

ANALISIS DAMPAK KERAGAMAN CURAH HUJAN TERHADAP KINERJA PRODUKSI PADI SAWAH (Studi kasus di Kabupaten Merauke, Papua)

Aser Rouw

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua Barat
Jl. Amban Pantai Manokwari, Papua Barat

ABSTRACT

Analyzing of Rainfall Variability Impact toward Rice Field Production (Case study at Merauke Papua). This study was conducted with aim: (1) knowing impact of rainfall variability to rice field production and (2) to arrange alternative planting strategy which can decrease rainfall variability impact. Analyzing approach used Decision Support System for Agro-Technology Transfer (DSSAT) Plant Simulation Model. Input of model consists of time series climate data for twenty years (1983-2003), soil physics and chemist data, IR 64 variety genetics data, and the farmers planting technology. The rice field production was simulated following time planting in 15 days. To know pattern of rice field production, output of analysis was plotted using Fourier regression. The result of simulation showed that the rice field production followed rainfall variability event. The higher production 5,4 t with lower variance $\pm 0,1$ at the first planting season was gotten in December 15th. While the second planting season, the higher production just 3,2 t with variance $\pm 0,3$ was gotten in 15 Julyth. This case was caused by lower of rainfall event. If, the total of the farmers irrigation supply was increased from 630 mm to 850 mm, so average production on first planting season become 5,9 t and second planting season 6 t. If the farmer just used rainfall event, so the best time planting was in November 1st, with production was 6 t and variance $\pm 1,1$.

Key words: *Variability, rainfall, production, rice field, simulation.*

ABSTRAK

Analisis dampak keragaman curah hujan terhadap kinerja produksi padi sawah: Kasus Kabupaten Merauke, Papua dilakukan dengan tujuan: (1) mengetahui seberapa besar dampak keragaman curah hujan terhadap produksi padi sawah, dan (2) menyusun alternatif strategi budidaya padi sawah yang dapat mengurangi risiko keragaman curah hujan. Pendekatan analisis menggunakan model simulasi tanaman DSSAT (*Decision Support System for Agro-technology Transfer*). Data input model terdiri atas seri data iklim harian 20 tahun (1983-2003), data fisika dan kimia tanah, dan data genetik varietas padi IR 64, serta data teknologi budidaya padi sawah. Simulasi produksi padi sawah dilakukan menurut waktu tanam dalam selang 15 harian. Output analisis diploting menggunakan regresi Fourier. Hasil simulasi menunjukkan bahwa keragaman produksi padi sawah cenderung mengikuti pola keragaman curah hujan. Rata-rata produksi tertinggi 5,4 t dengan keragaman terendah $\pm 0,1$ pada MT1 tercapai pada waktu tanam 15 Desember. Sedangkan MT2 rata-rata produksi tertinggi hanya mencapai 3,2 t dengan keragaman $\pm 0,3$ tercapai pada tanggal tanam 15 Juli. Hal ini disebabkan karena rendahnya input curah hujan. Hasil ini masih dapat ditingkatkan, yaitu melalui penambahan suplai air irigasi petani dari 630 mm menjadi 850 mm, maka rata-rata produksi MT1 mencapai 5,9 t dan MT2 6 t. Kalau hanya mengandalkan curah hujan, maka waktu tanam terbaik bagi petani adalah pada tanggal tanam 1 November, yaitu rata-rata produksi dapat mencapai 6 t dengan keragaman $\pm 1,1$.

Kata kunci: *Keragaman, curah hujan, produksi, padi sawah, simulasi.*

PENDAHULUAN

Kabupaten Merauke merupakan sentra pengembangan padi di Papua. Kondisi ini ditunjukkan dengan tingkat kontribusi sebesar 73% terhadap total produksi padi di Papua. Sejalan dengan komitmen pemerintah Papua untuk memantapkan sistem ketahanan pangan (*food security*) dan pengembangan agribisnis, maka upaya pengembangan akan terus dilakukan. Hal ini ditunjang oleh potensi lahan lebih dari 2 juta ha dan baru tergarap sekitar 1,31% (Dinas Tanaman Pangan Kabupaten Merauke, 2003).

Terdapat tiga sentra pengembangan padi sawah di Merauke, yaitu Distrik Merauke, Semangga-Tanah Miring dan Kurik (Dinas Tanaman Pangan Kab. Merauke 2003). Curah hujan pada wilayah ini menunjukkan pola monsun (Rouw, 2004), yaitu suatu pola curah hujan dimana terdapat periode kering dan periode hujan. Periode hujan terjadi sekitar Oktober-Maret, sementara April-November dijumpai periode kering. Kondisi ini lebih dikendalikan oleh perubahan medan angin monsun Asia-Australia (Hastentrath, 1985).

