kemampuan tanaman menyerap nitrogen dari dalam tanah dan mobilisasi nitrogen.

Penurunan kandungan air tanah pada bulan kering (kemarau) membatasi laju amonifikasi, nitrifikasi dan laju pengangkutan nitrogen melalui aliran massa. Model simulasi nitrogen ini dapat digunakan untuk menjelaskan proses perubahan nitrogen pada tanah dan tanaman tebu pada tingkat satu kali pemupukan standar. Pada kondisi jenuh nitrogen, laju penyerapan nitrogen akan menurun karena kelebihan nitrogen. Pada kondisi jenuh nitrogen, laju penyerapan nitrogen akan menurun karena kelebihan nitrogen. Pada pemupukan dua kali standar, model ini tidak dapat digunakan karena model ini tidak menjelaskan seluruh proses yang terjadi pada pemupukan dua kali standar.

5 Ucapan Terimakasih

Penulis Mengucapkan terimakasih kepada PTPN 7 distrik Cinta Manis Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan yang telah membantu berlangsungnya penelitian ini dalam hal pengadaan memberikan data yang diperlukan dalam penelitian.

6 Daftar Pustaka

- Annisa S. (2017). *Kaitan Konsentrasi Nitrat dan Fosfat Dengan Klorofil-a Dari Fitoplankton Pada Kondisi Lingkungan Perairan Yang Berbeda Di Pundata Baji Kabupaten Pangkep*. [Skripsi]. Makassar: FPIK – HASSANUDDIN.
- Dirjenbun. (2013). *Direktorat Jenderal Perkebunan Tahun 2013*. Jakarta (ID): Direktorat Jendral Perkebunan.
- Handoko. (1992). *Analysis and Simulation of Water-Nitrogen Interaction of wheat Crop*. [Thesis]. Australia: The University of Melbourne.
- Handoko. (1994). *Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Komputer untuk*

- Pertanian*. Bogor (Id): Geomet FMIPA-IPB.
- Handoko. (2005). Quantitative Modeling Of System Dynamics For Natural Resources Management. Bogor: SEAMEO BIOTROP.
- Imantho H. (2000). *Model Simulasi Dinamika Nitrogen Pada Pertanaman Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.)*. [Skripsi]. Bogor (Id): FMIPA – IPB.
- Jayanti, K. D., Sudira, P., & Sunarminto, B. H. (2015). Prediksi Neraca Air Untuk Menentukan Masa Tanam Tebu di Kecamatan Kalasan, Sleman. *Ilmu Pertanian*. 18(2): 109-116
- Kiswanto, & Wijayanto, B. (2014). *Petunjuk Teknis Budidaya Tebu*. Lampung (ID): Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung.
- Nelson, G. C., Mensbrughe, V. D. D., & Ahmmad, H. (2014). Agriculture And Climate Change In Global Scenarios: Why don't the models agree. *Agricultural Economics*, 45(1): 85- 101.
- Noor, D. (2006). *Geologi Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu Jakarta Barat UIEU University Press.
- Priambodo, O. N. (2018). *Model Simulasi Nitrogen Pada Tanaman Tebu*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Permatasari, I. D. (2019). *Pengelolaan Tebu (Saccharum officinarum L.) Di PG Kebon Agung Malang, Jawa Timur Dengan Aspek Khusus Penataan Varietas*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.