

PREDIKSI HASIL TANAMAN PADI BERDASARKAN INPUT NITROGEN DENGAN SIMULASI MODEL CROPSYST DI KECAMATAN MAYANG

Prediction of Rice Yield based on Nitrogen Input using Cropsyst Simulation Model in Mayang Sub District

Yoni Cahyono*, Yagus Wijayanto dan Bambang Hermiyanto

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37,
Kampus Tegal Boto, Jember 68121

ABSTRACT

Rice is the food crop which the highest consumed by the Indonesian population. Rice production in Indonesia can not meet the needs of its inhabitants so that the import still be the primary solution. Jember Regency is one of the regencies rice producers. It has quite a lot of varieties that are planted to obtain the high productivity, especially in the District Mayang, but not all ground conditions and land management will get optimal rice production because the land conditions are different. The Nitrogen (N) elements are the macronutrients which are very important in supporting the growth and development of rice plants. Excess and deficiency of N affect the level of efficiency and production yield of rice plants. The development of rice cultivation in Jember, especially the District Mayang needs to include the simulation results of rice production based on N fertilization and soil conditions so it can be seen the potential of land to develop rice and can be used as a reference for the recommendation of N fertilizer. Cropsyst is a computer program that serves to analyze productivity based on the condition and management of land. Input soil data, climate/location, land management calibrated with plant growth as well as performed validation. The simulation was conducted on 10 farmers of the sample and 6 farmers comparison. The simulation results show that Cropsyst can be used the simulation of rice-based on the input of nitrogen in District Mayang because it produces a value of EF of 0.93 and RMSE of -47.97. Any addition of fertilizer by the farmers of the sample will increase the yield of rice. Mr. Leha is not recommended to add N because the response of the rice plant had reached 100%. To reach the optimal and efficient rice yield then the farmers must provide N fertilizer in accordance with the needs of the plant, i.e., when the response of the plant reaches 90% of maximum.

Keywords: Land potency, nitrogen, rice production

ABSTRAK

Padi merupakan tanaman pangan yang paling banyak dikonsumsi oleh penduduk Indonesia. Produksi padi di Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan penduduknya, sehingga impor masih menjadi solusi utama. Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten penghasil padi. Banyak varietas yang ditanam untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi khususnya di Kecamatan Mayang, namun tidak semua kondisi tanah dan manajemen lahan akan mendapatkan hasil produksi padi secara optimal, karena kondisi lahan yang berbeda-beda. Unsur Nitrogen (N) adalah unsur hara makro yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Kelebihan dan kekurangan unsur N berpengaruh terhadap tingkat efisiensi dan hasil produksi tanaman padi. Pengembangan budidaya padi di Jember khususnya Kecamatan Mayang perlu adanya simulasi hasil produksi padi berdasarkan pemupukan N dan kondisi lahan sehingga dapat dilihat potensi lahan untuk mengembangkan padi dan dapat dijadikan referensi untuk rekomendasi pemupukan N. *Cropsyst* adalah program komputer yang berfungsi untuk menganalisis produktivitas berdasarkan kondisi dan manajemen lahan. Input data tanah, iklim/lokasi, manajemen lahan dikalibrasikan dengan pertumbuhan tanaman serta dilakukan validasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pemanfaatan *Cropsyst* untuk mensimulasikan hasil produksi padi berdasarkan pengaruh perbedaan input Nitrogen di Kecamatan Mayang. Simulasi dilakukan pada 10 petani sampel dan 6 petani pembanding. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *Cropsyst* dapat digunakan dalam simulasi padi berdasarkan input nitrogen di Kecamatan Mayang karena menghasilkan nilai EF sebesar 0.93 dan RMSE sebesar -47.97. Setiap penambahan pupuk oleh petani sampel akan meningkatkan hasil panen padi. Pak Leha tidak dianjurkan untuk menambahkan N karena respon tanaman padi sudah mencapai 100%. Untuk mencapai hasil padi yang optimal dan efisien maka petani harus memberikan pupuk N sesuai dengan kebutuhan tanaman yaitu ketika respon tanaman mencapai 90% dari maksimal.

Kata kunci: Potensi lahan, nitrogen, produksi padi

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan yang paling banyak dikonsumsi oleh penduduk Indonesia. Selama ini produksi padi di Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan penduduknya, sehingga mengakibatkan terjadinya impor yang cukup besar dari luar

negeri. Mulai tahun 2010 sampai 2014 rata-rata impor beras Indonesia mencapai 1,329,471 ton (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2015). Tingginya nilai impor tersebut, perlu adanya suatu usaha nyata dalam mengatasi permasalahan tersebut. Menurut Soplanit dan Nukuhaly (2012), untuk dapat memenuhi kebutuhan padi dalam negeri, perlu adanya program intensifikasi dan

**) Penulis Korespondensi: Telp. +6285648668017; Email: yonichayono97@gmail.com*

ekstensifikasi penanaman padi. Pada dasarnya hal tersebut dapat dicapai dengan beberapa tindakan salah satunya dengan cara manajemen lahan dengan baik dan tepat.

Tanah adalah media tumbuh tanaman yang menyediakan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Unsur hara merupakan kebutuhan penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Soplanit dan Nukuhaly (2012) menambahkan bahwa unsur Nitrogen (N) adalah unsur hara makro yang paling penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Kelebihan dan kekurangan unsur N akan berpengaruh terhadap hasil produksi, tingkat efisiensi dan dapat membahayakan tanaman dan lingkungan, sehingga ketersediaan unsur N dalam tanah sangat perlu dikontrol dengan baik agar produksi tanaman padi dapat maksimal. Pemupukan adalah solusi dalam menambah unsur N dalam tanah namun dalam pelaksanaannya sangat perlu diperhatikan untuk menjaga kestabilan produksi tanaman padi dan lingkungan. Kandungan unsur hara khususnya N setiap wilayah di Kecamatan Mayang tidak sama, sehingga timbul pertanyaan apakah tanaman padi yang dibudidayakan akan memberikan hasil maksimal jika ditanam di semua wilayah Kecamatan Mayang.

