

Pemodelan Magicc-Scengen sebagai Acuan Strategis Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Perikanan dan Kelautan

Magicc-Scengen Modeling As Strategic Reference For Climate Change Mitigation And Adaptation In Fisheries And Maritime Sector

Syafrudin Raharjo^{1,2,*}, Suhaemi³ dan Marhan²

¹Program studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, 98314, Papua Barat, Indonesia

²Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, 98314, Papua Barat, Indonesia

³Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, 98314, Papua Barat, Indonesia

*Korespondensi: s.raharjo@unipa.ac.id

ABSTRAK

Kenaikan temperatur udara permukaan global diperkirakan akan meningkatkan hujan dan limpasan. Perubahan jangka panjang dari curah hujan sudah tentu akan mempengaruhi sumberdaya air sehingga sektor perikanan dan kelautan akan sangat terpengaruh. Memahami perubahan iklim global di masa yang akan datang serta dampak yang dapat ditimbulkannya, khususnya perubahan pada iklim Indonesia sebagai salah satu parameter perubahan kondisi lingkungan, merupakan bagian dari strategi mitigasi dan adaptasi dampak perubahan iklim global secara dini yang penting dilakukan dalam rangka mendukung pembangunan Indonesia yang berkelanjutan. Magicc-Scengen versi 5.3 adalah salah satu model iklim yang banyak digunakan. Magicc digunakan dalam proyeksi temperatur dan paras air laut, sedangkan Scengen ditujukan untuk menghasilkan skenario perubahan iklim regional dengan resolusi $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ lintang dan bujur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat perubahan iklim khususnya temperatur udara dan curah hujan di Indonesia dengan model Magicc-Scengen (Model sirkulasi global UKHADCM3 dan UKHADGEM) dengan skenario A1-BAIM dan B2-MES. Berdasarkan simulasi model Magicc-Scengen didapatkan bahwa pada tahun 2100, temperatur global akan meningkat dari $2,5^{\circ}\text{C}$ (B2-MES) hingga mencapai 3°C (A1-BAIM). Sedangkan untuk wilayah Indonesia terlihat bahwa perubahan temperatur maksimum terjadi pada skenario A1BAIM, yakni sebesar $2,12^{\circ}\text{C}$ yang tersebar di wilayah sumatera dan kalimantan. Sedangkan untuk skenario B2MES terjadi perubahan temperatur maksimum sebesar $1,88^{\circ}\text{C}$. Hasil simulasi peningkatan curah hujan mencapai 25,4 hingga 26,2% pada periode Maret-April-Mei (MAM). Skenario A1BAIM diperoleh bahwa pola curah hujan tertinggi umumnya terjadi pada MAM (untuk tahun 2050 dan 2100), sedangkan skenario B2MES diperoleh bahwa pola curah hujan sangat bervariasi, dimana untuk tahun 2050 curah hujan tertinggi terjadi pada Desember-Januari-Februari (DJF), namun untuk tahun 2100 terlihat bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada MAM.

Kata kunci: adaptasi; curah hujan; Magicc-Scengen; mitigasi; temperatur;

ABSTRACT

The rise of global surface temperature is predicted to increase the rainfall and runoff. Long-term changes in rainfall will affect the water resource, thus also influencing the fisheries and maritime sector. Understanding the global climate change and their effects, especially in Indonesia as one of the environmental condition parameters, is a part

of the strategy for mitigation and adaptation towards climate change, and it is important to do early to support the sustainable development of Indonesia. Magicc-Scengen v5.3 is one of the widely-used climate models. Magicc is used in the projection of sea level and temperature, while Scengen is used to produce the regional climate change scenario with the resolution of $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ latitude and longitude. This study aims to determine the climate change level especially the air temperature and rainfall in Indonesia using Magicc-Scengen model (global circulation model UKHADCM3 and UKHADGEM) using A1-BAIM and B2-MES scenarios. According to the Magicc-Scengen simulation model, in the year 2100, the global temperature will change from 2.5°C (B2-MES) towards 3°C (A1-BAIM). In Indonesia, the maximum change of temperature will occur on the A1-BAIM scenario, which is 2.12°C , distributed across Sumatra and Kalimantan. Moreover, on B2-MES scenario, the maximum temperature change is 1.88°C . The simulation results also show a rainfall escalation, from 25.4 towards 26.2%, in March-April-May (MAM) period. The A1-BAIM scenario determines that the highest rainfall will occur in MAM (for the year of 2050 and 2100), while B2-MES scenario determines that the rainfall pattern varies widely, in which the highest of it in 2050 will occur on December-January-February (DJF). However, for the year 2100, the highest rainfall will occur on MAM.

