

KERAGAMAN PRODUKTIVITAS KOMODITAS KEDELAI PADA BERBAGAI SKENARIO PERUBAHAN IKLIM MENGGUNAKAN MODEL IKLIM DAN PERTANIAN

Oleh :
Perdinan* dan I Putu Santikayasa*

ABSTRACT

VARIABILITY OF SOYBEAN YIELD UNDER VARIOUS CLIMATE CHANGE SCENARIOS WITH USING CLIMATIC AND AGRICULTURAL SIMULATION MODEL

The need of soybean in Indonesia grows from time to time. Now, Indonesia imports at about 1,1 million ton/ha yearly. This condition indicates that the need of soybean in Indonesia can be a serious problem of agricultural sector in the future. Furthermore, the climate change issue as a result of human activity used a large amount of fossil fuel will derive a new problem for agricultural sector which requires a better strategy of anticipation. This point out the important of information in order to estimate the potential of soybean's yield in Indonesia in the future. In general, this research is designed to identify the evidence of climate change and to learn the impact of the climate change scenarios on the future of soybean's yield in Bandung district. For this purpose, literature study and analysis of global circulation model (data) data are applied for identifying the occurrence of climate change. Then, the impact analysis of these scenarios on soybean's yield is conducted by using climate and agricultural simulation model, which consist of statistic and mechanistic models. Analysis of the earth surface mean temperature shows the increasing of global air temperature has been started since 19's century with the occurrence of increasing temperature from about -0.4 °C to about 0.1 °C in the year of 1940's. Then, the occurrence of climate change in Indonesia can be identified using monthly rainfall data for a certain period. Previous study, which has been conducted by Kaimuddin (2000) shows the changing of rainfall pattern in Indonesia. Additionally, analysis on Global Circulation Model (GCM) data for various climate change scenarios reveal the evidence of rainfall and temperature changing variability in percentage for each model in year 2020, 2050 and 2080. The highest value of A2 scenario in come from NIESS, meanwhile for B2 scenario is GFDL. Then, the minimum value is mostly gained from ECHAM model. Moreover, the result of simulation using maximum and minimum value from those scenario for year 2020 decrease in almost of the whole area of Bandung.

Keywords : soybean, climate change, global circulation model, simulation model

ABSTRAK

Tingkat pemenuhan kebutuhan kedelai di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pada saat ini, impor kedelai di Indonesia setiap tahunnya sekitar 1,1 juta ton/ha. Kondisi ini mengindikasikan pemenuhan kebutuhan kedelai dapat menjadi permasalahan sektor pertanian yang cukup serius di masa depan. Sementara disisi lain, adanya isu perubahan iklim yang terus berlangsung sebagai akibat dari aktivitas manusia terutama dalam penggunaan bahan fosil mendorong perlunya strategi antisipatif dalam usaha mengurangi dampak negatif dari fenomena tersebut terutama untuk sektor pertanian. Analisis sederhana dari pemikiran diatas menunjukkan pentingnya pengetahuan informasi dalam mengkaji potensi produktivitas kedelai Indonesia di masa depan. Secara umum, penelitian ini didesain untuk mengidentifikasi adanya kejadian perubahan iklim dan mempelajari dampak berbagai skenario perubahan iklim di masa depan pada keragaman produktivitas kedelai pada beberapa daerah penghasil kedelai di Kabupaten Bandung. Untuk tujuan ini, studi literatur dan analisis luaran model iklim global dilakukan dalam rangka mengidentifikasi adanya kejadian perubahan iklim. Selanjutnya, analisis dampak berbagai skenario perubahan iklim dilakukan

dengan memanfaatkan model simulasi iklim dan pertanian yang dibangun dengan menggunakan model-model statistik dan deterministik. Analisis perubahan suhu permukaan bumi dengan menggunakan rata-rata suhu permukaan dari tahun 1961 sampai 1990 sebagai tahun dasar/pembanding (*baseline*) menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara global sudah dimulai sejak awal tahun 1900-an dengan adanya perubahan peningkatan suhu dari sekitar -0.4 °C menjadi sekitar 0.1 °C pada tahun 1940-an. Kejadian perubahan iklim di Indonesia dapat ditelusuri dari data curah hujan bulanan selama periode tertentu. Hasil analisis Kaimuddin (2000) untuk data hujan bulanan menunjukkan adanya perubahan pola curah hujan di Indonesia. Selanjutnya, analisis terhadap luaran data *Global Circulation Model* (GCM) berbagai skenario perubahan iklim menunjukkan adanya keragaman persentase perubahan curah hujan dan suhu untuk tiap-tiap model pada masing-masing tahun 2020, 2050 dan 2080. Nilai luaran maksimum untuk skenario A2 paling banyak dikeluarkan oleh model NIESS, sedangkan untuk skenario B2 oleh GFDL. Untuk skenario minimum, hampir seluruh luaran diperoleh dari model ECHAM. Selanjutnya, hasil simulasi dengan menggunakan nilai tertinggi dan terendah dari skenario tersebut untuk tahun 2020 menunjukkan hampir seluruh daerah di Kabupaten Bandung mengalami penurunan hasil dibandingkan kondisi normalnya.

