

## PEMODELAN PERUBAHAN IKLIM DAERAH KABUPATEN SUKABUMI MENGGUNAKAN MAGICC/SCENGEN

**Dwi Sarah<sup>1</sup> dan Adrin Tohari<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung 40135

Telpon: +62 022 2503654, Fax: +62 022 2504593

Email: sarah@geotek.lipi.go.id

### **Sari**

Perubahan iklim mengakibatkan pergeseran keseimbangan evapotranspirasi-presipitasi yang mengubah intensitas dan jumlah hujan. Sebagai dampak dari fenomena perubahan iklim, beberapa wilayah di dunia mengalami peningkatan bencana tanah longsor, banjir, kekeringan dan kebakaran hutan. Kabupaten Sukabumi adalah wilayah dengan tingkat kerentanan gerakan tanah yang tinggi, di mana bencana gerakan tanah sering terjadi terutama pada musim hujan. Proyeksi perubahan iklim di wilayah ini perlu diketahui untuk mengantisipasi karakter gerakan tanah di masa mendatang. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak MAGICC/SCENGEN 5.3. Simulasi dilakukan pada dua skenario, yaitu A1-BIM yang mewakili skenario emisi gas rumah kaca tinggi dan B2-MES mewakili skenario emisi rendah dengan menggunakan model sirkulasi global UKHADCM3 dan UKHADGEM. Perubahan komponen iklim yang diamati adalah perubahan suhu global rata-rata dan implikasinya pada presipitasi bulanan regional untuk tahun 2000-2100. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa untuk skenario A1-BIM, perubahan suhu global rata-rata meningkat secara polinomial hingga mencapai 2.96°C pada tahun 2100 sementara untuk skenario B2-MES perubahan suhu global rata-rata meningkat secara linear hingga mencapai 2.6°C pada tahun 2100. Proyeksi perubahan presipitasi bulanan pada Grid 1 dan 2 masing-masing mewakili wilayah barat dan timur Kabupaten Sukabumi, menunjukkan bahwa pada Grid 1 terjadi perubahan maksimum pada bulan April 2100 sebesar 25.2% untuk skenario emisi tinggi dan 21.8% untuk skenario emisi rendah, sementara untuk Grid 2 perubahan maksimum terjadi pada bulan April 2100 sebesar 32.7% dan 28.2% untuk skenario emisi tinggi dan emisi rendah.

**Kata kunci:** perubahan iklim, proyeksi, presipitasi, Kabupaten Sukabumi, pemodelan

### **Abstract**

*The global climate change is expected to increase global air surface temperature which could affect the evaporation-precipitation balance. As the consequence, the intensity and amount of rainfall also change. Due to the effect of climate change, many areas in the world would suffer from climate related disasters, such as landslide, flood, drought and forest fire. Kabupaten Sukabumi is an area highly susceptible to landslide, where landslides frequently occur particularly during rainy season. The precipitation is the major trigger of landslides in this area. To characterize the magnitude of change of this climate component, the climate change modeling is required in the area of Kabupaten Sukabumi. Modeling was carried out using MAGICC/SCENGEN 5.3 software. Two scenarios were applied, A1-BIM representing high emission scenarios and B2-MES representing low emission scenarios, using UKHADCM3 and UKHADGEM global circulation models. The global mean temperature projection using A1-BIM scenario shows an increase in polynomial order up to 2.96°C in the year of 2100, meanwhile the global mean temperature projection using B2-MES scenario increases linearly up to 2.6°C in 2100. The projection of monthly precipitation change in Grid 1 and 2 shows similar pattern for high and low emission scenarios. The projection of monthly precipitation in Grid 1 shows that maximum change takes place in April 2100 of 25.2% for high emission scenario and 21.8% for low emission scenario. Meanwhile for Grid 2 the maximum change occurs in April 2100 of 32.7% and 28.2% for high and low emission scenarios respectively.*

**Keywords:** climate change, projection, precipitation, Kabupaten Sukabumi, modeling

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim global diperkirakan akan mengakibatkan kenaikan suhu udara di seluruh dunia. Sebagai konsekuensinya, keseimbangan evapotranspirasi-presipitasi akan mengalami perubahan demikian juga dengan pola hujan. Di beberapa bagian wilayah di dunia, perubahan ini dapat menimbulkan permasalahan-permasalahan lingkungan dan sosio-ekonomi (IPCC, 2007), antara lain dengan adanya peningkatan peristiwa bencana tanah longsor, banjir, kekeringan dan kebakaran hutan.