Keywords: adaptation; Magicc-Scengen; mitigation; rainfall; temperature;

PENDAHULUAN

Pemanasan global yang terjadi saat ini telah menyebabkan kenaikan temperatur udara permukaan global dengan laju rata-rata sekitar 0.2°C per 10 tahun (IPCC, 2018). Menurut model iklim, temperatur permukaan global akan meningkat sekitar $1.5-3.5^{\circ}\text{C}$ pada akhir 2100, bahkan bisa meningkat tajam $3,1-3,7^{\circ}\text{C}$ (IPCC, 2000; IPCC, 2018). Peningkatan temperatur sederhana akan meningkatkan penguapan dan memungkinkan suasana untuk mengangkut jumlah yang lebih besar uap air. Oleh karena itu, diasumsikan bahwa hujan dan limpasan akan dipercepat. Perubahan jangka panjang dari curah hujan sudah tentu akan mempengaruhi sumber daya air, sehingga sektor perikanan dan kelautan akan sangat terpengaruh.

Sebagai negara kepulauan, Indonesia sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim tersebut. Ini ditunjukkan pada kejadian kurun waktu 1997-1998, Indonesia mengalami kebakaran hutan dan kerusakan terumbu karang yang cukup parah akibat berubahnya karakteristik El Nino akibat pemanasan global. Selain itu, perubahan iklim global akan mengakibatkan pola

iklim menjadi tidak teratur, cuaca ekstrim, gelombang ekstrim, musim penghujan lebih panjang dengan curah hujan tinggi, musim kemarau panjang, banjir ROB, banjir, longsor, gelombang panas, peledakan wabah penyakit, mengurangi keanekaragaman hayati, dan penurunan produksi pangan (KLHK, 2020). Susilawati (2021), Perubahan iklim mempengaruhi kesehatan manusia dengan dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung yaitu paparan langsung dan peningkatan frekuensi cuaca ekstrim.

Memahami perubahan iklim global di masa yang akan datang serta dampak yang dapat ditimbulkannya, khususnya perubahan pada iklim Indonesia sebagai salah satu parameter perubahan kondisi lingkungan, merupakan bagian dari strategi antisipasi (mitigasi dan adaptasi) dampak perubahan iklim global secara dini yang penting dilakukan dalam rangka mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

Tulisan ini menjelaskan tentang perubahan iklim global dan selanjutnya mengkaji perubahan serta proyeksi perubahan iklim Indonesia dengan menggunakan model MAGICC-SCENGEN versi 5.3.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat perubahan iklim khususnya temperatur udara dan curah hujan di Indonesia dengan model MAGICC-SCENGEN versi 5.3 (Model sirkulasi global UKHADCM3 dan UKHADGEM) dengan skenario A1-BAIM dan B2-MES.

METODE PENELITIAN

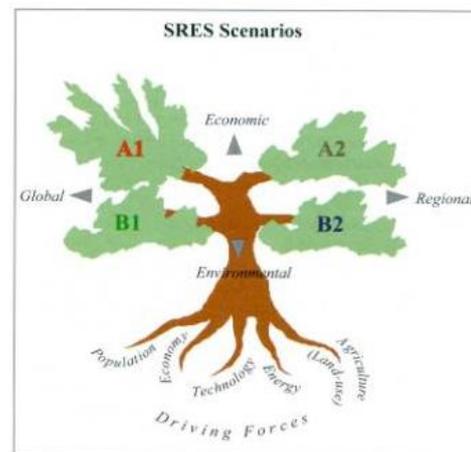
Penelitian dilakukan dengan pendekatan pemodelan iklim, dengan menggunakan pemodelan perubahan iklim MAGICC/SCENGEN 5.3, license UCAR/NCAR/UOP yang didownload secara gratis di <http://www.cgd.ucar.edu/cas/wigley/magicc/>. Metode ini merupakan gabungan dari model Magicc dan Scengen, yang memungkinkan pengguna untuk meneliti perubahan iklim di masa depan dan ketidakpastian yang terjadi pada kondisi global maupun regional (www.cgd.ucar.edu/).