Hasil analisis rata-rata produksi padi di Merauke selama 10 tahun (1991-2001) menunjukkan bahwa pada periode hujan rata-rata produksi padi lebih tinggi, yaitu sekitar 4,2 t dibanding periode kering hanya mencapai 3,2 t. Hasil ini dicapai dengan rata-rata luas tanam sekitar 15.000 ha pada musim hujan dan 5.000 ha pada musim kemarau. Hal yang menarik adalah bahwa frekuensi dan total pasokan air adalah tetap. Demikian halnya jumlah dan waktu pemberian pupuk serta varietas yang digunakan (Rouw, 2004). Kondisi ini mengisyaratkan pengaruh keragaman input curah hujan terhadap keragaman produksi.

Mengingat keragaman produksi padi yang signifikan antar periode musim, maka diperlukan analisis untuk mengetahui seberapa besar dampak keragaman curah hujan terhadap produksi padi sawah agar dapat disusun

alternatif strategi teknologi budidaya yang dapat mengurangi bahkan mengatasi risiko tersebut. Penentuan waktu tanam yang tepat, aplikasi pemupukan, sistim pengairan serta pemilihan varietas yang tepat merupakan pilihan yang dapat dilakukan dalam mengatasi risiko iklim. Dengan pendekatan model simulasi tanaman hal tersebut dapat diketahui, sehingga alternatif strategi budidaya dapat dilakukan.

Model-model simulasi tanaman yang berdasarkan faktor-faktor tanaman, tanah dan cuaca dapat digunakan untuk merencanakan alternatif strategi untuk penanaman, penggunaan tanah dan pengelolaan air (Jordan, 1983). Untuk evaluasi tanaman, varietas dan teknologi budidaya (Boote & Jones, 1988) dan untuk menganalisis tingkat risiko iklim terhadap pertumbuhan tanaman sehingga dapat digunakan perluasan wilayah penanaman dan pemilihan sistem usahatani yang sesuai dengan lokasi (Carberry *et al.* 1989). Model simulasi DSSAT adalah salah satu model simulasi yang dapat menduga potensial hasil dengan tingkat penerapan teknologi tertentu pada berbagai kondisi variabilitas iklim (Tsuji *et al.*, 1994). Oleh karena itu, tulisan ini bertujuan (1) mengetahui dampak keragaman curah hujan terhadap produksi padi sawah, dan (2) menyusun alternatif strategi budidaya padi sawah yang dapat mengurangi dampak variabilitas curah hujan melalui model simulasi DSSAT.

METODOLOGI

Analisis difokuskan pada wilayah sentra pengembangan padi di Merauke Papua, yaitu Distrik Semangga-Tanah Miring. Studi dilakukan dalam bentuk *desk study* dan survey lapangan dan berlangsung dari Agustus-Desember 2004.

Data yang digunakan meliputi data iklim, tanah dan tanaman. Data iklim meliputi curah hujan harian, radiasi harian, serta data suhu maksimum dan minimum harian selama 20 tahun (1983-2003) yang diperoleh dari instansi

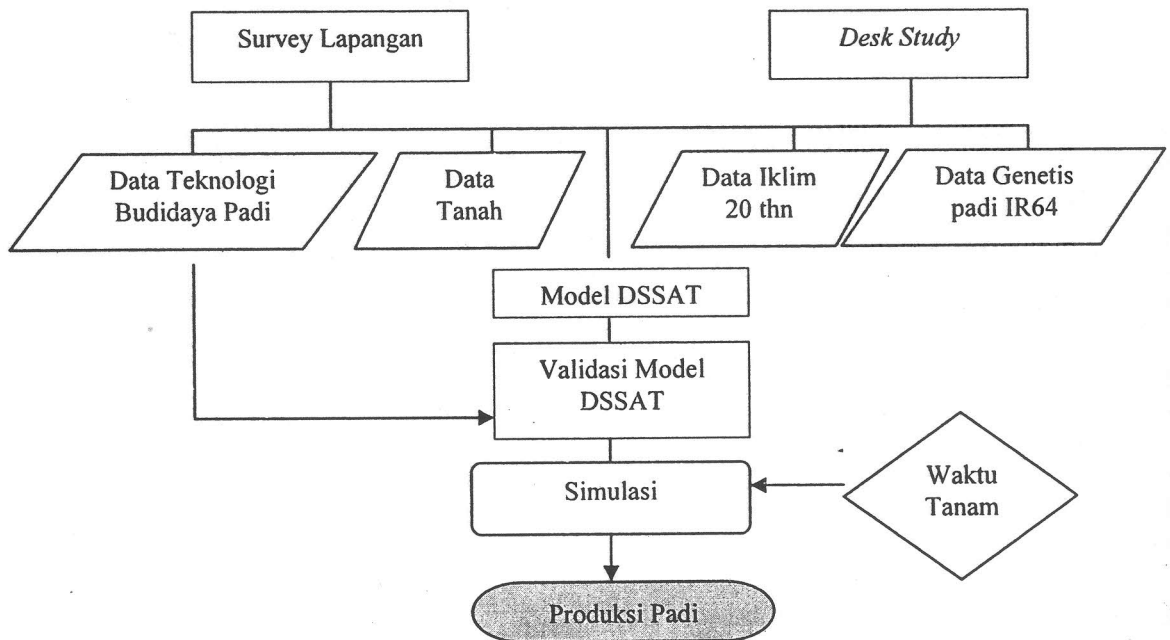
terkait. Data tanaman meliputi data genetik dan *ecotype* tanaman padi telah tersedia dalam modul DSSAT. Data tanah meliputi kerapatan isi, pH, karbon tanah, Nitrogen total, albedo tanah, laju drainase, kadar air tanah awal, dan faktor mineralisasi. Data ini diperoleh dari hasil analisis contoh tanah di Puslitanak Bogor. Selain itu dikompilasi data-data produksi selama 20 tahun (1983-2003) dan data-data teknologi budidaya yang diterapkan.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi komputer dengan program DSSAT versi 3.5 yang dikeluarkan oleh *International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer*, IBSNAT. 1989) dan program olah data Minitab serta Excel. Model DSSAT terdiri dari tiga bagian, yaitu (1) data base untuk cuaca, (2) data base tanaman yang menyimpan file genetik, *ecotype* dan tanaman, (3) data base yang menyimpan sifat fisik dan kimia tanah. Selain ketiga data base ini, model DSSAT dilengkapi dengan file manajemen

