

Model Simulasi dan Visualisasi Prediksi Potensi Hasil dan Produksi Kedelai di Jawa Timur

Simulation Model and Visualization of Yield Prediction and Soybean Production Potential in East Java

Bambang S. Koentjoro¹, Imas S. Sitanggang² dan Abdul Karim Makarim³

¹Mahasiswa Pasca Sarjana, Departemen Ilmu Komputer, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor,
E-mail: bskuncoro@gmail.com

²Departemen Ilmu Komputer-IPB

³Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan-Badan Litbang Pertanian

Naskah diterima 14 Juli 2014 dan disetujui diterbitkan 9 Oktober 2015

ABSTRACT. *The prediction of national soybean yield and production could be improved its accuracy by integrating a simulation model and Geographic Information Systems (GIS). The objective of this research was to integrate a simulation model with a GIS, to predict the potential yield and production of soybean in the soybean production centers of East Java. This study was conducted from December 2013 till May 2014. The approach used in this study was a systems approach using a simulation model as solution to the problem. The model is SUCROS.SIM (Simple Universal Crops Growth Simulator), which was written using Powersim software and Spreadsheet in order to be fully integrated with GIS. The initial phase of the integration process between SUCROS.SIM and GIS are as follows (a) model validation, using input data of soybean plant assimilate partitioning, (b) climatic data (solar radiation, maximum and minimum temperatures) collected from the climatological station (BMKG) Karangploso Malang and (c) observation data of soybean yields of two varieties (Wilis and Argomulyo) at Muneng Experiment Station. It was found that the coefficients of determination of simulation model of soybean yield potential (R²) range from 0.945-0.992 and RMSE (Root Mean Square Error) values range from 0.11 to 0.25 t/ha. The average of soybean yield potential and production in 2012 at soybean production centers of East Java were 1.94 t/ha and 293,459 ton, respectively. The conclusion is SUCROS.SIM valid to be integrated with GIS.*

Keywords: Soybean, yield potential, simulation model.

ABSTRAK. Pendugaan hasil dan produksi kedelai dan sebarannya di sentra-sentra produksi masih lemah. Ketelitian tersebut dapat ditingkatkan melalui pengintegrasian model simulasi potensi hasil dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuan penelitian ini adalah integrasi model simulasi dengan SIG dalam memprediksi potensi hasil kedelai di sentra produksi kedelai di Jawa Timur. Penelitian dilakukan di Laboratorium *System Dynamic*, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) Malang dan di Laboratorium *Software Engineering and Information System*, IPB, Bogor, pada bulan Desember 2013-Mei 2014. Penelitian dilakukan dengan pendekatan "sistem" menggunakan model simulasi sebagai solusi masalah. Model simulasi potensi hasil kedelai yang digunakan adalah model SUCROS.SIM (*Simple Universal Crop Growth Simulator*), yang ditulis menggunakan perangkat lunak Powersim dan Spreadsheet agar dapat diintegrasikan dengan SIG secara penuh. Tahap awal dari proses integrasi model SUCROS.SIM dengan SIG

adalah (a) validasi model, menggunakan input data partisi asimilat tanaman kedelai; (b) data iklim (radiasi surya, suhu maksimum dan minimum dari stasiun klimatologi (BMKG) Karangploso, Malang; (c) data pengamatan hasil kedelai varietas Wilis dan Argomulyo di Kebun Percobaan Muneng (2009-2012). Koefisien determinasi model simulasi potensi hasil kedelai (R²) berkisar antara 0,945-0,992 dan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) 0,11-0,25 t/ha. Rata-rata potensi hasil dan produksi kedelai pada tahun 2012 di sentra produksi kedelai di Jawa Timur masing-masing adalah 1,94 t/ha dan 293.459 ton. Kesimpulannya, SUCROS.SIM valid untuk diintegrasikan dengan SIG. Kata kunci: Kedelai, potensi hasil, model simulasi.

PENDAHULUAN

Penggunaan model simulasi semakin berkembang, sejalan dengan diperlukannya sistem perkiraan hasil, potensi hasil, dan produksi suatu komoditas yang lebih tepat. Data produksi kedelai yang tepat antara lain diperlukan untuk menghitung impor yang sesuai dengan kebutuhan dan produksi dalam negeri. Tastra *et al.* (2012) mengembangkan model simulasi swasembada kedelai nasional, yang diantaranya menggunakan data hasil kedelai dari BPS yang relatif statis. Cara ini kurang akurat, karena belum mempertimbangkan varietas kedelai yang digunakan, termasuk penggunaan varietas unggul berpotensi hasil tinggi. Untuk itu, penggunaan model potensi hasil kedelai yang memasukkan sifat varietas sebagai komponen (subsistem) model simulasi sangat diperlukan.