Pengembangan padi di Kabupaten Jember khususnya Kecamatan Mayang perlu adanya suatu penelitian untuk mensimulasikan dan prediksi hasil tanaman padi dengan adanya pengaruh perbedaan kondisi tanah dan manajemen lahan terhadap hasil produksi. Prediksi hasil tanaman padi dengan dasar kondisi tanah ini diharapkan dapat mengetahui potensi lahan di Kecamatan Mayang untuk pengembangan padi dengan berbagai varietas dan dapat menjadi arahan dalam pemupukan khususnya penambahan N pada tanah. Selain itu, prediksi dan simulasi ini dapat memetakan hasil produksi padi di setiap wilayah Kecamatan Mayang berdasarkan kondisi tanah yang ada.

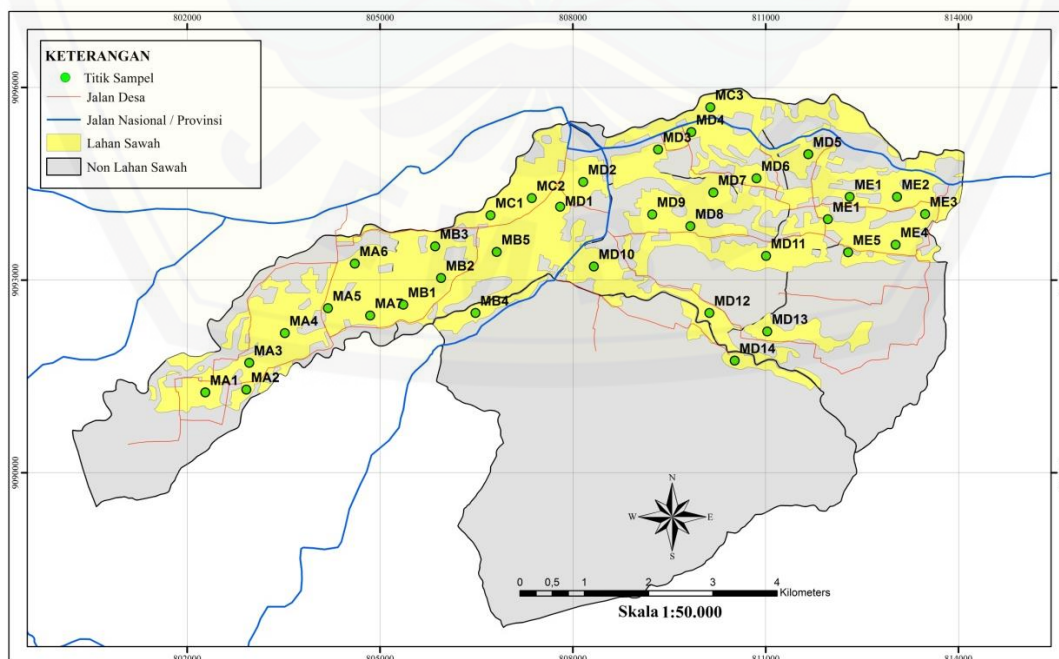
Cropsyst (*cropping system*) merupakan salah satu software yang dapat digunakan dalam simulasi model pertanian. Menurut Stockle *et al.* (2003), *Cropsyst* adalah program komputer yang berfungsi untuk menganalisis produktivitas dan dampak lingkungan berdasarkan kondisi dan manajemen lahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan *Cropsyst* untuk mensimulasikan hasil produksi padi berdasarkan pengaruh perbedaan input nitrogen di Kecamatan Mayang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni sampai November 2017 di Kecamatan Mayang Kabupaten Jember. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kesuburan Tanah serta Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember. Alat yang digunakan meliputi: seperangkat alat survei lapang, alat-alat analisis laboratorium, serta laptop yang sudah terinstal *software* ArcGIS 10.2 dan *Cropsyst* versi 4.19.06. Bahan yang digunakan meliputi: contoh tanah, bahan untuk analisis contoh tanah, peta penutup tanah (Geospasial untuk Negeri), peta administrasi Indonesia (BPS). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei deskriptif dan analisis model dengan input data iklim/lokasi, manajemen lahan, serta hasil analisis laboratorium.

Survey Lapang dan Pengambilan Contoh Tanah

Penentuan titik dilakukan berdasarkan penentuan luas wilayah pertanian Kecamatan Mayang dengan skema pengambilan secara acak yang titik koordinatnya ditentukan dengan pemetaan wilayah lahan sawah berdasarkan luasan lahan yang mengacu pada skala peta yang digunakan yaitu 1:50,000 (semi detail : setiap 50 ha = 1 sampel). Secara lebih jelas titik pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik survei lapang dan pengambilan contoh tanah

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data terkait dengan penggunaan lahan oleh petani. Data yang dibutuhkan adalah jenis tanaman, teknik budidaya, pengolahan lahan, irigasi, pemupukan, dan hasil produksi. Contoh tanah diambil untuk mendapatkan informasi tentang sifat tanah dari lahan petani sampel. Contoh tanah yang diambil dalam bentuk contoh tanah komposit yang pengambilannya dilakukan dengan cara pengeboran. Pengeboran juga dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kedalaman tanah setiap horizon. Terdapat dua macam analisis tanah yang dilakukan yaitu analisis kimia dan fisika tanah. Sifat kimia yaitu KTK, pH, dan N-Total, sedangkan sifat fisika yaitu tekstur dan BV. Data sekunder dibutuhkan untuk mendukung data primer dalam simulasi dan analisis data. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data iklim yang terdiri atas: curah hujan, kelembaban udara, tekanan angin, dan kecepatan angin.