* Staf Pengajar Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam – Institut Pertanian Bogor

Kata kunci : Perubahan iklim, kedelai, GCM, model simulasi

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini, impor kedelai di Indonesia setiap tahunnya sekitar 1.1 juta ton/ha. Melihat kondisi tersebut diyakini pemenuhan komoditas kedelai dapat menjadi permasalahan sektor pertanian yang cukup serius, mengingat permintaannya yang semakin meningkat.

Adanya isu perubahan iklim yang terkait erat dengan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca, diidentifikasi dapat mempengaruhi berbagai sektor terutama pertanian. Perubahan iklim disinyalir dapat mempengaruhi faktor *inter-annual* seperti *El Nino* dan variabilitas hujan (IPCC-TGCI, 1999). Seperti telah diketahui bahwa fenomena *inter-annual* seperti *El Nino* sangat mempengaruhi produktivitas pertanian di berbagai negara tidak terkecuali Indonesia.

Dengan mengacu pada hasil kajian yang dilakukan Boer *et al.* (2003a) di DAS Citarum Jawa Barat, mengenai keterkaitan antara perubahan iklim dan sistem DAS diperoleh informasi bahwa suplai air dari DAS Citarum pada tahun 2020 semakin berkurang. Oleh karena itu perlu disusun langkah-langkah strategis dalam upaya mengantisipasi dampak negatif dari perubahan iklim khususnya pada sektor pertanian. Berlandaskan pada berbagai kondisi tersebut, penelitian ini didesain untuk mengkaji keragaman produktivitas kedelai pada berbagai skenario perubahan iklim dengan menggunakan model simulasi iklim dan pertanian pada beberapa daerah penghasil kedelai di Kabupaten Bandung. Komoditas kedelai dipilih mengingat kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap komoditas ini sangat besar dan akan semakin meningkat di masa depan. Selanjutnya, untuk daerah studi dipilih Kabupaten Bandung karena termasuk dalam daerah aliran sungai (DAS) Citarum.

II. BAHAN DAN METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Daerah penelitian adalah Kabupaten Bandung yang termasuk dalam daerah aliran sungai (DAS) Citarum. Secara geografik daerah tersebut terletak pada 6°41' sampai 7°19' LS dan antara 107°22' sampai 108°5' BT dengan tipe tanah didominasi oleh tanah jenis Andosol, Latosol and Alluvial. Analisis data penelitian dilakukan di Laboratorium Klimatologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA – IPB Kampus IPB Darmaga Bogor.

2.2. Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini dipergunakan data-data yang meliputi : (1) Data iklim rata-rata harian/bulanan 10-20 tahun terakhir dari beberapa stasiun iklim yang terletak di Kabupaten Bandung, Jawa Barat atau sekitar DAS Citarum, (2) Data luaran historis GCM untuk berbagai skenario, (3) Data karakteristik tanah sesuai lokasi stasiun iklim, (4) Data hasil produktivitas kedelai 3-5 tahun terakhir di kabupaten Bandung, (5) Peta administrasi Kabupaten Bandung sampai skala Kecamatan, dan (6) Data-data pustaka pendukung penelitian.

Selanjutnya untuk mendukung penelitian digunakan perangkat lunak yang meliputi : CLIMGEN (model pembangkit data iklim), APSIM dan APSIM *Outlook* (model simulasi pertanian dan analisis grafik database hasil simulasi), ARCVIEW, Minitab/SPSS, aplikasi perangkat lunak lainnya seperti MS. Access untuk penyusunan database dan MS. Office untuk pelaporan.

2.3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini diasumsikan faktor lain selain iklim bukan sebagai faktor pembatas. Secara umum penelitian ini menggunakan hasil analisis luaran model iklim global, penyusunan skenario iklim, model simulasi iklim stokastik dan simulasi pertanian untuk menganalisis keragaman produktivitas kedelai pada berbagai skenario perubahan iklim di wilayah studi. Selanjutnya, hasil produktivitas komoditas kedelai pada berbagai skenario perubahan iklim disusun menjadi database dan dilakukan pemetaan untuk melihat potensi produktivitas kedelai di wilayah Kabupaten Bandung di bawah skenario perubahan iklim. Secara rinci alur pelaksanaan kegiatan mengikuti tahapan sebagai berikut.