Makarim *et al.* (2005) juga telah mengembangkan model simulasi peningkatan produktivitas kedelai, khususnya di lahan suboptimal dengan menggunakan bahasa pemrograman FORTRAN dengan nama KEDELE.CSM. Model ini dapat digunakan untuk memprediksi hasil kedelai potensial, hasil kedelai tanpa pupuk, dan perkiraan hasil kedelai di tingkat petani.

Model juga dapat memberikan saran penggunaan pupuk dan kapur secara lebih akurat, dan menyajikan hasil analisis usahatani (modal, pendapatan, keuntungan dan unsur usahatani lainnya). Namun model simulasi KEDELE.CSM memerlukan banyak input seperti kondisi tanah, iklim, parameter varietas, dan aspek nonteknis seperti ekonomi, sosial dan budaya untuk memudahkan penerapan dan pengembangan di lahan petani.

Kedelai umumnya dibudidayakan di lahan sawah dan lahan kering. Di lahan sawah kedelai biasanya ditanam setelah padi dengan pola padi-padi-kedelai. Pergeseran waktu tanam dan perubahan cuaca seringkali menyebabkan mengalami cekaman kekeringan, sehingga akan berakibat pada menurunnya produktivitas tanaman kedelai (Makarim 2005). Model simulasi menjadi penting karena dapat digunakan sebagai alat bantu (media) dalam menganalisis sistem tanaman sehingga diperoleh cara peningkatan produktivitas tanaman secara efisien. Selain untuk meramalkan hasil panen, model simulasi juga penting untuk studi perencanaan dan tindakan pencegahan di masa depan. Para pembuat kebijakan memerlukan informasi skala regional, bahkan skala nasional.

Model pertumbuhan tanaman yang lain adalah CROPGRO-Soybean. Seidl *et al.* (2001) menggunakan model CROPGRO_Soybean untuk analisis keragaman hasil kedelai dengan berbasis *Decision Support System* (DSS). Model ini dapat digunakan untuk menganalisis pertumbuhan tanaman kedelai berdasarkan intensitas cahaya dan fotosintesis harian, suhu, air dan stres nitrogen. Karbohidrat yang diperoleh kemudian dipartisi ke seluruh bagian/komponen tanaman. Model ini juga dapat mengintegrasikan pengaruh cekaman lingkungan dengan keragaman spasial terhadap pertumbuhan tanaman. Penggunaan model simulasi CROPGRO-Soybean untuk kedelai lahan kering seperti yang dilakukan Bhatia *et al.* (2008) menunjukkan model simulasi potensi hasil kedelai dengan pengairan yang cukup memberikan hasil yang lebih tinggi dibanding model simulasi dengan penggunaan air terbatas. Sementara Setiyono *et al.* (2010) mencoba mengulas penggunaan SOYSIM untuk memodelkan pertumbuhan dan hasil kedelai yang mendekati kondisi optimal. Pada model SOYSIM digunakan formula mekanistik baru untuk mensimulasikan fenologi, fotosintesis kanopi, dan akumulasi bahan kering. Model SOYSIM dapat digunakan sebagai *Decision Support System* (DSS) untuk meningkatkan hasil kedelai.

Pada pemodelan simulasi tanaman untuk potensi hasil dapat digunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan efisiensi penggunaan cahaya, seperti yang diterapkan pada model LINTUL dan pendekatan

fotosintesis seperti yang terdapat pada model SUCROS (Van Ittersum 2002). Salah satu model simulasi potensi hasil kedelai yang mudah digunakan oleh peneliti dan pengambil kebijakan adalah SUCROS.SIM yang dikembangkan oleh Tastra (2004) dari SUCROS.CSM. Namun model simulasi ini masih belum terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga kinerja dari model simulasi tersebut belum dapat divisualisasikan dalam bentuk peta sebaran, sehingga pemanfaatannya dalam memperkirakan peningkatan produksi kedelai di sentra-sentra produksi termasuk Jawa Timur belum optimal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi potensi hasil dan produksi kedelai dengan model simulasi (SUCROS.SIM) di sentra produksi Jawa Timur dan visualisasi hasil simulasi dalam Sistem Informasi Geografis.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium *System Dynamic*, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) Malang, dan Laboratorium *Software Engineering and Information System*, IPB, Dramaga Bogor, pada bulan Desember 2013-Mei 2014. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis sistem dilanjutkan dengan penggunaan model simulasi sebagai solusi masalah. Model simulasi potensi hasil kedelai yang digunakan adalah model SUCROS.SIM (*Simple Universal Crop Growth Simulator*), yang ditulis menggunakan perangkat lunak Powersim dan *Spreadsheet*. Selanjutnya dilakukan transfer data ke dalam SIG sehingga informasi dapat divisualisasikan dalam bentuk peta.