Penetapan Titik Petani untuk Simulasi

Penetapan titik sampel dilakukan berdasarkan varietas padi yang ditanam oleh petani yang dikaitkan dengan sifat fisika tanah. Selain itu juga disesuaikan dengan pengeplotan untuk pemerataan contoh tanah yang diambil. Petani yang dipilih dalam simulasi adalah: Pak Edda (Cibogo), Pak H. Munir (Ciherang), Pak Sahid (Inpari 13), Pak Leha (Inpari 30), Pak Basit (Inpari 36), Pak Riko (Inpari Sidenuk), Pak Hadi (IR 64), Pak Husen (Logawa), Pak H. Bullah (Sintanur), dan Pak Harianto (Situbagendit). Sebagai pembanding juga dipilih 6 petani dengan varietas yang sama: Pak Basuki (Ciherang), Pak Suyani (Inpari 13), Pak Sudar (IR 64), Pak Muhin (IR 64), Pak Holidul (IR 64) dan Pak Munir (Logawa).

Pengolahan Data dan Simulasi Model *Cropsyst*

Pengolahan data dilakukan berdasarkan simulasi dengan menggunakan *software Cropsyst*. Dalam proses pengolahan data dilakukan dua tahap awal yaitu:

1. Kalibrasi bertujuan untuk penyesuaian parameter-parameter yang ada di dalam model sesuai dengan keadaan lapang, dengan cara mengubah nilai-nilai parameter yang sensitif terhadap perubahan hasil tanaman sampai menghasilkan *yield* yang mendekati hasil panen. Pada proses kalibrasi dilakukan analisis sensitivitas parameter yang dilakukan pada salah satu petani, yang dipilih secara acak sebagai acuan untuk kalibrasi pada petani yang lain.
2. Validasi yaitu pengujian keakuratan model dengan membandingkan hasil panen pada petak petani dengan hasil prediksi dengan menggunakan model *Cropsyst*. Untuk mengetahui kesalahan prediksi dari hasil simulasi dengan hasil data petani dianalisis dengan menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan EF (*Efisiensi Index*).

Setelah dilakukan kalibrasi dan validasi, selanjutnya dilakukan simulasi dengan mengubah nilai input Nitrogen dengan menggunakan model *Cropsyst* sehingga terdapat beberapa model simulasi yang didapatkan yaitu 1) Hasil tanaman padi dengan manajemen lahan dan kondisi tanah yang ada di wilayah Kecamatan Mayang, 2)

Pemberian N optimal untuk mencapai produksi padi yang optimal di setiap wilayah Mayang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Kecamatan Mayang merupakan salah satu dari 31 Kecamatan di Kabupaten Jember Jawa Timur yang terletak ± 13 km ke arah timur dari pusat pemerintahan Kabupaten Jember. Kecamatan Mayang terletak antara $113^{\circ} 30' - 114^{\circ} 00'$ BT dan $8^{\circ} 00' - 8^{\circ} 30'$ LS yang mempunyai luas wilayah ± 56.42 km², yang terbagi menjadi 7 Desa yaitu Desa Mayang, Merawan, Tegalrejo, Sumberkejayan, Tegalwaru, Sidomukti, dan Seputih. Secara geografis, Kecamatan Mayang berbatasan langsung dengan Kecamatan Kalisat, Pakusari, dan Ledokombo disebelah utara; Kecamatan Silo di sebelah timur dan Tenggara; Kecamatan Mumbulsari di sebelah barat dan barat daya; serta Kecamatan Summersari dan Ajung di sebelah barat dan barat laut.

Topografi Kecamatan Mayang berada pada ketinggian antara ± 140 sampai ± 260 mdpl. Sebagian besar tanah di Kecamatan Mayang dapat dikatakan datar dan sebagian di tempat tertentu saja yang memiliki persentase kelerengan yang tinggi. Secara Geologi, Kecamatan Mayang termasuk dalam wilayah geologi Argopuro Tuff dan Formasi Batuampar. Jika dilihat dari jenis tanahnya (Peta SRTM Jenis Tanah), Kecamatan Mayang memiliki empat jenis tanah. Keempat jenis tanah tersebut adalah 1) Regosol Coklat Kemerahan (59.92%), 2) Kompleks Regosol dan Litosol (3.98%), 3) Kompleks Latosol Coklat Kemerahan dan Litosol Vulkan (21.59%), dan 4) Asosiasi Latosol Coklat dan Regosol Kelabu (14.51%). Secara keseluruhan wilayah Kecamatan Mayang didominasi jenis tanah Regosol Coklat Kemerahan di mana luasannya lebih dari setengah luas keseluruhan kecamatan. Wilayah yang memiliki jenis tanah Regosol Coklat Kemerahan dan Kompleks Regosol dan Litosol memiliki karakteristik tekstur kasar dan tingkat kedalaman tanahnya tinggi, sedangkan wilayah yang memiliki jenis tanah Kompleks Latosol Coklat Kemerahan dan Litosol Vulkan dan Asosiasi Latosol Coklat dan Regosol Kelabu memiliki tekstur lebih halus dan tingkat kedalaman tanahnya rendah.