teknologi seperti dosis pupuk, irigasi dan lainnya.

Gambar 1 memperlihatkan tahapan analisis, yaitu diawali dengan menginput data tanah, tanaman dan iklim ke dalam model DSSAT. Selanjutnya dilakukan eksperimen berdasarkan kondisi *existing*. Keluaran eksperimen dihubungkan dengan produksi rata-rata padi di wilayah penelitian selama 20 tahun (1983-2003) untuk melihat seberapa besar hubungan produksi padi sawah berdasarkan hasil simulasi model terhadap produksi padi sawah aktual. Semakin besar nilai korelasi menunjukkan model DSSAT layak digunakan. Selanjutnya simulasi produksi dijalankan menurut waktu tanam selang 15 harian dengan mengacu pada waktu tanam petani.

Output model DSSAT dirata-ratakan kemudian dihitung nilai ragamnya menggunakan analisis ragam. Semakin tinggi nilai ragam berarti semakin tinggi pula keragaman produksi yang tercapai akibat keragaman curah hujan.



Gambar 1. Tahapan Analisis dalam Model DSSAT

Analisis regresi dan korelasi digunakan untuk melihat pengaruh perlakuan yang dicobakan. Hubungan pola produksi dengan pola hujan diplot dengan regresi Fourier (Stern and Coe, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman Curah Hujan di Merauke, Papua

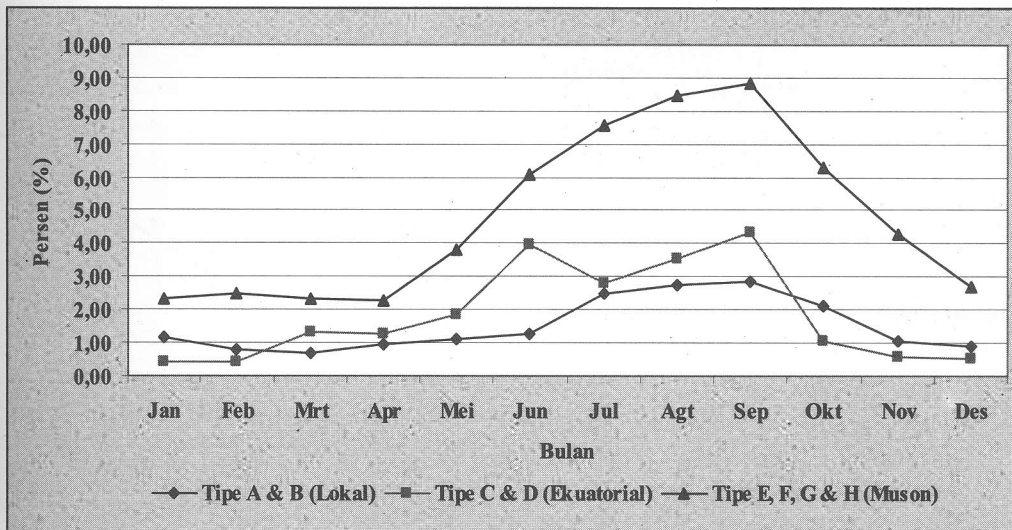
Wilayah Merauke, Papua memiliki tiga pola curah hujan, yaitu pola lokal, monsun dan pola ekuatorial. Pola lokal ditandai oleh satu puncak hujan yang terjadi sekitar bulan Desember, tanpa diselingi periode kering. Sedangkan pola ekuatorial dijumpai dua puncak hujan yang biasanya terjadi pada periode Oktober-Desember dan Januari-Maret. Sementara pola monsun hanya memiliki satu puncak hujan pada periode Oktober-Maret. Pola ini dijumpai perbedaan yang jelas antara periode kering dan periode hujan. Periode kering terjadi sekitar April-November (Rouw, A. 2004).