Validasi Model Simulasi

Potensi hasil tanaman kedelai diprediksi dengan model SUCROS.SIM melalui validasi model. Input data yang digunakan adalah nilai partisi asimilat tanaman kedelai ke batang, daun, akar, dan biji (Tabel 1) serta data iklim berupa radiasi surya, suhu maksimum dan minimum. Data iklim dikumpulkan dari stasiun klimatologi (BMKG) Karangploso, Malang (BMKG 2013). Hasil simulasi berupa potensi hasil biji kemudian dibandingkan dengan data pengamatan hasil kedelai varietas Wilis dan Argomulyo dari Kebun Percobaan Muneng, Probolinggo, dari tahun 2009 hingga 2012. Selanjutnya ditentukan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dan koefisien determinasi (R^2) model simulasi potensi hasil kedelai. Wilis dan Argomulyo merupakan varietas kedelai yang banyak dibudidayakan petani di Jawa Timur (Heriyanto 2012).

Tabel 1. Data partisi tanaman kedelai secara umum yang digunakan dalam model SUCROS.SIM.

Fase tumbuh ¹	Partisi daun	Partisi batang	Batang+daun+biji
0	0,71	0,29	0,5
0,25	0,61	0,39	-
0,50	0,65	0,35	0,7
0,75	0,85	0,15	-
1,0	0,70	0,30	0,8
1,2	0,54	0,33	1
1,5	0,32	0,18	-
1,8	0	-	0
2,1	0	0	1

¹Angka 0, 1 dan 2 masing-masing menunjukkan fase berkecambah, batas fase vegetatif dan generatif, serta masak fisiologis; - = tidak ada data
 Sumber: Penning d Vries *et al.* (1982).

Root Mean Square Error (RMSE) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai prediksi potensi hasil kedelai menggunakan model simulasi SUCROS.SIM dengan data pengamatan langsung. Nilai RMSE menunjukkan tingkat akurasi (*fitness*) model. Semakin kecil nilai RMSE, semakin tinggi tingkat akurasi dari model simulasi tersebut. Rumus untuk menghitung RMSE adalah sebagai berikut (Ghamari *et al.* 2011):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_n (Xm - Xp)^2} \dots\dots\dots/1/$$

dimana:

- Xm : hasil simulasi potensi hasil kedelai (t/ha)
- Xp : pengamatan hasil kedelai (t/ha)
- n : waktu pengamatan (tahun)

Nilai koefisien determinasi model simulasi dihitung menggunakan persamaan berikut (Ghamari *et al.* 2011)

$$R^2 = \frac{[\sum(Xp - \bar{Xp}) (Xm - \bar{Xm})]^2}{\sum(Xp - \bar{Xp})^2 (Xm - \bar{Xm})^2} \dots\dots\dots/2/$$

dimana:

- Xp : pengamatan prediksi hasil kedelai (t/ha)
- \bar{X} : rata-rata data output
- Xm : pengamatan observasi (t/ha)

Belum ada standar baku yang dapat digunakan untuk menentukan R^2 dan RMSE yang layak untuk informasi potensi hasil, namun secara umum dapat diartikan bahwa nilai $R^2 \geq 0,85$ dan $RMSE \leq 0,3$ sudah cukup sebagai bahan informasi bagi pengambil kebijakan. Pada model ini, waktu tanam sebagai input model dilakukan sekitar Juli atau 210 (*Julian date*),

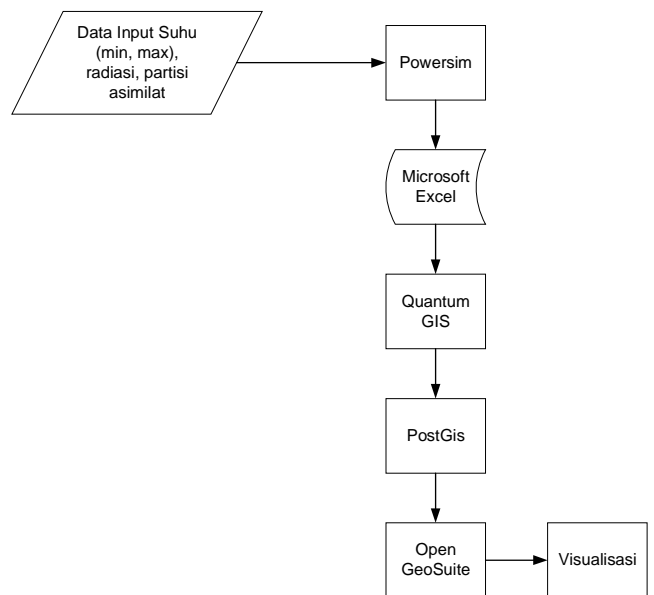
sehingga kondisi lapang diharapkan masih cukup air dan belum terjadi kekeringan.