MODEL IKLIM GLOBAL

Pada tahun 1992, IPCC merilis enam skenario emisi yang menyediakan alternatif emisi untuk rentang tahun 1990 sampai 2100 yang berhubungan dengan GRK, yakni CO₂, CO, CH₄, N₂O, NO_x, dan SO₂. Skenario ini dimaksudkan untuk digunakan oleh para ilmuwan iklim dan atmosfer dalam

penyusunan skenario komposisi atmosfer dan perubahan iklim.

IPCC telah menerbitkan satu set baru skenario pada tahun 2000 untuk digunakan dalam Third Assessment Report/TAR (Laporan Khusus tentang Skenario Emisi-SRES). Skenario SRES dibangun untuk mengeksplorasi perkembangan masa depan di lingkungan global dengan referensi khusus pada produksi emisi gas rumah kaca dan aerosol prekursor. Tim SRES mendefinisikan empat skenario (Gambar 1), yang diberi label B2, A1, A2, B1 (Nakicenovic et al, 2000). Skenario SRES berdasarkan storyline IPCC 2000 dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Ilustrasi Empat Skenario SRES (IPCC, 2000)

Tabel 1. Skenario SRES berdasarkan storyline IPCC 2000

AR4	Lebih difokuskan pada sektor ekonomi	Lebih difokuskan pada sektor lingkungan
Globalisasi (dunia yang homogen)	A1 - pertumbuhan ekonomi yang cepat (grup : A1/A1B/A1F1), - kenaikan temperatur tahun 2100 antara 1.4 – 6.4°C	B1 - penanganan lingkungan global yang berkelanjutan, - kenaikan temperatur tahun 2100 antara 1.1 – 2.9°C
Regionalisasi (dunia yang heterogen)	A1 - pembangunan ekonomi yang berorientasi regional, - kenaikan temperatur tahun 2100 antara 2.0 – 5.4°C	B1 - penanganan lingkungan lokal yang berkelanjutan, - kenaikan temperatur tahun 2100 antara 1.4 – 3.8 °C

Laporan penilaian IPCC keempat (AR4), total 25 model sirkulasi atmosfer AOGCM digunakan untuk proyek pemanasan global dan kenaikan permukaan laut rata-rata daerah pada akhir 2100. Diharapkan tetap pada kisaran 1,1°C hingga 6,4°C peningkatan temperatur global dan proyeksi peningkatan ketinggian permukaan laut global diperkirakan pada kisaran 0,02 m-0,18 m untuk skenario emisi yang berbeda. Ini juga telah diproyeksikan untuk Asia Selatan kering curah hujan musiman selama musim dingin diturunkan dari 16%, diikuti dengan peningkatan curah hujan pra-monsoon dan Monsun 31% dan 26% untuk skenario A1FI (IPCC, 2007).

Salah satu aplikasi utama untuk proyeksi iklim di masa depan adalah menggunakan model AOGCM (*Atmosphere-Ocean Global Circulation Models*) (Tsujiimoto et al., 2022; Imani et al., 2023). Model numerik ini memiliki beberapa kemampuan diantaranya mampu menampilkan sebuah sistem iklim dalam bentuk 3 Dimensi, mampu menjelaskan berbagai proses fisis dan dinamis, serta berbagai macam proses interaksi dan timbal-baliknya. Model-model AOGCM juga memiliki kemampuan di dalam memperkirakan kondisi iklim regional dalam merespon terhadap perubahan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan aerosol (Randall dan Coauthors, 2007; Kurniawan dkk, 2009; Kimoto et al., 2012; Imani et al., 2023).