Keragaman curah hujan pada masing-masing pola hujan diperlihatkan pada Gambar 2. Dari gambar jelas terlihat bahwa nilai koefisien

keragaman antar pola hujan cukup bervariasi. Semakin tinggi nilai koefisien keragaman berarti semakin kering, yaitu periode dimana curah hujan jarang terjadi (Odumodu, 1983). Periode April-November koefisien keragaman curah hujan di wilayah Merauke dapat mencapai 47,63%, sementara periode Desember-Maret dapat mencapai 9,85%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa periode hujan di Merauke Papua dapat terjadi sekitar Desember-Maret, sedangkan periode kering sekitar April-November

Teknologi Budidaya Padi sawah di Merauke, Papua

Hasil identifikasi teknologi budidaya padi sawah memperlihatkan bahwa Kabupaten Merauke memiliki tiga distrik sentra pengembangan, yaitu sentra Semangga-Tanah Miring, Kurik dan Merauke. Total luasan pengembangan padi mencapai kurang lebih 77.000 ha (Dinas Tanaman Pangan Kab. Merauke, 2003). Pada ketiga sentra ini, pola hujannya menggambarkan pola monsun (Rouw, A. 2004). Hasil indentifikasi dan analisis lebih lanjut difokuskan pada sentra Semangga-Tanah



Gambar 2. Grafik Koefisien Keragaman Curah Hujan di Merauke, Papua

Miring.

Varietas padi yang umum digunakan petani di Sentra Semangga-Tanah Miring meliputi IR 64, IR 66, Memberamo, dan Digul. Dosis pupuk yang sering diaplikasikan adalah 46 kg N/ha, 45 kg P/ha dan 30 kg K/ha. Sistem irigasi yang diterapkan tergolong semi teknis, yaitu menggunakan motor pompa (sistem pompanisasi). Sumber air berasal dari hujan dan sungai yang ditampung dengan menggunakan sistem *long storage* dengan volume 36.800 m³ (400 m x 23 m x 4 m) seperti yang ditampilkan pada Gambar 3. Sebuah *long storage* mengkover 20 ha sawah, setiap ha sawah terdapat 4 buah drainase. Pasokan air irigasi dilakukan tiga kali, yaitu pada saat pengolahan tanah, saat pemupukan pertama (1 MST), pemupukan kedua (4 MST) dan primordia (6 MST). Total pasokan air irigasi 630 mm/MT. Penanaman dalam setahun dilakukan dua kali, yaitu minggu kedua Oktober (MT1) dan Minggu kedua Juli (MT2).



Gambar 3. Sistem *Long Storage* di sentra Semangga-Tanah Miring, Merauke, Papua.

Faktor Manajemen Budidaya Padi Sawah untuk input model Simulasi DSSAT

Bersumber pada hasil identifikasi teknologi budidaya yang diterapkan petani, disusun kombinasi perlakuan untuk menganalisis keragaman produksi padi sawah akibat variabilitas curah hujan melalui model DSSAT diberikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa terdapat dua faktor, yaitu Irigasi

dan dosis pupuk N. Faktor irigasi meliputi irigasi petani, otomatis, dan tadah hujan. Sementara faktor N terdiri atas dua taraf, yaitu 46 kg N/ha dan 92 kg N/ha.

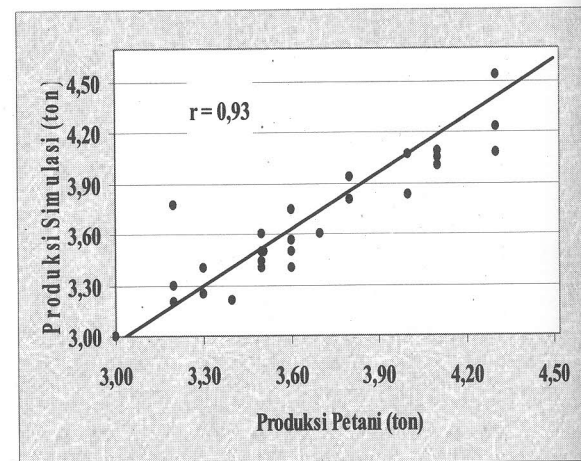
Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Teknologi Budidaya Padi Sawah yang Digunakan sebagai Faktor Manajemen dalam Model Simulasi DSSAT

Irigasi	Dosis pupuk N (kg/ha)	
	46 (N ₁)	92 (N ₂)
Petani (I ₁)	I ₁ N ₁	I ₁ N ₂
Otomatis (I ₂)	I ₂ N ₁	I ₂ N ₂
Tadah hujan (I ₃)	I ₃ N ₁	I ₃ N ₂

Keterangan: Irigasi otomatis adalah model DSSAT memberikan air sesuai kondisi lengas tanah.

Analisis Keragaman Produksi Padi Sawah Hasil Simulasi DSSAT

Hubungan hasil simulasi dan produksi padi sawah oleh petani disajikan pada Gambar 4. Terlihat bahwa hasil simulasi dapat merepresentasikan produksi petani, yang dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi 93%, sehingga model DSSAT layak digunakan.