Visualisasi Hasil Prediksi Model Simulasi

Hasil dari model simulasi selanjutnya disimpan dalam basis data di postgres sebagai data spasial. Hasil tabulasi data excel ditransfer menggunakan *Dynamic Data Exchange* (DDE) ke Quantum GIS, digabungkan dengan Map Vektor Quantum GIS (Gambar 1). Hasil gabung dengan Peta Jatim diimpor ke *Open GeoSuite* untuk mendapatkan peta sebaran, alur proses visualisasi seperti pada Gambar 2. Menurut de Silva (2000) terdapat tiga hal yang perlu diperhatikan dalam integrasi model, yaitu: 1. level integrasi dari pada SIG dan model; 2. format data dan informasi; 3. mekanisme pertukaran data. Menurut Chang (2008), komponen untuk membuat Sistem Informasi Geografis (SIG) terdiri atas sistem komputer, perangkat lunak SIG, SDM, data, dan infrastruktur.



Gambar 1. Interaksi antara powersim, microsoft excel dan SIG (Carlos *et al.* 2006).



Gambar 2. Diagram alir proses visualisasi hasil prediksi model simulasi potensi hasil kedelai SUCROS.SIM.

Tabel 2. Input data suhu dan radiasi surya yang digunakan dalam model simulasi potensi hasil kedelai (SUCROS.SIM) di Jawa Timur, 2013.

Kabupaten	Tahun	Rata-rata		
		Suhu minimum (°C)	Suhu maksimum (°C)	Radiasi surya ¹⁾
Satklm Kr. Ploso-Malang , koordinat: 07°45'48" LS, 111°35'48" BT, 600 m dpl. Ds. Ngijo, Kec. Karangploso, Kab. Malang ²⁾	2008	19,7	28,1	408,6
	2009	19,9	28,8	425,8
	2010	20,9	28,6	435,9
	2011	19,7	28,3	409,0
	2012	19,6	28,4	389,8
Stamet Banyuwangi : koordinat: 08°13' LS, 114°23' BT, 50 m dpl. Ds. Mojopanggung, Kec. Giri, Kab. Banyuwangi	2008	24,1	30,8	408,6
	2009	24,1	31,2	425,8
	2010	24,5	31,5	435,9
	2011	23,9	30,8	409,0
	2012	24,1	30,9	389,8
Stamet Juanda : koordinat 07°23'05" LS, 112°47'02" BT, Ds. Sedati, Kec. Sedati, Kab. Sidoarjo	2008	23,7	32,2	408,6
	2009	24,0	32,5	425,8
	2010	24,7	32,3	435,9
	2011	24,0	31,6	409,0
	2012	24,2	32,1	389,8
Lanud Pacitan : koordinat 08°18' LS, 111°09' BT, 10 m dpl, Ds, Sambong, Kec, Pacitan, Kab, Pacitan	2008	22,7	30,0	408,6
	2009	22,4	30,8	425,8
	2010	23,2	31,2	435,9
	2011	21,8	30,7	409,0
	2012	22,0	30,0	389,8
Bendungan Wlingi : koordinat 08°08'36" LS, 101°52'24" BT, 174 m dpl, Ds, Wlingi, Kec, Wlingi, Kab, Blitar	2008	23,3	32,5	408,6
	2009	24,4	33,4	425,8
	2010	24,4	32,1	435,9
	2011	23,5	30,2	409,0
	2012	24,7	30,5	389,8
KP Muneng : koordinat 07°75' LS, 113°22" BT, 10 m dpl, Ds, Muneng Kidul, Kec, Sumberasih, Kab, Probolinggo	2008	22,0	32,1	408,6
	2009	22,0	32,8	425,8
	2010	22,9	32,3	435,9
	2011	21,8	32,1	409,0
	2012	21,8	32,3	389,8

Sumber: BMKG Karangploso Malang (2013)

¹⁾Data Radiasi matahari yang ada hanya Satklm Karangploso

²⁾Data dikali 0,0419 menjadi MJ/m/d.