Simulasi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model sirkulasi global UKHADCM3 dan UKHADGEM dengan skenario A1-BAIM dan B2-MES. A1-BAIM mewakili skenario emisi GRK tinggi (pertumbuhan ekonomi tinggi) dan B2-MES mewakili skenario emisi GRK rendah (pertumbuhan populasi dan ekonomi sedang).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyebab utama perubahan iklim adalah meningkatnya aktifitas

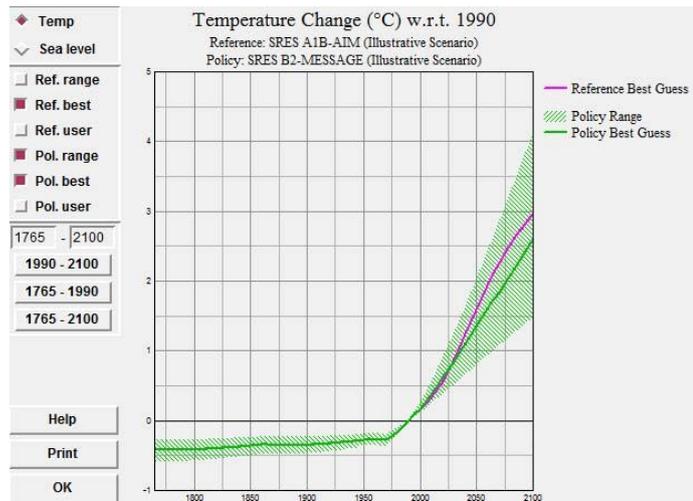
manusia yang dimulai sejak revolusi industri. Dimana CO₂ dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas, selain itu CO₂ juga dihasilkan dari kegiatan penebangan hutan (*deforestasi*) (Runtuboi et al, 2018). Menurut Susandi (2010), data historis konsentrasi CO₂ meningkat dari tahun ketahun dan peningkatan secara drastis dimulai sejak di mulainya revolusi industri pada sekitar tahun 1900. Peningkatan konsentrasi CO₂ diatmosfer ini akan mengakibatkan naiknya temperatur permukaan bumi yang dapat menyebabkan melelehnya es di kutub utara dan kutub selatan, sehingga tinggi muka air laut pun akan mengalami peningkatan.

Perubahan iklim global ini akan terus terjadi seiring dengan meningkatnya aktifitas manusia yang akhirnya mengemisikan karbon, sehingga akan terjadi kenaikan temperatur global. Berdasarkan simulasi model Magicc didapatkan bahwa temperatur global akan meningkat dari 2,5°C (B2-MES) hingga mencapai 3 °C (A1-BAIM) pada tahun 2100 (Gambar 2).

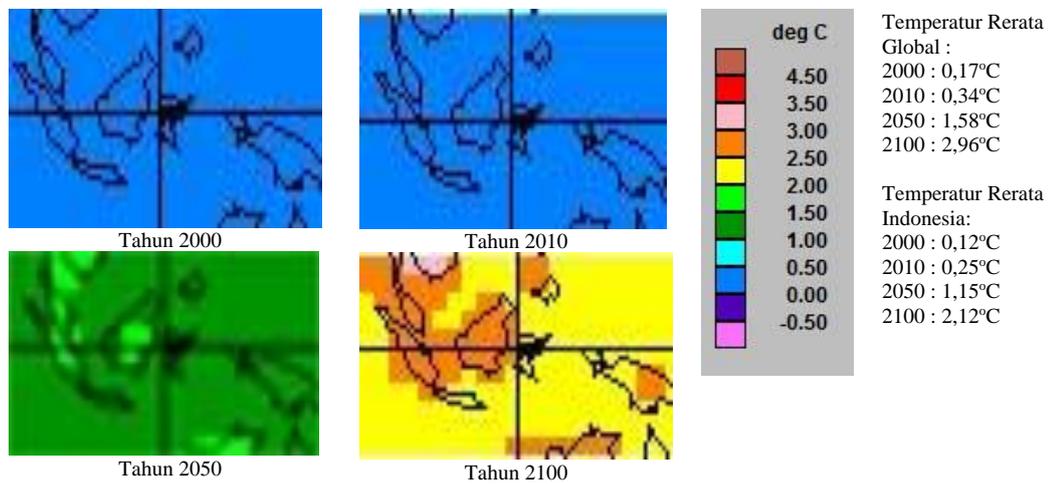
Perubahan temperatur global sangat mungkin memberikan pengaruh pada pola presipitasi dan evapotranspirasi pada pulau-pulau di wilayah tropis (Watts, 1997), yang mengakibatkan perubahan-perubahan pada segala sesuatu yang berkaitan dengan hidrologi (Ashofteh, et al., 2016).