Kabupaten Sukabumi adalah wilayah dengan tingkat kerentanan gerakan tanah menengah hingga tinggi (PVMBG, 2004). Bencana gerakan tanah sering terjadi di daerah ini terutama pada musim hujan. Komponen iklim curah hujan menjadi faktor penting pemicu kerentanan gerakan tanah di daerah ini. Proyeksi perubahan iklim di wilayah ini perlu diketahui untuk mengetahui karakter gerakan tanah dan mengantisipasi dampak dari bencana tersebut di masa mendatang.

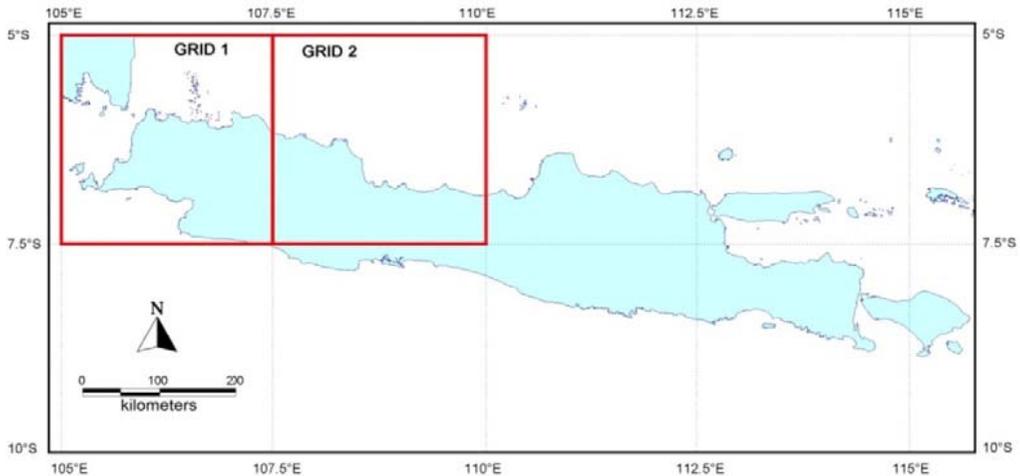
Pemodelan perubahan iklim memerlukan komputasi yang berat dan rumit sehingga awal perkembangannya hanya terbatas pada beberapa institusi saja. Namun dengan berkembangnya perangkat lunak generator skenario iklim yang dapat mensimulasikan model-model perubahan iklim, proyeksi perubahan iklim dapat dilakukan dengan cepat pada wilayah-wilayah yang lebih kecil (Susandi, 2006). Salah satu perangkat generator skenario iklim yang banyak digunakan adalah MAGICC/SCENGEN (Hulme et al., 2000). Perangkat lunak dan algoritma dalam MAGICC (*Model for the Assessment of Green-house gas-Induced Climate Change*) sama dengan yang digunakan dalam proyeksi suhu dan paras air laut di dalam Laporan Kajian Ketiga dari *Inter-governmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2001). Sedangkan SCENGEN (*Spatial Climate-Change Scenario Generator*) merupakan algoritma untuk menghasilkan skenario perubahan iklim regional dengan resolusi  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  lintang dan bujur. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan proyeksi perubahan presipitasi bulanan (Januari sampai Desember) dari tahun 2000 hingga 2100 berdasarkan wakil dari beberapa kelompok keluarga skenario emisi gas rumah kaca yang ditetapkan dalam *Special Report on Emission Scenarios* (SRES) (IPCC, 2000).