Berdasarkan Peta RBI penutup tanah 2016, Kecamatan Mayang mempunyai tujuh macam tutupan lahan, yang sebagian besar merupakan lahan sawah dan perkebunan. Tutupan lahan lainnya adalah terdiri dari lahan pertanian ladang, sungai, non pertanian (alang-alang sabana dan padang), pemukiman, dan danau atau waduk. Luas lahan sawah total Kecamatan Mayang adalah 1,767.62 ha atau 30.88% dari luas lahan keseluruhan.

Karakteristik Lahan Petani

Tanah merupakan faktor yang penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Setiap lahan sawah yang dimiliki petani mempunyai karakteristik yang berbeda. Secara umum lahan petani di kecamatan mayang tidak memiliki perbedaan yang nyata. Hasil analisis sifat fisika dan kimia tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia tanah lahan petani sampel

Petani	pH	Harkat	KTK (me 100g ⁻¹)	Harkat	N-Total (%)	Harkat	BV (g cm ⁻³)	Tekstur	Harkat
Pak Edda	5.95	Agak Masam	18.40	Sedang	0.289	Sedang	1.408	Loam	Sedang
Pak H. Munir	6.41	Agak Masam	25.20	Tinggi	0.317	Sedang	1.311	Clay Loam	Agak Halus
Pak Sahid	6.58	Agak Masam	24.80	Sedang	0.375	Sedang	1.319	Clay Loam	Agak Halus
Pak Leha	5.86	Agak Masam	22.00	Sedang	0.251	Sedang	1.330	Clay Loam	Agak Halus
Pak Basit	6.59	Agak Masam	20.80	Sedang	0.279	Sedang	1.370	Sandy Clay Loam	Agak Halus
Pak Riko	6.76	Netral	19.60	Sedang	0.350	Sedang	1.377	Loam	Sedang
Pak Hadi	5.90	Agak Masam	14.40	Rendah	0.291	Sedang	1.531	Sandy Loam	Agak Kasar
Pak Husen	6.00	Agak Masam	20.80	Sedang	0.311	Sedang	1.497	Sandy Loam	Agak Kasar
Pak H. Bullah	6.68	Netral	24.00	Sedang	0.234	Sedang	1.311	Clay Loam	Agak Halus
Pak Harianto	6.62	Netral	20.40	Sedang	0.281	Sedang	1.320	Clay Loam	Agak Halus

Rata-rata lahan petani sampel Kecamatan Mayang mempunyai pH agak masam. Dari 10 petani sampel yang diambil hanya 3 petani yang mempunyai nilai pH netral yaitu Pak Riko, Pak H Bullah, dan Pak Harianto. Nilai pH optimum untuk ketersediaan unsur hara tanah adalah sekitar 7.00, karena pada pH ini semua unsur makro tersedia secara maksimum. Dari 10 petani sampel, rata-rata memiliki lahan dengan nilai KTK sedang. Lahan Pak H Munir memiliki nilai KTK yang tinggi sedangkan Pak Hadi memiliki nilai KTK yang rendah serta lahan petani yang lain mempunyai nilai KTK sedang. Dapat dikatakan bahwa Lahan Pak H Munir mempunyai kemampuan menyediakan hara lebih baik, sedangkan lahan Pak Hadi mempunyai kemampuan rendah dalam menyediakan hara dibandingkan petani yang lain. Dilihat dari kandungan N dalam tanah, semua lahan petani sampel di Kecamatan Mayang memiliki nilai N-total dengan kategori sedang.

Terdapat 3 kategori tingkat kekasaran tanah dari 10 lahan petani sampel, yaitu sedang, agak halus, dan agak kasar. Lahan Pak Edda dan Pak Riko memiliki tekstur sedang sedangkan Pak Hadi dan Pak Husen memiliki tekstur agak kasar. Lahan petani yang lain memiliki tekstur agak halus. Tekstur tanah yang paling baik adalah tekstur sedang karena memiliki kemampuan menyimpan dan meloloskan air lebih seimbang. Semakin kasar tekstur tanah maka semakin tinggi kemampuan meloloskan air sehingga kemampuan menyediakan air bagi tanaman semakin berkurang. Lahan Pak Hadi dan Pak Husen memiliki BV tinggi dibandingkan petani lain dikarenakan mempunyai tekstur agak kasar. Lahan pak Edda dan Pak Riko memiliki BV sedang dikarenakan mempunyai tekstur sedang, sedangkan petani lain memiliki BV lebih rendah dikarenakan memiliki tekstur lebih halus.

Penggunaan CROPSYST

Kalibrasi CROPSYST

Kalibrasi bertujuan untuk penyesuaian parameter-parameter yang ada di dalam model sesuai dengan keadaan lapang, dengan cara merubah nilai-nilai parameter yang sensitif terhadap perubahan hasil tanaman sampai menghasilkan *yield* yang mendekati hasil panen. Pada proses kalibrasi dilakukan analisis sensitivitas parameter

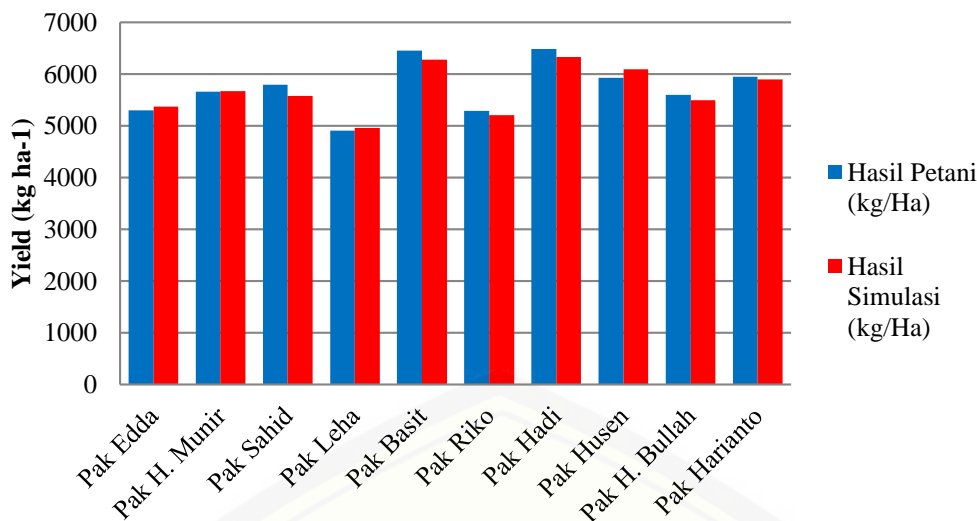
yang dilakukan pada salah satu petani, yang dipilih secara acak sebagai acuan untuk kalibrasi pada petani yang lain. Hasil analisis sensitivitas parameter dapat dilihat pada Tabel 2.