Analisis Perubahan Iklim dan Studi Pustaka

Perubahan iklim dianalisis dengan melihat kecenderungan fluktuasi unsur iklim bulanan pada berbagai skenario yang dikeluarkan oleh berbagai model GCM seperti GFDL. Berdasarkan hasil analisis perubahan data iklim bulanan suhu dan curah hujan secara umum dari berbagai luaran model GCM, kemudian disusun skenario perubahan iklim yang diaplikasikan untuk daerah studi.

Pembangkitan data Iklim (CLIMGEN)

Data unsur iklim yaitu curah hujan bulanan pada berbagai skenario perubahan iklim dipergunakan sebagai masukan model pembangkit data iklim. Model

pembangkit data iklim (Climgen) yang dipergunakan mengacu pada prosedur yang telah disusun oleh Boer dan tim (1999a).

Prediksi Produktivitas Kedelai Pada Berbagai Skenario Perubahan Iklim

Prediksi potensi produktivitas komoditas kedelai pada berbagai skenario perubahan iklim dilakukan dengan menggunakan model simulasi tanaman APSIM. Input yang digunakan dalam menjalankan model APSIM adalah output data unsur iklim hasil bangkitan Climgen untuk berbagai skenario perubahan iklim. Dalam menjalankan model APSIM digunakan sistem budidaya kedelai dengan kerapatan pertanaman 25 tanaman/m² dan pupuk urea sebanyak 100 kg/ha yang diberikan sebanyak sepertiga bagian saat awal tanam dan sisanya pada satu bulan setelah tanam. Sistem pertanaman kedelai dilakukan tanpa irigasi dengan varietas yang digunakan dalam penelitian ini adalah Willis. Hasil dari simulasi, kemudian disusun dalam bentuk database dan dianalisis dengan menggunakan APSIM Outlook dan perangkat analisis lainnya yang mendukung.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

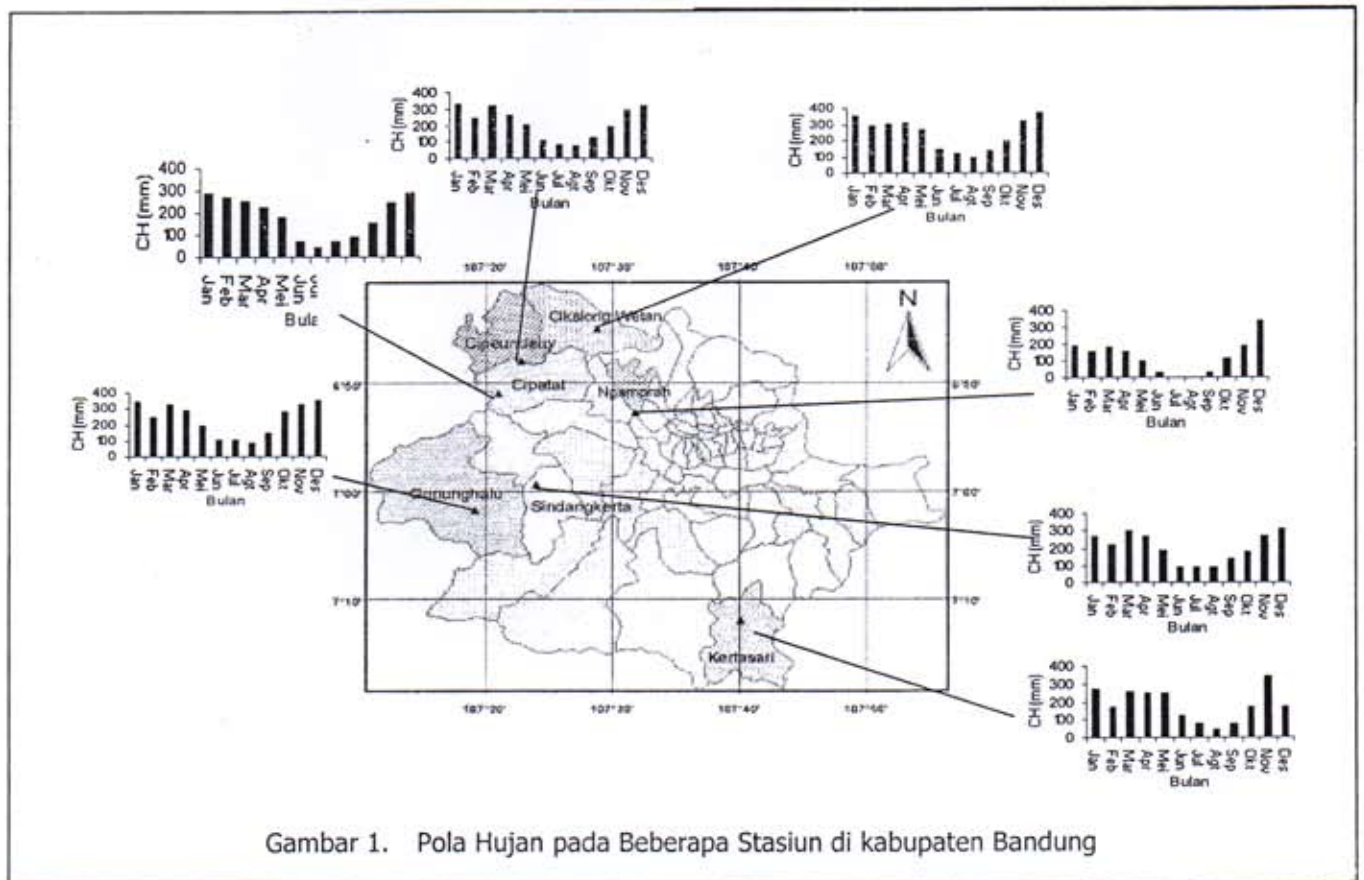
Secara geografik Bandung terletak pada 107°22' sampai 108°51' BT, 6°41' sampai 7°19' LS dengan luas wilayah 307.370 Ha. Kabupaten Bandung menurut Koppen terdiri dari dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau dengan suhu terendah 18° C dan tertinggi 23° C.