## PEMODELAN PERUBAHAN IKLIM

Pemodelan perubahan iklim di daerah Kabupaten Sukabumi dilakukan menggunakan perangkat lunak MAGICC/SCENGEN 5.3 (NCAR, 2008). MAGICC adalah model siklus gas/iklim yang keluarannya menjadi masukan pada SCENGEN. MAGICC digunakan pada proyeksi suhu dan paras air laut di dalam Laporan Kajian Ketiga IPCC (IPCC, 2001). SCENGEN menggunakan metoda *scaling* dari Santer et al. (1990) untuk menghasilkan pola perubahan spasial dari basis data model sirkulasi global bergandeng atmosfer-samudera (*Coupled Atmosphere-Ocean Global Circulation Model*).

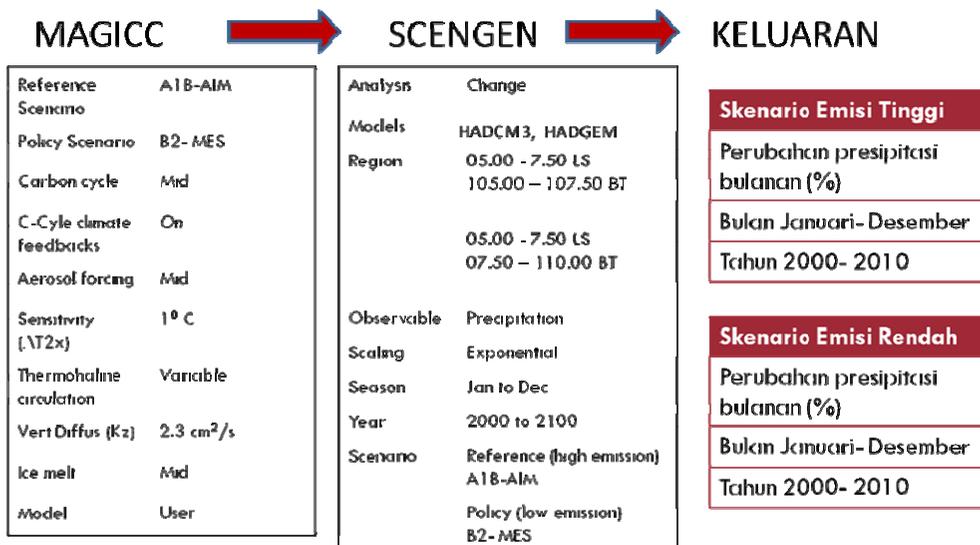
Dalam pemodelan perubahan iklim ini dua skenario emisi digunakan, yaitu A1B-AIM yang mewakili kelompok skenario emisi gas rumah kaca tinggi dan B2-MES untuk mewakili kelompok skenario emisi rendah (IPCC, 2000). Parameter pemodelan pada MAGICC menggunakan parameter *default*, kecuali untuk sensitivitas iklim menggunakan nilai rendah  $1^{\circ}\text{C}$ . Nilai ini menyatakan kenaikan suhu global yang terjadi adalah sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  untuk setiap peningkatan dua kali lipat konsentrasi gas rumah kaca. Tahun 1990 ditetapkan sebagai tahun referensi untuk luaran model iklim. Analisis perubahan iklim dimulai untuk tahun 2000 dan berakhir pada tahun 2100.

Analisis perubahan iklim regional menggunakan SCENGEN dengan model sirkulasi global UKHADCM3 (Pope et al., 2000) dan UKHADGEM (Johns et al., 2006), dengan variabel observasi berupa presipitasi dengan skala eksponensial. Luaran dari SCENGEN merupakan hasil rata-rata dari kedua model sirkulasi global tersebut. Pemodelan dilakukan untuk memproyeksi perubahan presipitasi bulanan bulan Januari sampai Desember mulai tahun 2000 sampai 2100. Kabupaten Sukabumi terletak pada koordinat 06.00° – 7.50° LS dan 106.50° – 108.00° BT. Pada pemodelan perubahan iklim daerah Kabupaten Sukabumi menempati grid 05.00° – 7.50° LS dan 105.00° – 107.50° BT (Grid 1) dan 05.00° – 7.50° LS dan 107.50° – 110.00° BT (Grid 2) (Gambar 1).