Validasi CROPSYST

Validasi model dilakukan pada 10 petani yang mewakili penggunaan varietas padi yang berbeda. Dengan perhitungan nilai validasi maka akan diketahui presentase kemiripan antara hasil simulasi model *Cropsyst* dengan hasil praktek petani. Selain itu juga akan diketahui perbedaan angka rata-rata dari dua hasil tersebut. Perbandingan hasil petani dan hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat perbandingan antara hasil praktek petani dan hasil simulasi model *Cropsyst*. Hal ini dikarenakan *Cropsyst* merupakan suatu penyederhanaan dari kondisi yang sebenarnya. Selain itu, juga dapat dikatakan bahwa hasil simulasi *Cropsyst* tidak sepenuhnya nyata seperti praktek nyata oleh petani, Namun di sisi lain *Cropsyst* dapat memberikan gambaran umum dari praktek nyata oleh petani. Menurut Jalota *et al.* (2006) model simulasi merupakan alat penelitian modern yang dapat melengkapi hasil penelitian lapang. *Cropsyst* dapat memberikan gambaran umum berdasarkan data nyata, namun dibatasi oleh faktor yang tidak menjadi data masukan dalam simulasi. Perhitungan validasi model dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diketahui bahwa nilai RMSE adalah -47.97. Hal ini dapat diartikan bahwa perbandingan kesalahan antara hasil petani dengan hasil simulasi *Cropsyst* adalah sebesar 47.97 kg. Nilai negatif menunjukkan hasil rata-rata praktek petani lebih tinggi dari pada hasil simulasi. nilai EF perbandingan antara hasil yang didapatkan petani dengan hasil simulasi adalah 0.93. Dari perhitungan tersebut maka dapat dikatakan bahwa *Cropsyst* dapat digunakan dalam model simulasi karena nilai EF sangat mendekati angka 1. Pada dasarnya nilai EF akan lebih baik jika perbandingan antara hasil yang didapatkan petani dengan hasil simulasi semakin mendekati angka 1.



Gambar 2. Perbandingan hasil praktek petani dan hasil Cropsyst

Tabel 2. Sensitivitas parameter model Cropsyst

Parameter	Pak Edda	Nilai Parameter	Perubahan Nilai		Selisih
			+ 20 %	- 20%	
Emergence	5,373	85	5,346	5,423	-77
Maximum Root Depth		975	5,100	5,688	-588
End Canopy Growth		600	5,627	5,120	507
Begin Flowering		850	5,483	5,265	218
Begin Filling (seed filling, or orchard fruit filling or tuber bulking)		950	5,059	5,555	-496
Physiological Maturity		1,460	5,825	4,673	1,152
Initial (LAI)		1.00	5,673	5,071	602
Specific leaf area at optimum temperature		19.00	5,263	5,566	-303
Fraction of max LAI at physiological maturity		0.80	5,372	5,374	-2
Stem/leaf partition coefficient		1.20	5,322	5,426	-104
Leaf Area duration		800	5,871	4,828	1,043
Above ground biomass-transpiration coefficient (K) for annuals		5.00	5,784	4,907	877
Canopy extinction coefficient for total (global) solar radiation		0.5	5,512	5,185	327
Evapotranspiration crop coefficient at full canopy		1.05	5,790	4,892	898
Base Temperature		15.00	6,650	4,767	1,883
Cutoff temperature		29.00	5,373	7,508	-2,135
Nitrogen demand adjustment		1.00	5,373	5,904	-531
Maximum Root dept		1.00	5,571	5,108	463
Unstressed harvest index		0.50	5,768	4,463	1,305
Biomass translocation to grain fraction (max)		0.4	5,574	4,958	616

Keterangan: - Selisih Negatif (-) : Semakin tinggi nilai parameter, semakin menurun hasil
 - Selisih Positif (+) : Semakin tinggi nilai parameter, semakin tinggi hasil

Tabel 3. Perhitungan nilai RMSE dan EF

Petani	Hasil Petani		Hasil Simulasi	(Pi-Oi)	(Pi-Oi)2	(Oi-Ō)	(Oi-Ō)2
	Oi	Ō					
Pak Edda	5,302	5,735	5,373	71.36	5,092.34	-433.36	187,801.46
Pak H. Munir	5,660	5,735	5,674	13.62	185.58	-74.62	5,568.54
Pak Sahid	5,789	5,735	5,578	-211.47	44,721.12	54.47	2,967.38
Pak Leha	4,902	5,735	4,955	53.04	2,813.16	-833.04	693,954.33
Pak Basit	6,452	5,735	6,275	-176.61	31,192.12	716.61	513,534.05
Pak Riko	5,283	5,735	5,205	-78.02	6,086.94	-451.98	204,286.94
Pak Hadi	6,486	5,735	6,331	-155.49	24,176.05	751.49	564,731.94
Pak Husen	5,926	5,735	6,092	166.07	27,580.60	190.93	36,452.71
Pak H. Bullah	5,600	5,735	5,490	-110.16	12,135.23	-134.84	18,181.83
Pak Harianto	5,945	5,735	5,893	-52.00	2,704.00	210.00	44,100.00
Jumlah	57,346	57,346	56,866	Jumlah	156,687.13		2,271,579.18