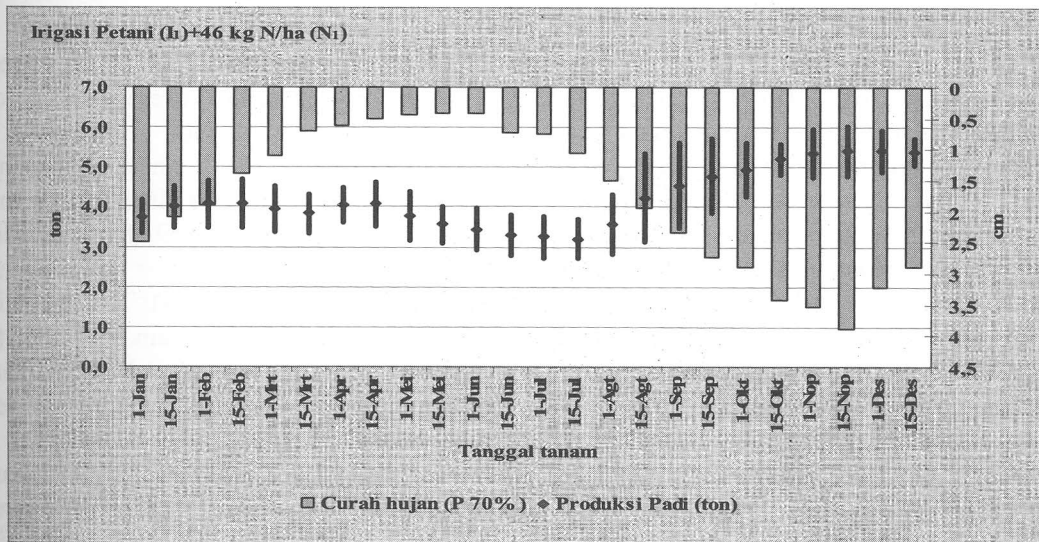


Gambar 4. Hubungan Produksi Padi Simulasi dan Produksi Petani

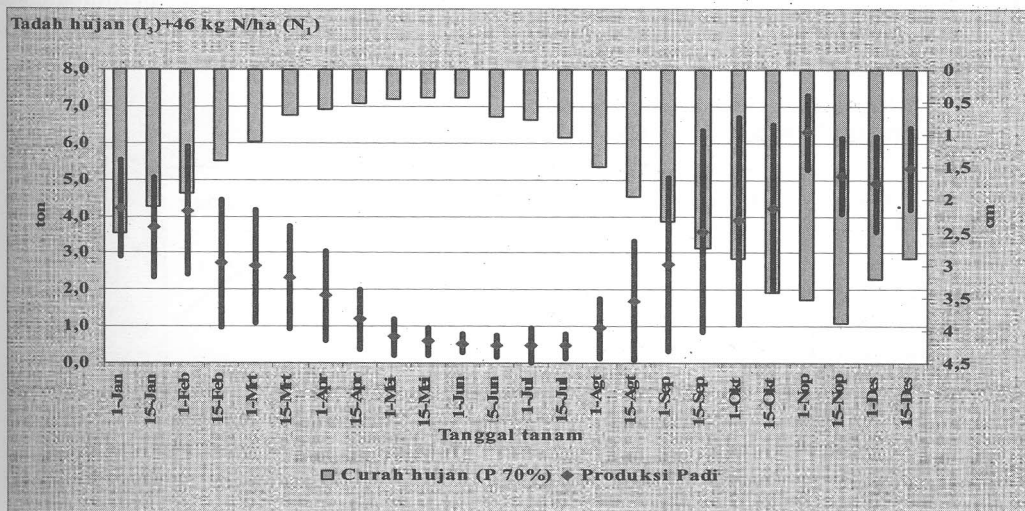
Demikian juga pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa produksi simulasi cenderung *over estimate*. Hal ini dapat dipahami karena model DSSAT hanya mendasari simulasi pada tiga faktor, yaitu faktor ketersediaan unsur hara N, air dan faktor genetik tanaman. Model ini mengasumsikan bahwa tidak terdapat pengaruh hara makro P, K dan hara mikro serta tidak terdapat serangan hama atau penyakit. Dengan

demikian, jika faktor N dan air disuplai dalam jumlah yang optimum, ditunjang potensi genetik tanaman, akan memberikan hasil yang optimum.

Pada Gambar 5 dan 6 diberikan rata-rata ragam produksi padi sawah pada kombinasi perlakuan irigasi dan dosis pupuk petani (I_1N_1) serta perlakuan tadah hujan dan pupuk petani (I_3N_1).