**Gambar 1.** Lokasi pemodelan perubahan iklim

Secara lengkap alur pemodelan perubahan iklim untuk wilayah Kabupaten Sukabumi dapat dilihat pada Gambar 2.



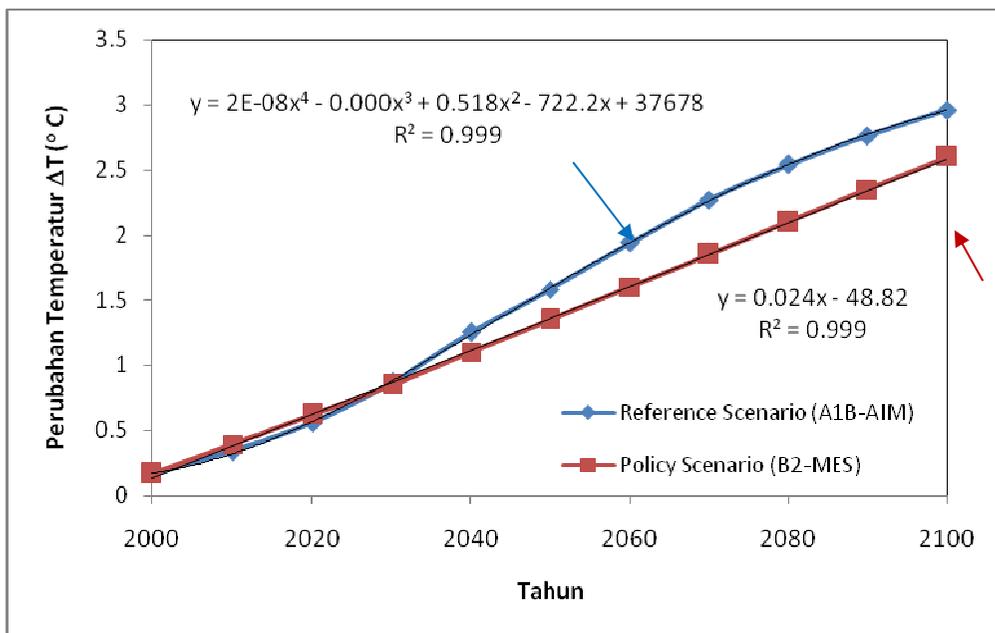
**Gambar 2.** Alur pemodelan perubahan iklim untuk wilayah Kabupaten Sukabumi

## HASIL PEMODELAN PERUBAHAN IKLIM

Dari pemodelan perubahan iklim menggunakan MAGICC/SCENGEN 5.3 yang telah dilakukan menurut alur pemodelan (Gambar 2) didapatkan proyeksi perubahan suhu global rata-rata dan perubahan presipitasi bulanan untuk wilayah Kabupaten Sukabumi yang menempati Grid 1 dan Grid 2 (Gambar 1). Hasil pemodelan perubahan iklim tersebut selengkapnya terangkum di bawah ini.

### Perubahan suhu global rata-rata

Proyeksi perubahan suhu global rata-rata berdasarkan skenario emisi tinggi (A1B-AIM) dan emisi rendah (B2-MES) terangkum dalam Gambar 3.