Curah hujan di Kabupaten Bandung menurut klasifikasi Schmidt – Ferguson termasuk pada iklim tipe B, dengan curah hujan selama tahun 2004 sebesar 2.039 mm/th dengan jumlah hari hujan 131.41 har dan rata-rata curah hujan 153,87 mm/hari.

Berdasarkan Gambar 1, pola hujan untuk daerah Bandung didominasi oleh pola *monsoonal* dengan curah hujan maksimum pada bulan Desember dan curah hujan minimum terjadi pada bulan Agustus.

Produksi Tanaman Kedelai

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bandung tahun 2003 dan 2004 produksi tanaman kedelai di Kabupaten Bandung



Gambar 1. Pola Hujan pada Beberapa Stasiun di kabupaten Bandung

mengalami peningkatan selama periode tahun 2003 dan 2004. Produksi kedelai pada tahun 2003 sebesar 866 ton dan pada tahun 2004 meningkat menjadi 1.115 ton. Demikian juga halnya dengan rata-rata produktivitas mengalami peningkatan dari 1,328 ton/ha pada tahun 2003 menjadi 1,373 ton/ha pada tahun 2004.

Identifikasi Kejadian Perubahan Iklim

Identifikasi adanya pengaruh dari kejadian perubahan iklim di Indonesia dapat ditelusuri dari data curah hujan bulanan selama periode tertentu. Berdasarkan hasil analisis Kaimuddin (2000) untuk data hujan bulanan historis tahun 1931-1990 yang dibagi menjadi dua periode 1931-1960 dan 1961-1990, diperoleh kecenderungan bahwa curah hujan musim hujan bagian Selatan Indonesia, terutama Lampung, Jawa, dan sebagian wilayah Indonesia Timur akan semakin basah, sementara curah hujan musim kemarau akan semakin kering. Kondisi sebaliknya terjadi untuk wilayah Indonesia bagian Utara (Sulawesi Utara, Kalimantan Utara dan Sumatera bagian Utara).

Dampak Skenario Perubahan Iklim Terhadap Keragaman Curah Hujan

Untuk mengkaji pengaruh perubahan konsentrasi CO₂ yang merupakan bagian dari skenario perubahan iklim di wilayah Indonesia, Boer *et al.* (1999b), menemukan bahwa berdasarkan dua model sirkulasi udara umum (GIS dan CCCM), pada kondisi konsentrasi CO₂ dua kali dari konsentrasi saat ini, curah hujan di Indonesia akan mengalami perubahan. Kedua model menunjukkan bahwa wilayah Indonesia

bagian Utara diperkirakan akan menjadi lebih kering, kejadian sebaliknya terjadi untuk wilayah Indonesia bagian Selatan.