$RMSE = (56,866 - 57,346) / 10$

$RMSE = - 47.97$

$EF = (2,271,579.18 - 156,687.13) / 2,271,579.18$

$EF = 0.93$

Simulasi Model CROPSYST

Pengaruh Input Nitrogen terhadap Hasil Padi

Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 3 diketahui bahwa rata-rata selisih perbandingan antara hasil padi dengan aplikasi pupuk N dan tanpa pupuk adalah 1,665.7 kg ha⁻¹. Dari hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa unsur N mempunyai peran pada semua aspek pertumbuhan yang mempengaruhi hasil tanaman padi. Menurut Rahmatika (2010) unsur nitrogen mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman padi dalam menghasilkan anakan yang banyak dan perkembangan daun. Pertumbuhan vegetatif secara tidak langsung akan mempengaruhi jumlah gabah tanaman padi. Pemberian N tidak dapat berpengaruh nyata terhadap hasil padi jika tidak didukung oleh kondisi tanah dan manajemen lahan yang dilakukan oleh petani. Dosis N tinggi tidak selalu memberikan produktivitas padi yang tinggi.

Pengaruh Dosis terhadap Hasil Padi

Dosis pemberian pupuk N akan mempengaruhi produktivitas tanaman padi. Tanaman padi akan tumbuh optimal apabila dosis N terpenuhi dengan baik dan pemberian pupuk yang sesuai akan menguntungkan secara ekonomi bagi petani. Simulasi pada **Gambar 4** menggambarkan pengaruh dosis terhadap produktivitas tanaman padi. Hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa ketika unsur N yang diberikan rendah mengakibatkan produktivitas padi kurang optimal. Ketika pemberian N pada tanaman padi ditambah, maka akan semakin tinggi hasil panen yang didapatkan. Hukum Minimum Leibig (*The law of the minimum*) Van der Ploeg *et al.* (1999) menyatakan bahwa hasil panen ditentukan oleh faktor pembatas terbesar, dan hasil panen dapat ditingkatkan hanya dengan mengoreksi faktor pembatas tersebut. Berdasarkan pernyataan tersebut maka dapat dikatakan bahwa unsur N merupakan faktor pembatas terhadap hasil produksi padi semua petani, karena hasil produksi yang didapatkan sangat dipengaruhi oleh dosis N yang diberikan.

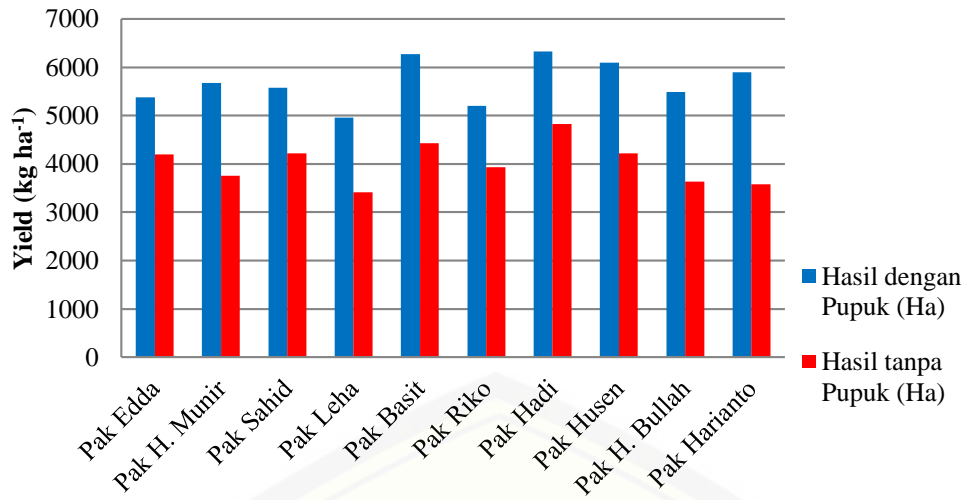
Simulasi tersebut juga diketahui bahwa terdapat pemberian pupuk maksimal pada tanaman padi. Ketika pemberian N sudah pada titik maksimal terus dilakukan penambahan dosis maka tidak terjadi respon terhadap hasil padi, bahkan pada titik tertentu hasil padi akan mengalami penurunan hasil. Menurut Hukum Toleransi (*Law of tolerance*) Shelford's dalam Peck *et al.* (2004) setiap organisme memiliki suatu batasan kondisi maksimum dan minimum yang dapat diterima, diantara batasan tersebut merupakan kisaran toleransi dan di dalamnya terdapat sebuah kondisi yang optimum. Setiap padi yang ditanam memiliki batas kisaran dosis N tertentu untuk mendapatkan hasil yang optimal. Ketika dosis yang diberikan kurang atau lebih dari kisaran tersebut mengakibatkan hasil tidak optimal.