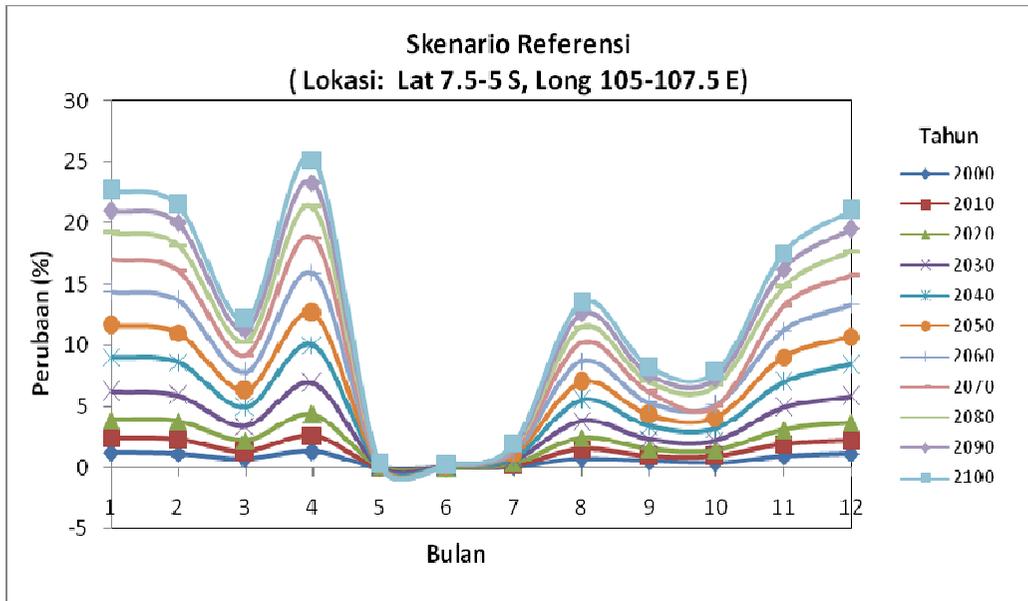


**Gambar 3.** Proyeksi perubahan suhu global rata-rata

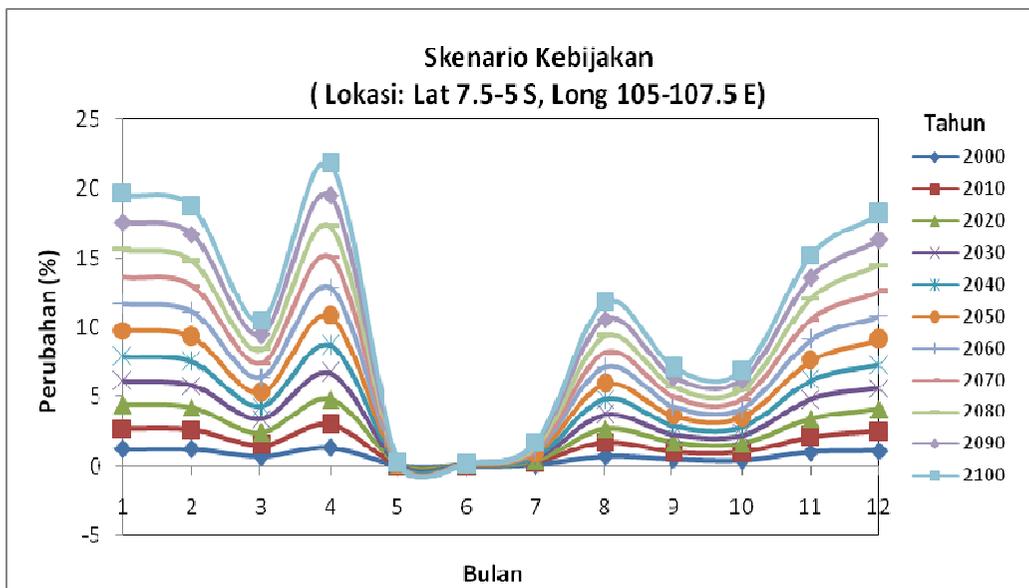
Gambar 3 menunjukkan bahwa untuk skenario emisi tinggi A1B-AIM, perubahan suhu global rata-rata meningkat secara polinomial menurut persamaan  $y=2.10^{-8}x^4-0.000x^3+0.518x^2-722.2x+37678$  hingga mencapai  $2.96^{\circ}\text{C}$  pada tahun 2100. Untuk skenario emisi rendah B2-MES perubahan suhu global rata-rata meningkat secara linear menurut persamaan  $y=0.024x-48.82$  hingga mencapai  $2.6^{\circ}\text{C}$  pada tahun 2100.

### Perubahan presipitasi bulanan

Proyeksi perubahan presipitasi bulanan di wilayah Kabupaten Sukabumi berdasarkan skenario emisi tinggi A1B-AIM dan emisi rendah B2-MES untuk Grid 1 terangkum dalam Gambar 4 dan 5. Perubahan presipitasi bulanan terlihat semakin meningkat dari tahun 2000 hingga 2100, khususnya pada bulan Agustus hingga Desember dan Januari sampai Maret. Bulan Mei hingga Juli menunjukkan perubahan yang sangat sedikit antara 0 - 1.7% untuk skenario emisi tinggi dan 0 - 2% untuk skenario emisi rendah. Laju perubahan presipitasi berkisar antara 1 - 2.3% per dekade untuk skenario emisi tinggi dan 0.8 - 1.9% per dekade untuk skenario emisi rendah.