HASIL DAN PEMBAHASAN

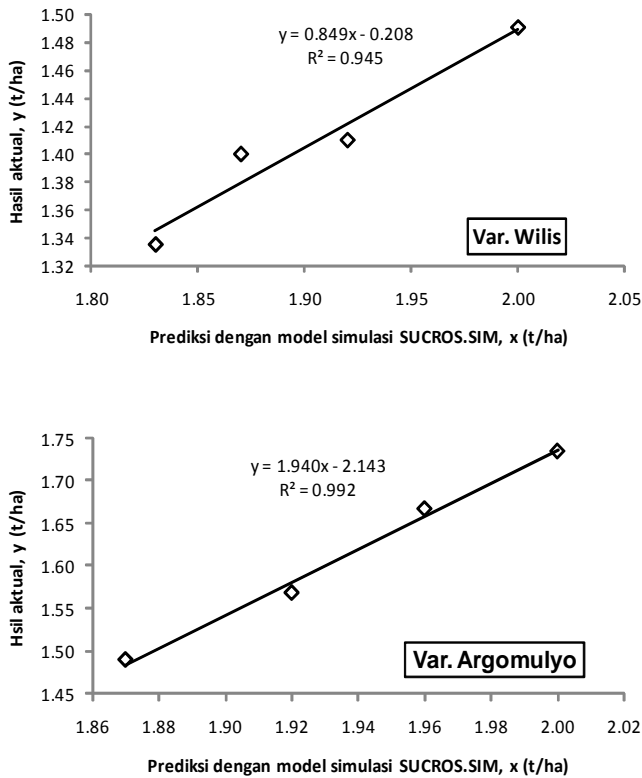
Kondisi Iklim

Potensi hasil kedelai di beberapa kabupaten di Jawa Timur diprediksi dengan menggunakan input data iklim, yaitu suhu minimum (°C), suhu maksimum (°C), dan radiasi surya. Suhu udara minimum di Kabupaten Probolinggo dalam periode 2008-2012 berkisar antara 21,8-22°C, sementara suhu maksimum 32,1-32,8°C (Tabel 2). Di Kabupaten Pacitan dengan ketinggian tempat yang sama dengan Kabupaten Probolinggo, yaitu 10 m dpl, kisaran suhu udara juga hampir sama, suhu minimum berkisar antara 21,8-23,2°C dan suhu maksimum 30,0-31,2°C. Kabupaten Malang dengan ketinggian tempat 600 m dpl. mempunyai suhu yang lebih rendah dibanding kabupaten Pacitan dan

Probolinggo, minimum 19,6-209°C dan maksimum 28,1-28,8°C. Ketinggian tempat berpengaruh terhadap suhu udara minimum dan maksimum, makin tinggi tempat dari permukaan laut makin rendah suhu udara di tempat tersebut. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap potensi hasil kedelai.

Validasi Model Simulasi

Percobaan dengan menggunakan data pengamatan hasil kedelai varietas Wilis dan Argomulyo pada MK 2 di Kebun Percobaan Muneng, Probolinggo (2009-2012) diperoleh koefisien determinasi simulasi potensi hasil kedelai (R²) sebesar 0,945 untuk varietas Wilis dan 0,992 untuk varietas Argomulyo (Gambar 3). Dengan demikian, rata-rata koefisien determinasi dari SUCROS.SIM adalah 0,96, Nilai R² yang cukup tinggi



Gambar 3. Validasi simulasi potensi hasil kedelai (SUCROS.SIM) untuk varietas Wilis dan Argomulyo di Kebun Percobaan Muneng, Balitkabi (2009-2012).

menunjukkan model simulasi potensi hasil kedelai SUCROS.SIM cukup baik apabila divisualkan pada sistem informasi geografis untuk melihat sebaran potensi hasil kedelai di Jawa Timur.

Dengan menggunakan data pengamatan hasil kedelai varietas Wilis dan Argomulyo di Kebun Percobaan Muneng (2009-2012) diperoleh nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) 0,25 t/ha untuk varietas Wilis dan 0,11 t/ha untuk varietas Argomulyo (Tabel 3) atau rata-rata nilai RMSE simulasi SUCROS.SIM adalah 0,18 t/ha. Nilai RMSE yang cukup rendah ini menunjukkan simulasi potensi hasil kedelai SUCROS.SIM layak ditampilkan pada sistem informasi geografis, untuk visualisasi sebaran potensi hasil kedelai di Jawa Timur.

Tingginya nilai RMSE untuk varietas Wilis dari Argomulyo disebabkan oleh input data partisi asimilat untuk tanaman kedelai menggunakan data bersifat umum, belum menggunakan data partisi asimilat spesifik varietas, sementara secara genetik hasil kedelai varietas Argomulyo (1,5-2,0 t/ha) lebih besar dibandingkan dengan varietas Wilis (1,6 t/ha) (Suhartina 2012). Pada penelitian ini, hasil kedelai varietas Argomulyo berkisar antara 1,5-1,7 t/ha, sedangkan Wilis 1,3-1,5 t/ha. Rendahnya

Tabel 2. Nilai parameter RMSE simulasi potensi hasil kedelai (SUCROS.SIM) untuk varietas Wilis dan Argomulyo di Kebun percobaan Muneng, 2009-2012.