Rekomendasi

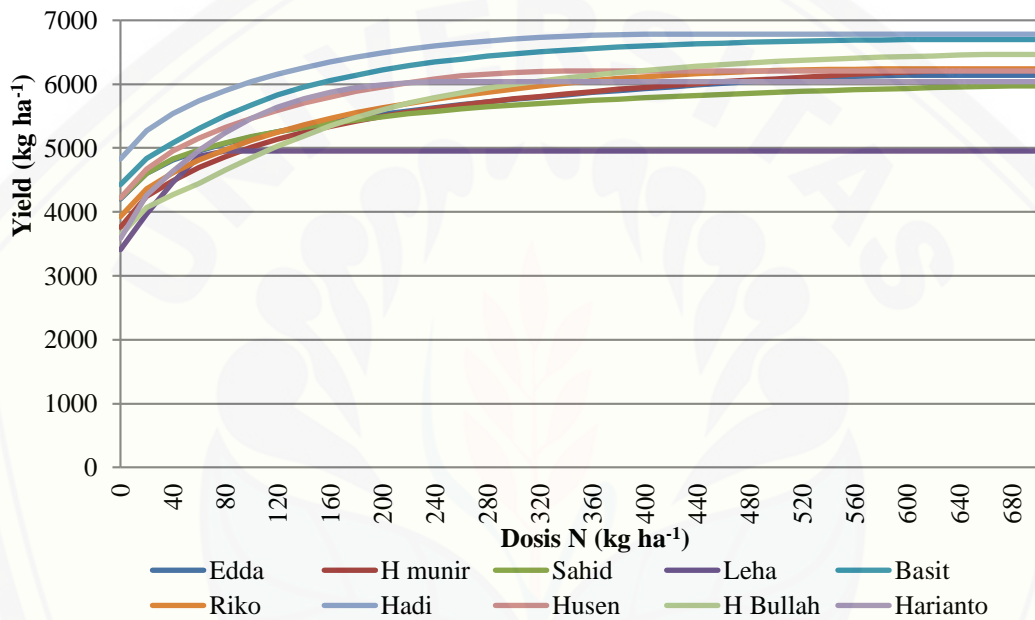
Hasil simulasi ini dapat menjadi acuan pemberian pupuk N oleh petani. Rekomendasi didasarkan pada presentase respon produktivitas berdasarkan dosis N yang diberikan. Gambar 5 berikut merupakan gambaran presentase respon produktivitas padi berdasarkan dosis N. Berdasarkan grafik di atas terdapat 2 petani yang memiliki perbedaan respon produktivitas yang nyata yaitu Pak Leha dan Pak H. Bullah. Banyak faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut antara lain faktor lahan dan manajemen lahan. Jika dilihat dari perbedaan lahan, maka dapat dikatakan bahwa faktor lahan tidak mempengaruhi perbedaan respon produktivitas karena secara umum karakteristik lahan semua petani hampir sama. Faktor manajemen lahan sangat mempengaruhi karena setiap petani menerapkan manajemen lahan yang berbeda-beda. Selain manajemen lahan, faktor varietas juga berpengaruh karena dalam simulasi dipilih varietas yang berbeda.

Pemupukan optimum adalah kondisi pemupukan yang mendapatkan hasil optimum ekonomis, di mana pemberian dosis mendapatkan hasil 90% dari produktivitas tertinggi. Kelaparan tersembunyi (*Hidden Hunger*) adalah kondisi tanaman yang tidak menunjukkan gejala defisiensi yang jelas, namun kandungan haranya tidak cukup untuk memproduksi hasil yang paling menguntungkan (respon *yield*: 80 – 90%). Pemupukan di atas lebih dari pemupukan optimum akan memberikan respon produktivitas menguntungkan, namun tidak menguntungkan secara ekonomis pemupukan (*respon yield*: 90 – 100%) (Tisdale dan Nelson, 1975). Menurut O'Sullivan *et al.* (1997) zona kritis adalah yang memisahkan zona kecukupan dengan zona kekurangan atau keracunan. Respon dapat dikatakan kritis ketika memberikan hasil 90% dari hasil maksimum. Di antara zona tersebut merupakan rentang yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang sehat (rentang toleransi).

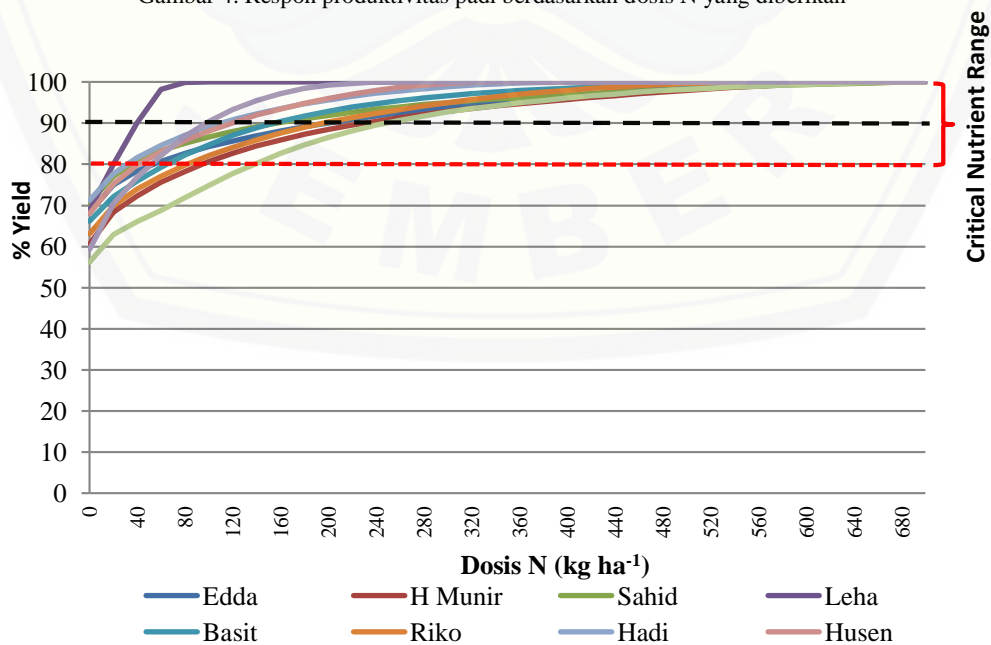
Rekomendasi Pemupukan berdasarkan presentase respon produktivitas tanaman padi terhadap dosis N dapat dilihat pada Tabel 4. Lahan Pak Leha berada pada respon zona III yang produktivitas tanaman sudah mencapai 100% sehingga sangat tidak dianjurkan untuk menambahkan pupuk N pada tanaman padinya. Lahan petani yang berada pada zona IIB perlu melakukan pengurangan dosis N agar mendapatkan keuntungan secara ekonomis dan respon tidak memasuki zona III. Lahan petani yang berada pada zona IIA perlu menjaga kestabilan dosis N dari kondisi kelaparan tersembunyi karena pada kondisi ini tanaman padi akan sangat rawan terhadap defisiensi unsur hara. Untuk mencapai produktivitas optimum dan mendapatkan nilai efisiensi pupuk yang optimum maka petani harus memberikan dosis optimum sesuai pada Tabel 4. Selama ini petani di Kecamatan Mayang mengaplikasikan pupuk N tanpa memperhatikan kebutuhan tanaman padi terhadap unsur N itu sendiri, maka dalam aplikasi pupuk N selanjutnya harus sesuai dengan kebutuhan tanaman padi. Selain dosis pupuk N yang diberikan, petani juga perlu memperhatikan faktor lain yang mempengaruhi penyerapan pupuk N tersebut.