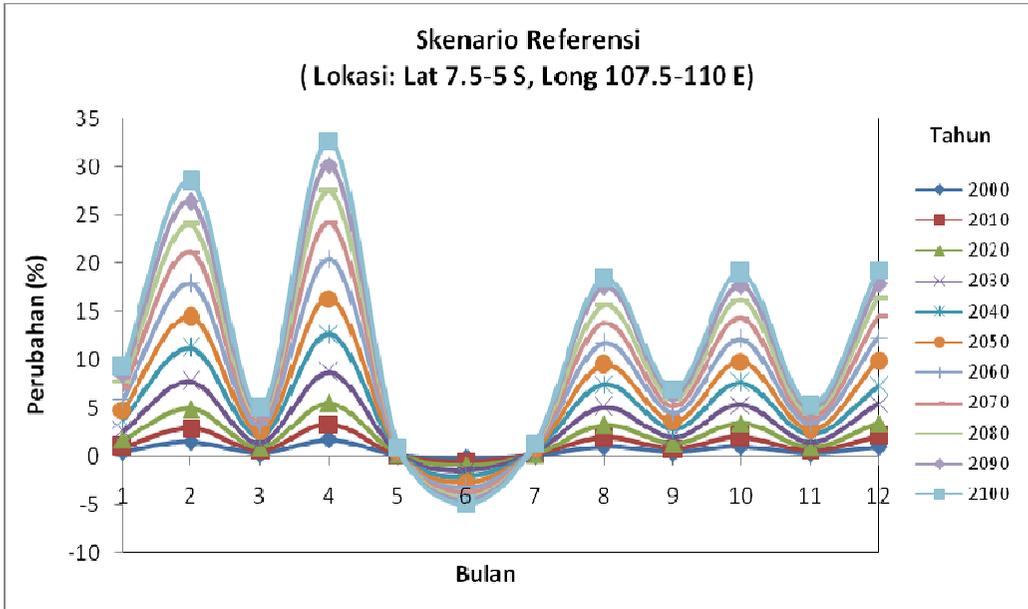


**Gambar 4.** Proyeksi perubahan presipitasi berdasarkan skenario emisi tinggi (A1B-AIM) untuk Grid 1

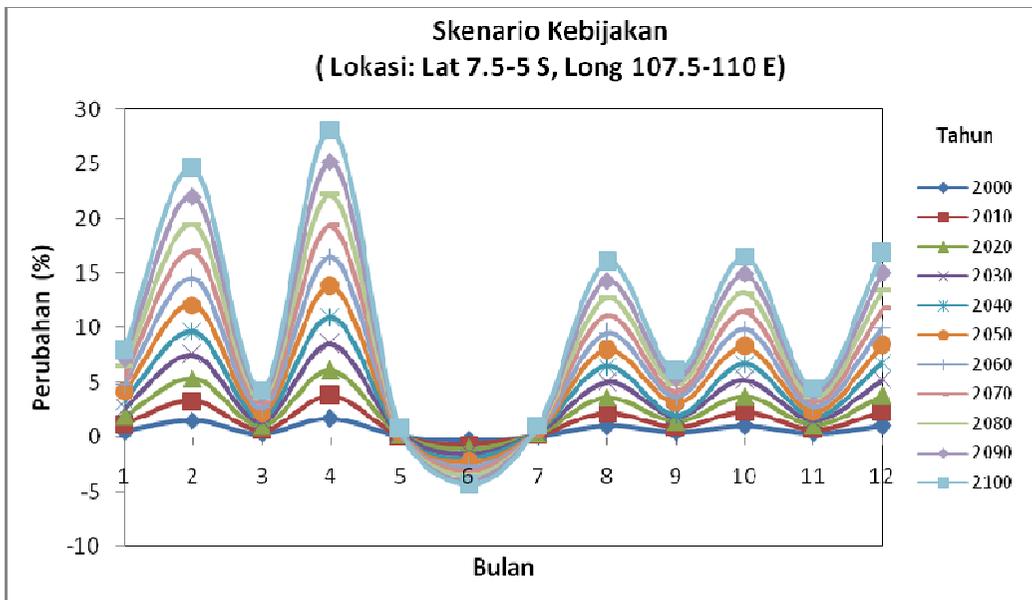


**Gambar 5.** Proyeksi perubahan presipitasi berdasarkan skenario emisi rendah (B2-MES) untuk Grid 1

Proyeksi perubahan presipitasi bulanan untuk skenario emisi tinggi A1B-AIM dan emisi rendah B2-MES untuk Grid 2 terangkum dalam Gambar 6 dan 7.



**Gambar 6.** Proyeksi perubahan presipitasi berdasarkan skenario emisi tinggi (A1B-AIM) untuk Grid 2



**Gambar 7.** Proyeksi perubahan presipitasi berdasarkan skenario emisi rendah (B2-MES) untuk Grid 2

Dari Gambar 6 dan 7 terlihat bahwa perubahan presipitasi bulanan memiliki pola yang sama untuk skenario emisi tinggi dan emisi rendah untuk area Grid 2. Besar perubahan presipitasi bulanan semakin meningkat dari tahun 2000 hingga 2100, yang terjadi terutama pada bulan

Februari, April, Agustus dan Desember. Peningkatan perubahan presipitasi bulanan dengan laju yang lebih kecil terlihat pada bulan Januari, Maret, September dan November. Peningkatan perubahan presipitasi bulanan sebesar 0.1 - 1.3% terjadi pada bulan Mei dan Juli, dan penurunan presipitasi bulanan sebesar -0.3 hingga -5% terjadi pada bulan Juni.

## **DISKUSI**

Hasil pemodelan proyeksi perubahan suhu rata-rata global dan perubahan presipitasi bulanan menggunakan MAGICC/SCENGEN 5.3 menunjukkan bahwa pola yang teratur terdapat pada proyeksi perubahan suhu rata-rata global. Perubahan suhu rata-rata global berdasarkan skenario emisi tinggi A1B-AIM meningkat menurut orde 4 polinomial dan untuk skenario emisi rendah B2-MES meningkat secara linear. Kedua skenario dengan tingkat emisi yang berbeda tersebut, meskipun dengan laju yang berbeda, menegaskan terjadinya kenaikan suhu rata-rata global di masa yang akan datang.