Gambar 5. Rata-rata Ragam Produksi Padi pada Perlakuan I_1N_1



Gambar 6. Rata-rata Ragam Produksi Padi pada Perlakuan I_3N_1

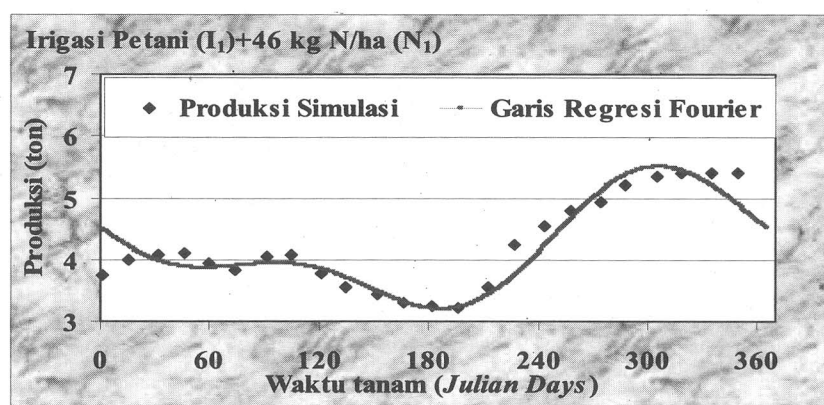
Dari Gambar 5 terlihat bahwa, selain waktu tanam petani pada minggu kedua Oktober (MT1) dan minggu kedua Juli (MT2), terdapat beberapa alternatif waktu tanam yang dapat memberikan rata-rata produksi >5 t dengan keragaman $\pm 0,1$. Dimana untuk MT1 adalah sekitar 1 dan 15 November, serta 1 dan 15 Desember. Untuk MT2 adalah sekitar tanggal tanam 15 Mei, 1 dan 15 Juni, serta 1 Juli dan 15 Juli dengan rata-rata produksi hanya 3 t dan ragam $\pm 0,3$, sehingga waktu tanam petani di minggu kedua Juli untuk MT2 tampaknya masih optimal.

Selanjutnya dari Gambar 6 terlihat bahwa hanya terdapat satu tanggal tanam yang memberikan rata-rata produksi tinggi 6 t dengan keragaman $\pm 1,1$, yaitu pada tanggal tanam 1 November. Selain tanggal tanam ini, tanaman mengalami risiko cekaman kekeringan. Hal ini memberikan gambaran bahwa sangat penting untuk menerapkan pola tanam di sentra Semangga-Tanah Miring. Selain tanaman utama padi sawah, perlu dilakukan tumpang gilir dengan jenis tanaman pangan lain yang kurang mengkonsumsi air atau relatif tahan terhadap cekaman kekeringan.

Pada Gambar 7 dan 8 diberikan pola produksi untuk perlakuan I_1N_1 dan I_3N_1 . Dari kedua Gambar tersebut diperoleh persamaan 1

dan 2 yang memperlihatkan bahwa kecenderungan terdapatnya variasi pola produksi pada perlakuan yang disimulasikan. Dari Gambar 7 terlihat bahwa pola produksinya mulai meningkat tajam pada hari tanam ke 220 (*Julian Days*) hingga mencapai optimum diatas 5 t sekitar hari ke 300, kemudian mulai menurun. Sementara dari Gambar 8 terlihat bahwa produksi juga mulai meningkat pada hari ke 220 hingga sekitar hari ke 315 (MT2) dengan rata-rata produksi 6 t.

Penurunan pola produksi yang diperlihatkan oleh Gambar 7 dan 8 terutama disebabkan oleh faktor stress air yang dialami oleh tanaman padi selama masa pertumbuhannya. Hasil simulasi menunjukkan pada fase-fase tertentu, tanaman padi mengalami stress air. Hal ini diperlihatkan dengan nilai stress mendekati 1 (nilai 1 = stress maksimum, nilai 0 = stress minimum). Kondisi ini dapat dijelaskan oleh hari tanam ke 180 (MT1). Dimana untuk perlakuan I_1N_1 , tanaman padi mulai mengalami stress air pada fase vegetatif maksimum hingga fase pengisian biji. Sementara pada perlakuan I_3N_1 tanaman padi mengalami stress air sejak perkecambahan hingga pengisian biji. Hal ini memperlihatkan bahwa suplai air untuk memenuhi kebutuhan tanaman padi perlu mempertimbangkan fase-fase perkembangan tanaman. Menurut



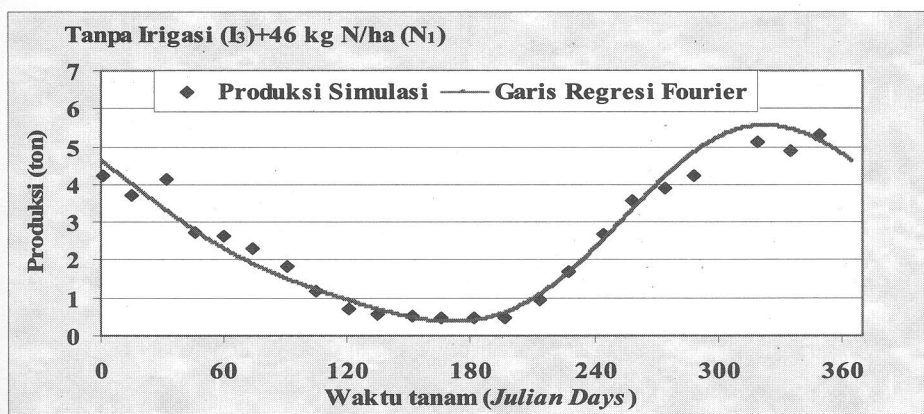
$$Y(I_1N_1) = 4,19 - 0,582 \sin(t) + 0,656 \cos(t) - 0,362 \sin 2(t) - 0,329 \cos 2(t) \dots \dots (1)$$

Gambar 7. Regresi Fourier Pola Produksi Padi pada Perlakuan I_1N_1

Robertson (1975) bahwa periode kritis (sensitif) tanaman padi di dalam kebutuhan air terjadi pada akhir fase vegetatif atau dari primordia sampai pengisian malai. Kekurangan air pada periode ini dapat menghambat pertunasan dan mengakibatkan kehampaan. Hal ini akan berdampak pada terjadinya penurunan produksi.