Tahun	Varietas Wilis			Varietas Argomulyo		
	Prediksi (t/ha)	Pengamatan (t/ha)	error ²	Prediksi (t/ha)	Pengamatan (t/ha)	error ²
2009	2,00	1,49	0,259	2,00	1,74	0,070
2010	1,87	1,40	0,221	1,87	1,67	0,085
2011	1,83	1,34	0,245	1,83	1,49	0,144
2012	1,92	1,41	0,260	1,92	1,57	0,123
RMSE (t/ha)	0,25			0,11		
R ²	0,945			0,992		

Tabel 3. Rata-rata hasil simulasi potensi dan senjang hasil kedelai Wilis di Kebun Percobaan Muneng (2009-2012).

Tahun	Varietas Wilis			Varietas Argomulyo		
	Potensi hasil (t/ha)	Hasil aktual (t/ha)	Senjang hasil (t/ha)	Potensi hasil (t/ha)	Hasil aktual (t/ha)	Senjang hasil (t/ha)
2009	2,00	1,49	0,51	2,00	1,74	0,26
2010	1,87	1,40	0,47	1,87	1,67	0,20
2011	1,83	1,34	0,49	1,83	1,49	0,34
2012	1,92	1,41	0,51	1,92	1,57	0,35
Rata-rata	1,91	1,41	0,50	1,91	1,62	0,29

hasil aktual varietas Wilis menyebabkan potensi hasilnya jauh lebih rendah dibanding Argomulyo. Implikasinya, untuk meningkatkan validitas dari simulasi perlu dukungan basis data partisi asimilat dari setiap varietas unggul kedelai yang akan dikembangkan.

Potensi Peningkatan Hasil Kedelai

Peluang peningkatan hasil kedelai ditunjukkan oleh senjang hasil, yaitu perbedaan potensi hasil dan hasil actual, untuk varietas Wilis pada tahun 2009-2012 sebesar 0,50 t/ha. Hal ini menunjukkan masih terdapat peluang peningkatan hasil kedelai. Sementara senjang hasil varietas Argomulyo 0,29 t/ha yang menunjukkan terdapat peluang peningkatan hasilnya (Tabel 3).

Kinerja simulasi potensi hasil kedelai di tiap kabupaten di Jawa Timur dengan simulasi SUCROS.SIM disajikan pada Tabel 4 dan visualisasi sebarannya pada Gambar 3. Berdasarkan hasil simulasi tersebut diperoleh potensi hasil kedelai di Jawa Timur dalam periode 2009-2012 rata-rata 1,91 t/ha (Tabel 4), lebih tinggi dibandingkan dengan data hasil kedelai BPS 2013 yang hanya 1,6 t/ha.

Kinerja simulasi potensi hasil kedelai di Jawa Timur memberikan hasil yang nyata. Hal ini terlihat dari analisis uji t yang menunjukkan angka t hitung 10,529 sementara t-tabel 2,306. Rata-rata luas areal panen kedelai di Jawa Timur dalam periode 2009-2012 adalah 246.124 ha,

dengan potensi hasil 1,91 t/ha, sehingga diperoleh prediksi produksi kedelai 469.096 ton. Berdasarkan hasil aktual pada kurun waktu yang sama diperoleh produksi kedelai 327.344 ton dengan rata-rata produktivitas 1,33 t/ha (Tabel 5). Dengan demikian, senjang produksi kedelai dalam kurun waktu yang sama adalah 141.936 ton.

Tabel 4. Kinerja simulasi potensi hasil kedelai di Jawa Timur dalam periode 2009-2012 menggunakan SUCROS.SIM.

Kabupaten	Potensi hasil kedelai (t/ha)			
	2009	2010	2011	2012
Pacitan	2,13	1,96	1,96	2,00
Ponorogo	1,97	1,87	1,83	1,93
Trenggalek	1,97	1,87	1,86	1,96
Tulungagung	1,97	1,87	1,86	1,96
Lumajang	1,76	1,82	1,68	1,94
Bondowoso	1,96	1,87	1,83	1,92
Pasuruan	2,46	2,31	2,17	2,36
Jombang	1,97	1,87	1,86	1,96
Nganjuk	1,97	1,87	1,86	1,96
Madiun	1,83	1,76	1,73	1,76
Magetan	1,97	1,87	1,83	1,93
Ngawi	1,96	1,87	1,83	1,92
Bojonegoro	1,96	1,87	1,83	1,92
Tuban	1,96	1,87	1,83	1,92
Lamongan	1,96	1,87	1,83	1,92
Bangkalan	1,96	1,87	1,83	1,92
Pamekasan	1,96	1,87	1,83	1,92
Blitar	1,96	1,87	1,83	1,92
Kediri	1,96	1,87	1,83	1,92
Mojokerto	1,96	1,87	1,83	1,92
Banyuwangi	1,96	1,87	1,83	1,92
Gresik	1,96	1,87	1,83	1,92
Jember	1,96	1,86	1,83	1,92
Malang	1,96	1,86	1,83	1,92
Probolinggo	2,00	1,87	1,83	1,92
Sampang	1,96	1,86	1,83	1,92
Sidoarjo	1,96	1,87	1,83	1,92
Situbondo	1,96	1,87	1,83	1,92
Sumenep	1,96	1,86	1,83	1,92
Rata-rata	1,97	1,88	1,84	1,94