Adapun proyeksi perubahan presipitasi bulanan pada Grid 1 ( $05.00^{\circ} - 7.50^{\circ}$  LS dan  $105.00^{\circ} - 107.50^{\circ}$  BT) dan Grid 2 ( $05.00^{\circ} - 7.50^{\circ}$  LS dan  $107.50^{\circ} - 110.00^{\circ}$  BT) wilayah Kabupaten Sukabumi menghasilkan pola yang berbeda dan tidak teratur. Secara umum model memproyeksikan kenaikan presipitasi yang cukup tinggi pada bulan-bulan basah (Desember – Februari) dan pada bulan-bulan peralihan antar musim (Maret – Mei dan September – November), namun perubahan presipitasi relatif sedikit meningkat atau menurun pada bulan-bulan kering. Terjadinya kecenderungan kenaikan presipitasi pada bulan basah seperti yang diperlihatkan oleh hasil pemodelan berpotensi meningkatkan risiko kejadian gerakan tanah di wilayah Kabupaten Sukabumi di masa yang akan datang.

Menurut Susandi (2006), keluaran pemodelan menggunakan MAGICC/SCENGEN untuk komponen presipitasi tidak terlalu dapat diandalkan dibandingkan dengan komponen suhu, yang disebabkan oleh interaksi awan-matahari dan radiasi teresterial yang menghasilkan efek umpan balik positif dan negatif yang hasilnya belum dapat dipahami secara keseluruhan. Hal ini menyebabkan tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) yang lebih tinggi dalam pemodelan proyeksi perubahan presipitasi daripada proyeksi perubahan suhu. Untuk mendapatkan skenario perubahan iklim yang lebih andal atau untuk mengkuantifikasi ketidakpastian pada skenario iklim diperlukan pemodelan lebih lanjut.