Keragaman Produktifitas Kedelai pada berbagai Skenario Perubahan Iklim

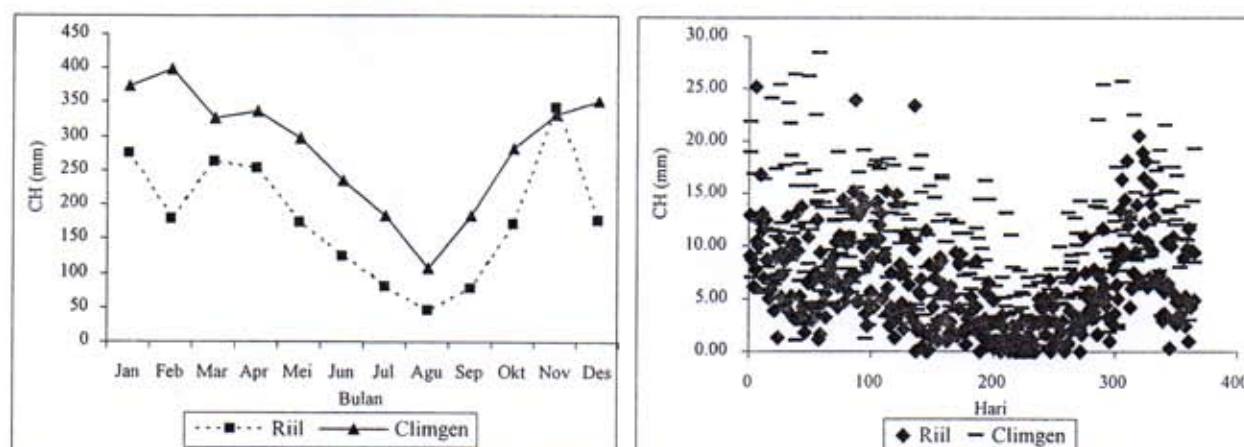
Sensitifitas dan Validitas Climgen – APSIM

Validasi Climgen dilakukan dengan menggunakan data curah hujan stasiun Sindangkerta selama 12 tahun mulai dari tahun 1991 sampai 2001. Hasil simulasi menunjukkan pola yang sama antara data hasil bangkitan dengan data riil.

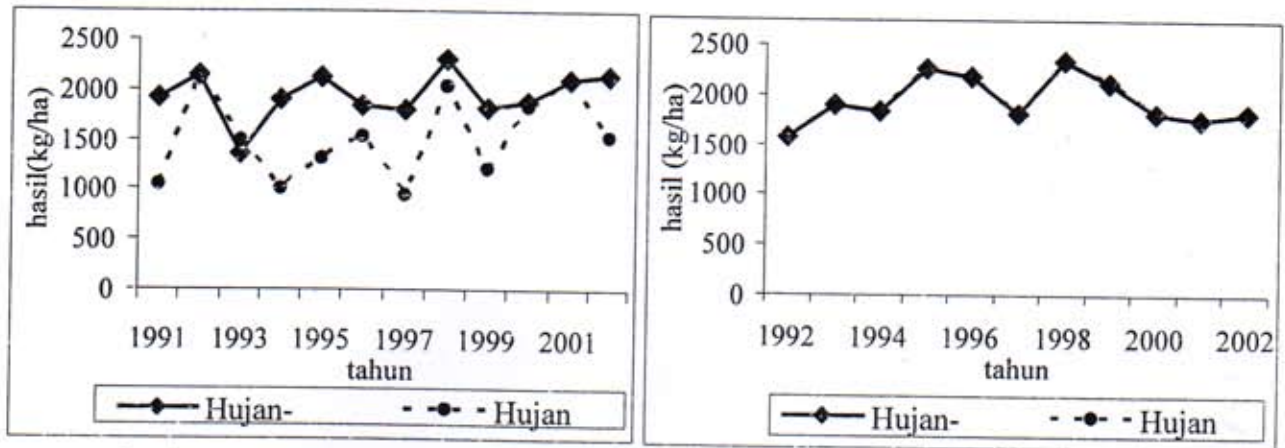
Analisis kedua dilakukan untuk melihat sensitifitas dari model APSIM akibat adanya perbedaan waktu tanam dan curah hujan terhadap produksi. Waktu tanam yang digunakan dalam validasi ini adalah bulan November dan Juni. Bulan November untuk mewakili penanaman yang dilakukan pada bulan basah sedangkan Bulan Juni digunakan untuk mewakili penanaman yang dilakukan pada bulan kering. Hasil simulasi menunjukkan pola yang sama antara kedua bulan tersebut tetapi hasil pada bulan November lebih baik dibandingkan dengan bulan Juni. Dengan demikian Climgen lebih baik digunakan sebagai input model simulasi pertanaman APSIM jika waktu tanam dilakukan pada bulan basah.

Penyusunan Skenario Perubahan Iklim

Skenario perubahan iklim dilakukan dengan menggunakan luaran dari beberapa model GCM seperti pada Tabel 1 dan 2.