Visualisasi Sistem Informasi Geografis

Keluaran dari simulasi prediksi potensi hasil SUCROS.SIM dikelola dalam bentuk data *spreadsheet*. Dengan format data *spreadsheet* tersebut data hasil model simulasi ditransfer ke aplikasi Quantum GIS. Quantum GIS berfungsi mengolah data spasial dan memvisualisasikan dalam bentuk SIG MAP. Data dari *spreadsheet* ditransfer ke dalam Quantum GIS dengan proses impor data dari Quantum GIS, selanjutnya diproses menjadi data spasial dan digabung dengan data spasial Jatim MAP. Hasil gabung data di *save as* sebagai file *shape file* (SHP), yang kemudian divisualiasikan. Klasifikasi data vektor berguna untuk menetapkan simbol yang berbeda pada fitur (objek yang berbeda pada layer yang sama), bergantung pada atribut yang digunakan. Dengan klasifikasi ini maka *user* akan mudah melihat atribut dari berbagai fitur. Klasifikasi didasarkan pada hasil prediksi potensi hasil dari simulasi SUCROS.SIM.

Pada tahun 2009 terdapat lima kabupaten yang mempunyai potensi hasil tinggi dengan rentang >2,0 t/ha, yaitu Magetan, Pacitan, Trenggalek, Malang dan Sumenep, sedangkan 24 kabupaten lainnya masuk kategori sedang dengan rentang hasil 1,76-2,0 t/ha. Pada tahun 2010, semua kabupaten di Jawa Timur dalam kategori sedang dengan rentang hasil dari model simulasi 1,75-2,0 t/ha. Pada tahun 2011 terdapat tiga

Tabel 5. Analisis uji t-Student produktivitas dan produksi kedelai di Jawa Timur (2009-2012).

Tahun	Luas panen (ha)	Produktivitas		Produksi		Peluang peningkatan hasil (t/ha)
		Potensi ^{*)} (t/ha)	Aktual ^{**)} (t/ha)	Potensi (t)	Aktual (t)	
2009	264478	1,97	1,25	528,956	331,145	0,72
2010	246766	1,88	1,31	461,452	323,263	0,57
2011	252605	1,84	1,43	462,267	360,703	0,41
2012	220646	1,94	1,33	423,640	293,459	0,61
Rata-rata	246124	1,91	1,33	469,079	327,143	0,58
SD		0,06	0,07			
t-hitung		10,529				
t-tabel(0,05;6)		2,306				

*) Hasil simulasi dengan SUCROS.SIM

***) Data BPS 2012.

kabupaten dalam kategori potensi hasil tinggi, yaitu Magetan, Trenggalek dan Malang, sementara kategori sedang meliputi 18 kabupaten, yaitu Pacitan, Ngawi, Tuban, Lamongan, Gresik, Madiun, Nganjuk, Kediri, Jombang, Mojokerto, Sidoarjo, Pasuruan, Probolinggo, Lumajang, dan Situbondo dengan rentang hasil 1,75-2,0 t/ha. Kategori potensi hasil rendah terdapat di Kabupaten Bojonegoro, Ponorogo, Tulungagung, Blitar, Jember, Bondowoso, dan Banyuwangi dengan rentang hasil 1,50-1,75 t/ha. Pada tahun 2012 terdapat empat kabupaten dengan kategori potensi hasil tinggi, yaitu Magetan, Pacitan, Trenggalek dan Malang, sedangkan 25 kabupaten lainnya masuk pada kategori potensi hasil sedang dengan rentang 1,75-2,00 t/ha. Secara umum, dalam periode 2008-2012 terdapat tiga kabupaten yang konsisten memberikan hasil tinggi, yaitu Magetan, Trenggalek, dan Malang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan simulasi SUCROS.SIM cukup handal digunakan untuk memprediksi potensi hasil dan produksi kedelai di Jawa Timur, dengan RMSE adalah 0,25 dan 0,11 atau rata-rata RMSE 0,18. Prediksi potensi hasil kedelai model simulasi SUCROS.SIM cukup layak divisualisasikan dengan SIG, dengan nilai R^2 0,94-0,99. Kabupaten yang mempunyai potensi hasil tinggi berdasarkan hasil simulasi SUCROS.SIM di Jawa Timur adalah Malang, Trenggalek, dan Magetan.