Gambar 3. Perbandingan produktivitas padi dengan pengaplikasian pupuk N dan tanpa pupuk N



Gambar 4. Respon produktivitas padi berdasarkan dosis N yang diberikan



Gambar 5. Presentase respon produktivitas padi berdasarkan dosis N

Tabel 4. Rekomendasi pemupukan petani berdasarkan curva respon

Petani	Varietas	Input N Petani (kgN ha ⁻¹)	Zona	Dosis Optimum (kgN ha ⁻¹)
Pak Edda	Cibogo	150.82	II a	200
Pak H. Munir	Ciherang	260.38	II b	230
Pak Sahid	Inpari 13	242.11	II b	160
Pak Leha	Inpari 30	131.37	III	40
Pak Basit	Inpari 36	216.13	II b	160
Pak Riko	Inpari Sidenuk	113.21	II a	200
Pak Hadi	IR 64	156.22	II b	110
Pak Husen	Logawa	244.44	II b	120
Pak H. Bullah	Sintanur	182.26	II a	240
Pak Harianto	Situbagendit	186.11	II b	100

Zona I : kekurangan unsur hara (respon yield < 80%: *Deficiency Zone*)

Zona II : kelaparan tersembunyi (Respon yield 80 – 100%: *Critical Nutrient Range* → a: < 90% dan b: > 90%)

Zona III : repon produktivitas sudah maksimal (100%: *Adequate Zone*)

Zona IV : kelebihan unsur hara sehingga respon produktivitas menurun (*Toxic Zone*)

SIMPULAN

Validasi model *Cropsyst* pada tanaman padi di Kecamatan Mayang mendapatkan nilai mendekati hasil yang sebenarnya oleh petani dengan nilai RMSE sebesar -47.97 dan EF mendekati 1 yaitu sebesar 0.93. Unsur N menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan padi di Kecamatan Mayang sehingga ketika N semakin ditambah maka akan semakin meningkatkan produktivitas, namun juga terdapat batasan dalam pemberian pupuk N. Setiap penambahan pupuk oleh petani sampel akan meningkatkan hasil panen padi kecuali Pak Leha karena respon tanaman sudah mencapai puncak sehingga aplikasi N hanya untuk menggantikan N yang hilang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Kecamatan Mayang Kabupaten Jember dan Lembaga Penelitian Universitas Jember yang telah memberikan ijin dan bantuan materil selama penelitian serta semua pihak yang telah mendukung terselesainya penelitian yang dilakukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Jalota, S.K., G.B. Singh., A. Sood dan S. Panigrahy. 2006. Performance of *Cropsyst* Model in Rice-Wheat Cropping System. *Agric. Physics*, 6(1):1-13.
- O'Sullivan, J.N., C.J.Asher dan F.P.C.Blamey. 1997. *Nutrient Disorders of Sweet Potato*. ACIAR

Monograph No. 48, Australian Centre for International Agricultural Research, 136 p. Canberra.

Peck, L.L., K E. Webb dan D.M. Bailey. 2004. Extreme sensitivity of biological function to temperature in Antarctic marine species. *Functional Ecology*, 18:625-630.

[PDSIP] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2015. *Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan (Padi)*. Kementerian Pertanian. PDSIP, Jakarta.

Rahmatika, W. 2010. Pertumbuhan Padi (*Oryza sativa*.L) Akibat Pengaruh Presentase N (Azolla dan Urea). *Primordia*, 6(2):84-88.

Soplanit, R dan S.H. Nukuhaly. 2012. Pengaruh Pengelolaan Hara NPK Terhadap Ketersediaan N dan Hasil Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) di Desa Waelo Kecamatan Waepo Kabupaten Buru. *Agrologia*, 1(1):81-90.

Stockle, C.O., M. Donatelli dan R. Nelson. 2003. *Cropsyst*, a Cropping Systems Simulation Model. *European Agronomi*, 18:298-307.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan Publishing Co., New York.

Van der Ploeg, R.R., W. Bohn dan M.B. Kirkhan. 1999. On the Origin of the Theory of Mineral Nutrition of Plants and the Law of the Minimum. *Soil Science Soc. Am. J.*, 63:1055-1062.