## **KESIMPULAN**

Pemodelan proyeksi perubahan suhu rata-rata global dan perubahan presipitasi bulanan telah dilakukan untuk wilayah Kabupaten Sukabumi menggunakan perangkat lunak MAGICC/SCENGEN 5.3 dengan menggunakan model sirkulasi global UKHADCM3 dan UKHADGEM pada skenario A1B-AIM dan B2-MES. Perubahan suhu global rata-rata diproyeksikan meningkat sebesar  $2.96^{\circ}\text{C}$  menurut skenario A1B-AIM dan  $2.6^{\circ}\text{C}$  menurut skenario B2-MES pada tahun 2100. Proyeksi perubahan presipitasi bulanan pada wilayah Kabupaten Sukabumi menunjukkan pola yang berbeda untuk wilayah Grid 1 dan 2. Sementara pola yang sama didapatkan pada masing-masing grid untuk skenario emisi gas rumah kaca tinggi dan skenario emisi rendah. Kenaikan presipitasi yang cukup tinggi terjadi pada bulan-bulan basah (Desember – Februari) dan pada bulan-bulan peralihan antar musim (Maret – Mei dan September – November), namun perubahan presipitasi relatif sedikit meningkat atau menurun pada bulan-bulan kering (Juni – Agustus). Proyeksi perubahan presipitasi bulanan pada Grid 1 untuk skenario emisi tinggi menunjukkan perubahan maksimum terjadi pada bulan April 2100 sebesar 25.2% dan 21.8% untuk skenario emisi rendah, sementara untuk Grid 2 perubahan

maksimum terjadi pada bulan April 2100 sebesar 32.7% dan 28.2% masing-masing untuk skenario emisi tinggi dan rendah. Kenaikan presipitasi khususnya pada bulan-bulan basah (Desember – Februari) seperti yang diperlihatkan oleh hasil pemodelan berpotensi meningkatkan risiko kejadian gerakan tanah di masa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hulme, M., Wigley, T., Barrow, E., Raper, S., Centella, A., Smith, S. and Chipanshi, A.C., 2000. *Using a climatic scenario generator for vulnerability and adaption assessments: MAGICC and SCENGEN version 2.4 workbook*. Norwich, England. Climatic Research Unit.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change], 2000. *Emissions Scenarios*. A Special Report of Working Group III of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 599pp.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change], 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*.
- Johns, T.C., Durman, C.F., Banks, H.T., Roberts, M.J., McLaren, A.J., Ridley, J.K., Senior, C.A., Williams, K.D., Jones, A., Rickard, G.J., Cusack, S., Ingram, W.J., Crucifix, M., Sexton, D.M.H., Joshi, M.M., Dong, B.-W., Spencer, H., Hill, R.S.R., Gregory, J.M., Keen, A.B., Pardaens, A.K., Lowe, J.A., Bodas-Salcedo, A., Stark, S. and Searl, Y., 2006. *The new Hadley Centre climate model HadGEM1: Evaluation of coupled simulations*, *Journal of Climate*, 19 (7), 1327-1353.
- NCAR, 2008. *MAGICC-SCENGEN version 5.3*, Colorado, USA.
- Pope, V., Gallani, M.L., Rowntree, P.R., Stratton, R.A., 2000. *The impact of new physical parameterizations in the Hadley Centre climate model: HadAM3*. *Climate Dynamics*, 16, 123-146.
- PVMBG [Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi], 2004. *Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Jawa Bagian Barat*.
- Santer, B., Wigley, T., Schlesinger, M. and Mitchell, J., 1990. *Developing climate scenarios from equilibrium GCM results*. Report no. 47. Hamburg. Max-Planck-Institut fuer Meteorologie.
- Susandi, A., 2006. “*Projection of climate change over Indonesia using MAGICC/SCENGEN*”, poster section in of the International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, Indonesia, November 29-30, 2006.