Pada sentra produksi kedelai Jawa Timur diperoleh prediksi potensi hasil 1,91 t/ha dengan total produksi 469.079 t dalam periode 2009-2012, dengan sebaran di tiap kabupaten ditampilkan dalam bentuk peta dinamis.

Untuk meningkatkan validitas dari model simulasi yang diintegrasikan dengan SIG, disarankan membuat basis data penelitian partisi asimilat setiap varietas unggul kedelai, dan pengembangan basis data iklim (suhu dan radiasi).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Stasiun Klimatologi Karangploso, Bapak Subekti, atas data iklim yang telah diberikan, dan Bapak Ir. Suyamto (Kepala Kebun Percobaan Muneng-Balitkabi) atas bantuan memberikan data iklim dan data hasil lapang. Terima kasih juga kepada Bapak Ir. I Ketut Tastra, MS (Peneliti Balitkabi) atas sarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2013. Klimatologi. Stasiun Klimatologi Karang Ploso. Malang.
- Bhatia, V.S., P. Singh, S.P. Wani, G.S. Chauhan, A.V.R. Kesava Rao, A.K. Mishra, and K. Srinivas. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. *Journal Agricultural and Forest Meteorology* 148:1252-1265.
- Carlos, A., Aragon, A. Len, Malczynki, R. Enrique, Vivoni, C. Vince, Tidwell, and S. Gonzales. 2006. Modeling ungauged tributaries using geographical information Systems (GIS) and System Dynamic. http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc06/papers/papers/pap_1163.pdf. [diunduh Oktober 2013].
- Chang, K.T. 2008. Introduction to geographic information systems. Singapore: McGraw Hill International Edition.
- de Silva, F.N. and R.W. Eglese. 2000. Integrating simulation modelling and GIS: spatial decision support systems for evacuation planning. *Journal of the Operational Research Society* 51(4):423-430.
- Ghamari, A., H. Rabbani, and J. Khazael. 2011. Mathematic model for predicting the terminal velocity of chickpea, rice and lentil. *J. World App. Sci.* 15(11):1557-1561.
- Heriyanto. 2012. Upaya percepatan penyebaran varietas unggul kedelai di Pulau Jawa. p. 272-282. Dalam Rahmianna, A.A., Eriyanto Yusnawan, Abdullah Taufiq, Sholihin, Suharsono, Titik Sundari dan Hermanto (penyunting). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2012*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Makarim, A.K, D.M. Arsyad, dan A. Ghozi. 2005. Model simulasi peningkatan produksim kedelai di lahan sub-optimal. Hlm. 19-36. *Dalam*: Makarim, A.K., Suharsono, D.M. Arsyad, Adisarwanto, T., Marwoto. dan N. Saleh (penyunting). *Prosiding Lokakarya Pengembangan Kedelai di Lahan Sub-optimal*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Seidl, M.S., W.D. Batchelor, J.B. Fallick, and J.O. Paz. 2001. GIS-crop model based decision support system to evaluate corn and soybean prescriptions. *American Society of Agricultural Engineers* 17(5):721-728.
- Setiyono, T.D., K.G. Cassmana, J.E. Spechta, A. Dobermannb, A. Weissc, H. Yangd, S.P. Conleye, A.P. Robinsonf, P. Pederseng, and J.L. De Bruinh, 2010. Simulation of soybean growth and yield in near-optimal growth conditions. *Science Direct. Field Crops Research* 119: 161-174. doi:10.1016/j.fcr.2010.07.007
- Suhartina. 2012. Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan umbi-umbian. Edisi 7. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang, p.1-75.
- Tastra, I.K. 2004. Prospek penerapan model simulasi interaktif sistem produksi tanaman pangan pada era otonomi daerah. p.521-538. *Dalam* Sri Hardaningsih, dkk (peny). *Prosiding Teknologi Inovasi Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian untuk Mendukung Ketahanan Pangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Tastra, I.K., E. Ginting, dan G.S.A. Fatah. 2012. Menuju swasembada kedelai melalui penerapan kebijakan yang sinergis. *IPTEK Tanaman Pangan Vol. 7*. 2012.
- van Ittersum, M.K., P.A. Leffelaar, H. Van Keulen, M.J. Kropff, I. Bastiaans, and J. Goudriaan. 2002. Developments in modelling crop growth, cropping systems and production systems in the Wageningen School. *NJAS* 50(2):240-247.