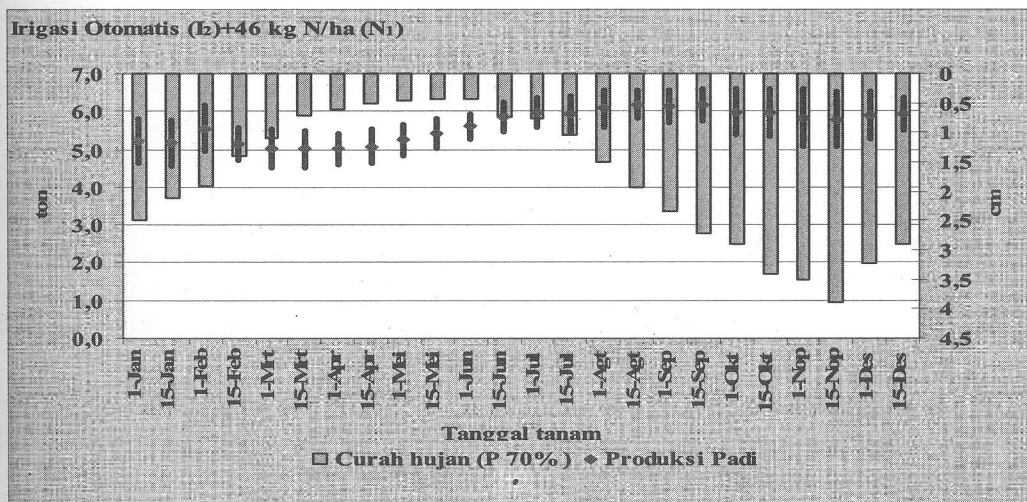
Pada Gambar 9 diberikan perlakuan irigasi otomatis dan pupuk N petani (I_2N_1). Dari gambar 9 jelas terlihat bahwa terdapat peluang

peningkatan produksi padi sawah melalui penambahan total pasokan air irigasi. Melalui analisis penerapan irigasi otomatis dan pupuk N petani diketahui bahwa, jika total pasokan air irigasi petani 630 mm ditingkatkan menjadi 850 mm, maka produksi MT1 meningkat dari 5,4 t menjadi 5,9 t. Sementara 3,2 t meningkat menjadi 6 t pada MT2. Menurut (Greenland 1997), bahwa umumnya tanaman padi sejak tanam hingga panen membutuhkan air antara



$$Y(I_3N_1) = 2,67 - 1,34 \sin(t) + 2,11 \cos(t) - 0,432 \sin(2t) - 0,160 \cos(2t) \dots \dots \dots (2)$$

Gambar 8. Regresi Fourier Pola Produksi Padi pada Perlakuan I_3N_1

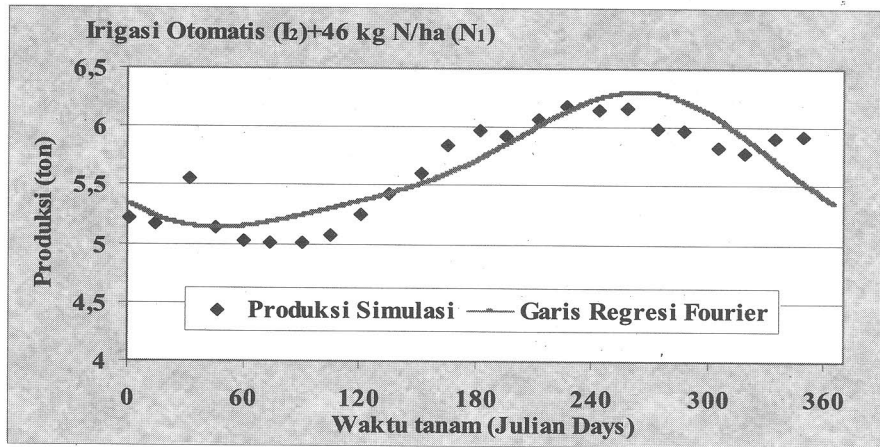


Gambar 9. Rata-rata Ragam Produksi Padi pada Perlakuan I_2N_1

540 mm-1620 mm. Jumlah ini bergantung pada iklim, topografi lahan, umur tanaman, karakteristik drainase, dan pengelolaan dalam penyediaan pasokan air.

diairi tiap dua minggu sekali, produksi tertinggi dicapai pada dosis 46 kg N/ha.

$$Y(\text{ton}) = 0,983 + 1,131^* \text{Irigasi} + 0,00413^{\text{ns}} \text{ Kg N/ha} + 0,00821^{\text{ns}} \text{Irigasi} \times \text{kg N/ha} \dots \dots \dots (4)$$



$$Y(I_2N_1) = 5,65 - 0,521 \sin(t) + 0,191 \cos(t) - 0,141 \sin 2(t) - 0,113 \cos 2(t) \dots \dots \dots (3)$$

Gambar 10. Regresi Fourier Pola Produksi Padi pada Perlakuan I₂N₁.