Gambar 2. Hasil validasi Climgen



Gambar 3. Perbandingan antara data produktivitas kedelai hasil observasi lapang dengan hasil luaran APSIM (tanam Juni - kiri; tanam Nov – kanan)

Tabel 1. Data estimasi perubahan curah hujan hasil luaran beberapa model GCM tahun 2020, 2050 dan 2080 untuk wilayah pulau Jawa dalam persen

Model	Bujur	Lintang	A2a2020	A2a2050	A2a2080	B2a2020	B2a2050	B2a2080
CSIRO	106.88	-7.96	5.21	4.74	10.67	4.74	8.72	8.72
	112.50	-7.96	5.67	7.95	14.12	6.45	10.88	8.22
ECHAM	106.88	-6.98	-7.35	-21.87	-39.05	-15.28	-20.11	-28.79
	109.69	-6.98	-3.95	-17.63	-28.58	-11.10	-14.78	-19.53
	112.50	-6.98	-5.32	-18.38	-26.72	-10.10	-13.55	-20.70
GFDL	108.75	-6.67	-8.43	-7.71	-11.61	10.20	12.80	19.69
	112.50	-6.67	-6.71	-8.62	-9.90	4.73	5.45	7.65
HADCM3	108.75	-7.50	-8.22	-11.58	-15.60	-3.10	-6.53	-10.95
	112.50	-7.50	-11.14	-15.82	-17.15	-6.57	-10.02	-15.00
NIESS	106.88	-8.31	10.51	9.64	-6.99	13.51	8.78	-15.46
	112.50	-8.31	10.53	13.11	4.28	11.47	11.26	-1.99
Rata-Rata			-1.75	-6.02	-11.50	0.45	-0.65	-6.19
Maks			10.53	13.11	14.12	13.51	12.80	19.69
Min			-11.14	-21.87	-39.05	-15.28	-20.11	-28.79

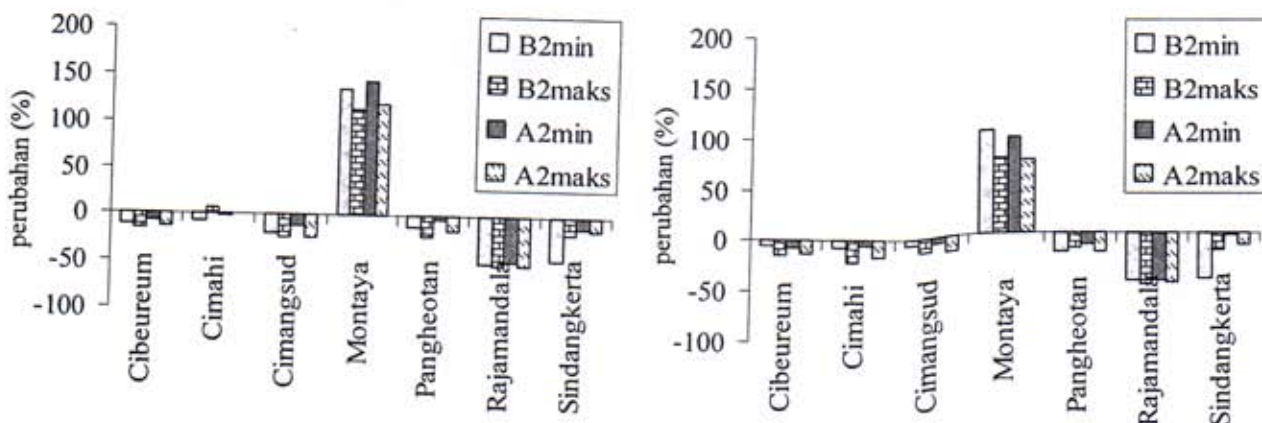
Tabel 2. Data estimasi perubahan suhu hasil luaran beberapa model GCM tahun 2020, 2050 dan 2080 untuk wilayah pulau Jawa dalam persen

Model	Bujur	Lintang	A2a2020	A2a2050	A2a2080	B2a2020	B2a2050	B2a2080
CSIRO	106.88	-7.96	2.66	4.83	8.70	2.61	5.00	6.77
	112.50	-7.96	2.80	5.14	8.96	2.76	5.21	7.04
ECHAM	106.88	-6.98	2.61	5.29	9.62	2.81	4.97	7.15
	109.69	-6.98	2.50	5.02	9.13	2.72	4.76	6.97
	112.50	-6.98	2.46	4.85	8.73	2.63	4.60	6.66
GFDL	108.75	-6.67	3.08	5.73	9.77	2.68	5.03	7.17
	112.50	-6.67	2.87	5.47	9.42	2.85	5.11	7.25
HADCM3	108.75	-7.50	2.33	5.30	8.66	2.58	4.25	6.37
	112.50	-7.50	2.33	5.28	8.64	2.58	4.25	6.41
NISS	106.88	-8.31	3.65	7.50	12.83	3.99	7.13	9.28
	112.50	-8.31	3.49	7.21	12.74	3.71	6.74	9.20
Rata-Rata			2.80	5.60	9.74	2.90	5.19	7.30
Maks			3.65	7.50	12.83	3.99	7.13	9.28
Min			2.33	4.83	8.64	2.58	4.25	6.37