Pada Gambar 10 diberikan pola produksi padi sawah untuk perlakuan I₂N₁. Dari Gambar 10 diperoleh persamaan 3 yang menunjukkan bahwa produksi padi sawah cenderung meningkat pada hari ke hari ke 120 dan mencapai optimum 6 t, dan mulai menurun pada hari ke 240 dengan capaian produksi masih diatas 5 t.

Selanjutnya pada persamaan 4 menunjukan bahwa penambahan pupuk N pada perlakuan petani (I₁N₁), yaitu 46 kg N/ha menjadi 92 kg N/ha pada semua kombinasi perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata. Pengaruh signifikan ditunjukan oleh pasokan air irigasi. Hasil-hasil penelitian intensif litbang pertanian menunjukkan bahwa dengan penggenangan terus-menerus, produksi tertinggi tercapai >5 t/ha pada pemupukan 90 kg N/ha. Selanjutnya, produksi akan turun pada dosis pupuk yang lebih tinggi. Sedangkan lahan hanya diairi seminggu sekali, produksi tertinggi dicapai dengan pemupukan 135 kg N/ha, tetapi jika

KESIMPULAN DAN SARAN

Keragaman produksi padi sawah di wilayah Distrik Semangga-Tanah Miring, Merauke, Papua dipengaruhi oleh keragaman curah hujan yang terjadi. Oleh karena itu, untuk mencapai produksi optimal 5,4 t, maka pada MT1, petani harus menggeser waktu tanamnya, dari minggu kedua Oktober ke minggu kedua Desember. Sementara MT2 tetap pada minggu kedua Juli dengan produksi 3,2 t. Kalau hanya mengandalkan curah hujan, maka petani mempunyai satu peluang waktu tanam, yaitu pada Minggu pertama November dengan capaian produksi 6 t.

Suplai air irigasi adalah faktor yang signifikan terhadap peningkatan produksi padi, sehingga untuk meningkatkan produksi MT1 dari 5,4 t menjadi 5,9 t dan MT2 dari 3,2 t menjadi 6 t, petani harus menambah total

pasokan air irigasi, yaitu dari 630 mm menjadi 850 mm atau sebesar 220 mm per MT.

Perlu dilakukan penelitian lapangan untuk melihat kecocokan hasil simulasi dengan kondisi aktual di lahan petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Boote, K.J. and Jones, J.W. 1998. Application of, and limitation to, crop growth simulation models to fits crops and cropping systems to semi arid environment. In F.R. Bindigner, and C. Johansen (eds.). Drought research priorities for the dryland tropics. ICRISAT Patancheru, India. pp 495-508.
- Carberry, P.S., Muchow, R.C., and Mc.Cown, R.C. 1989. Testing the CERES-Maize simulation model in a semi-arid tropical environment. *Field Crop Research* 20:297-315.
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Merauke. 2003. Laporan Tahunan. Produksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Merauke: Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura.
- Greenland, D.J. 1997. The Sustainability of Rice Farming. IRRI-CAB International. Manila. The Philippines-Wallingford. UK.
- Hastentrath, S. 1985. *Climate and Circulation of The Tropics*. D. Reidel Publishing Co. Tokyo.
- IBSNAT. 1989. *DSSAT User's Guide*. University of Hawaii.
- Jordan, W.R. 1983. Whole plant responses to water deficits. AN overview. In. M.H. Taylor, W.R. Jordan, T.R. Sinclair, F.R. Bindinger, and C. Johansen (eds.). *Limination to efficiency water use in crop production*. Am. Soc. Agron, Madison, W.I. pp:289-317.
- Odumodu, L.O. 1983. Rainfall Distribution, Variability and Probability in Plateau State, Nigeria. *J. Climatol.* 3:385-393.
- Robertson, G. W. 1975. *Rice and Weather*. WMO Technical Note No. 144. Geneva.
- Rouw, A. 2004. Tingkat kerawanan zona agroekologi tanaman pangan terhadap kekeringan dan banjir: Studi kasus kabupaten Merauke, Papua. Tesis magister program pascasarjana. Institut Pertanian Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Stern, R.D. and R. Coe. (1984). A model fitting analysis of daily rainfall data. *J.Roy. Stat. Soc. A* 147:1-34.
- Tsuji, GY, G. Uehara, S. Balas. 1994. *DSSAT v3*. University of Hawaii, Honolulu. Hawaii.