Analisis Keragaman Produktifitas Kedelai

Selanjutnya, dilakukan pemetaan potensi hasil produktivitas kedelai di wilayah kajian untuk awal tanam 1 Juni dan 1 November. Secara umum terlihat bahwa rata-rata produktivitas tanaman kedelai untuk hampir seluruh daerah di wilayah kajian adalah sebesar 1,5 – 2 ton/ha. Hasil ini masih relatif baik untuk sistem penanaman tadah hujan, sebab menurut Jaenudin et. al. (2000) produktivitas kedelai komersil berada pada kisaran 1,5 – 2,5 ton biji/ha dan rata-rata petani pada kisaran 0,8 – 1,3 ton biji/ha. Pada semua skenario perubahan iklim yang diaplikasikan di

Kabupaten Bandung untuk melihat keragaman hasil kedelai terlihat bahwa semua skenario memberikan hasil penurunan produktivitas jika dibandingkan dengan kondisi normal kecuali untuk daerah Montaya. Walaupun demikian, adanya perbedaan waktu tanam menunjukkan bahwa penanaman yang dilakukan pada bulan Juni penurunannya lebih kecil dibandingkan dengan penanaman yang dilaksanakan pada bulan November. Bila dilihat dari pola hujan, Bulan Juni merupakan bulan kering, sedangkan November adalah bulan basah. Dari hasil scenario diatas terlihat bahwa penurunan produktivitas lebih tinggi dampaknya pada penanaman yang dilakukan pada



Gambar 4. Hasil Analisis Keragaman Produktifitas Tanaman Kedelai

bulan basah. Walaupun demikian perlu disadari bahwa studi ini dilakukan dengan menggunakan model simulasi iklim dan tanaman yang seringkali memberikan hasil diatas kondisi sebenarnya. Sebab berbagai pendekatan yang digunakan di dalam model dikondisikan dalam keadaan optimum. Oleh sebab itu, diperlukan strategi pertanaman guna menanggulangi permasalahan tersebut agar penurunan yang terjadi dapat dikurangi bahkan dihindari. Salah satu cara yang dapat ditempuh adalah penyesuaian waktu tanam sesuai dengan kondisi iklim yang terjadi pada saat itu.

Berdasarkan hasil analisis keragaman produktivitas kedelai dengan menggunakan data suhu dan curah hujan hasil GCM maka diperoleh bahwa penurunan nilai curah hujan menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas tanaman kedelai sampai hampir 50%. Penurunan ini terjadi hampir di semua wilayah kajian kecuali di Montoya. Penurunan curah hujan di wilayah in justru menyebabkan kenaikan produktivitas.

Demikian juga halnya dengan perubahan produktivitas akibat adanya kenaikan suhu. Kenaikan suhu menyebabkan penurunan produktivitas. Penurunan ini terjadi hampir di semua wilayah. Untuk kecamatan Montoya, kenaikan suhu menyebabkan kenaikan produktivitas. Analisis yang lebih detail disajikan dalam Gambar 5.

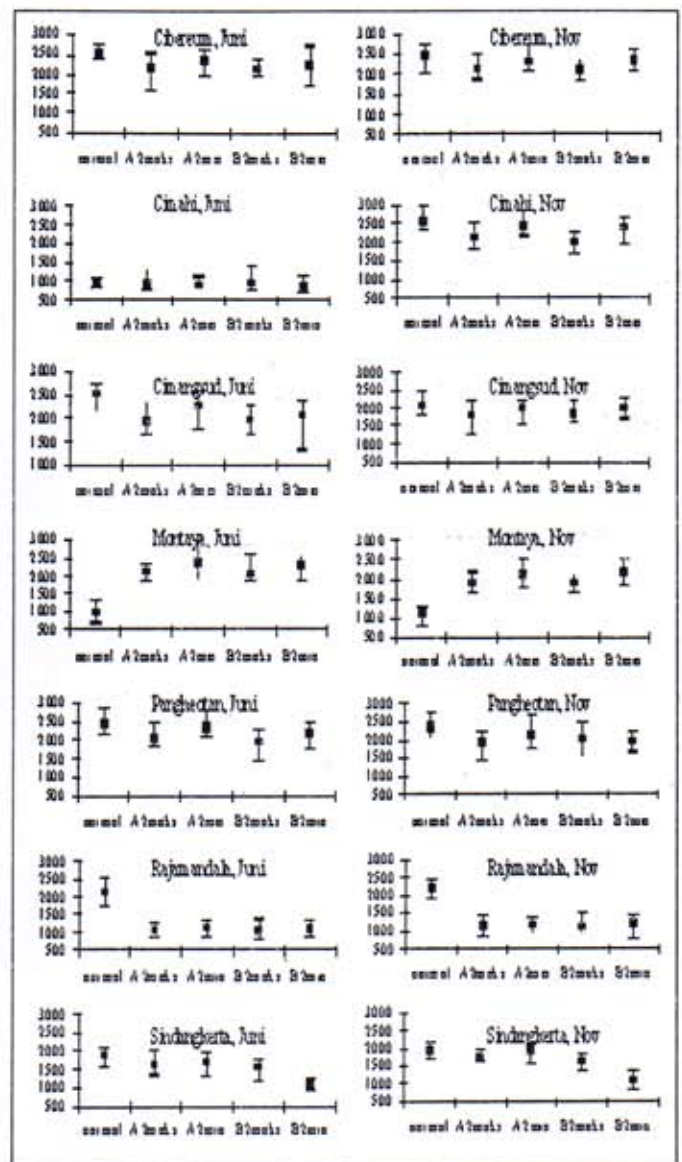
IV. KESIMPULAN

Perubahan iklim global menyebabkan peningkatan curah hujan dan penurunan suhu di Kabupaten Bandung. Secara umum perubahan iklim mempengaruhi produktivitas tanaman kedelai. Penurunan curah hujan dan kenaikan suhu menurunkan produktivitas sampai 50% di hampir semua wilayah kajian di Bandung kecuali kecamatan Montoya. Perubahan iklim meningkatkan produktivitas sebesar 100%.

Climgen dan APSIM dapat digunakan untuk melihat dampak yang ditimbulkan pada pertanaman kedelai akibat adanya perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S. and Leary, N., "Effects of Global Climate Change on Agriculture: an Interpretative Review", *Climate research*, Vol. 11, December 17th 1998, pp. 19-30.



Gambar 5. Analisis Produktivitas Tanaman Kedelai Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim

Boer, R., dan Team. 1999a. Penyusunan Program Interface antara Model Sirkulasi Udara Umum dengan Model Simulasi Tanaman (*Development of Interface Program between GCM and Crop Simulation Model*). Laporan Penelitian, Kerjasama Deputi Bidang Penelitian Kedirgantaraan LAPAN dengan Jurusan Geomet, FMIPA IPB. SPK No: SPK/89/IX/1999.

Boer, R, Kaimuddin, Ratag, M.A., and Bey, A. 1999b. Impact of doubling CO₂ on forest productivity. Paper Presented at The Second International Conference on Science and Technology for

- the Assessment of Global Climate Change and Its Impacts on Indonesian Maritime Continent, 29 November-01 December 1999.
- Boer, R., Las, I., and Notodiputro, K.A. 1999c. Analisis Risiko Iklim untuk produksi dan pengembangan kedelai di Flores, NTT. Laporan Penelitian RUT-IV, Dewan Riset Nasional, Jakarta (*Unpublished*).
- Boer, R. 2001. Strategy to anticipate climate extreme events. Paper presented at at the Training Institute on Climate and Society in the Asia-Pacific Region, 5-23 February 2001, East-West Center, Honolulu, USA.
- Boer, R., Dasanto, B.D., Perdinan, Marthinus, D. 2003a. Dampak perubahan iklim dan tataguna lahan terhadap sumberdaya air DAS Citarum. Sekolah Lapangan Iklim: Kumpulan Makalah Klimatologi. Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA IPB, Bogor.
- Boer, R., Dasanto, B.D., Perdinan, Marthinus, D. 2003b. Hydrology Balance of Citarum Watersheds under Current and Future Climate. AIACC Project Report through START. Laboratory of Climatology, Dept. of Geophysics and Meteorology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia.
- IPCC-TGCIA. 1999. Guidelines on the use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment. Version 1. Prepared by carter, T. R., M. Hulme, and M. Lal, Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment, 69pp.
- IPCC. 1996. Technical Summary' Op cit, Note 12. Intergovernmental Panel on Climate Change
- IPCC. 2000. Emission scenarios. A Special Rerport of Working Group III of the IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Kaimuddin, 2000. Dampak perubahan iklim dan tataguna lahan terhadap keseimbangan air wilayah Sulawesi Selatan: Studi kasus DAS Walanae Hulu dan DAS Saddang. Disertasi Program Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- NCSP. 2000. Using a Climate Scenario Generator in Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook. National Communications Support Programme, 62pp.
- Quiggin, J. and Chambers, R. G. 2000. Drought Policy : a Graphical Analysis. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 48:2 , pp.225-251.