Proyeksi Temperatur Dan Curah Hujan

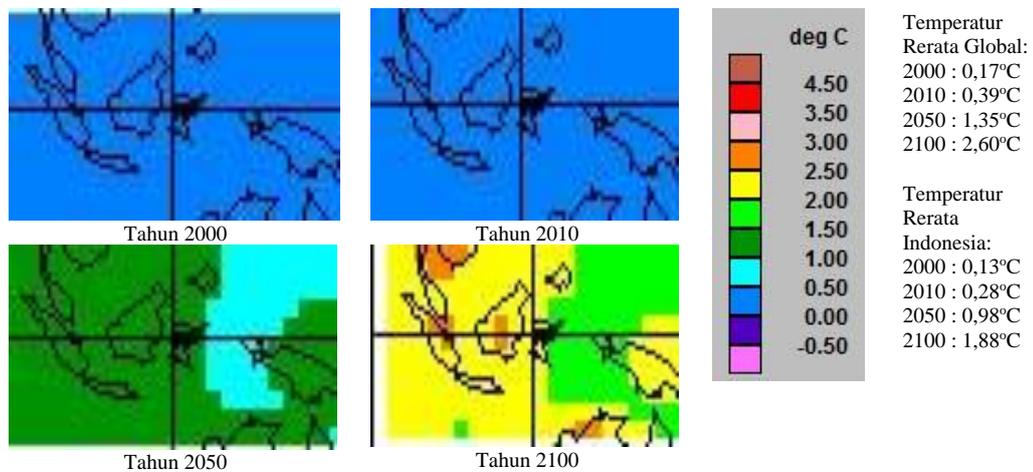
Proyeksi temperatur dan curah hujan pada titik geografis: Latitude 2,5°S-0°S dan longitude 132,5°E-135,0°E dan menggunakan model MAGICC/SCENGEN berdasarkan skenario IPCC (skenario A1 dan B2) menunjukkan kenaikan dari waktu ke waktu. Dimana secara spasial pada Gambar 3 dan 4 diperlihatkan proyeksi temperatur Indonesia pada tahun 2100.



Gambar 2. Hasil Simulasi Model Magicc SRES A1B-AIM dan B2-MES



Gambar 3. Hasil Simulasi Temperatur Rerata Indonesia 2000-2100 (model : UKHADCM3 & UKHADGEM, skenario: A1BAIM)

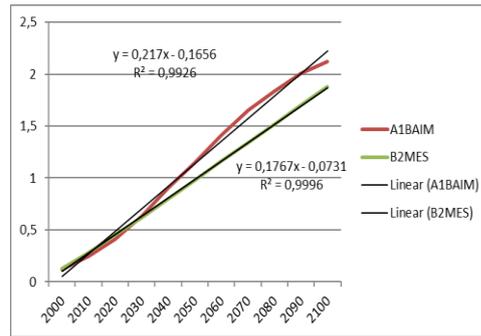


Gambar 3. Hasil Simulasi Temperatur Rerata Indonesia 2000-2100 (model: UKHADCM3 & UKHADGEM, skenario: B2MES)

Data pada Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa perubahan temperatur maksimum terjadi sebesar 2,12°C (skenario A1BAIM) yang tersebar di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Sedangkan untuk skenario B2MES terjadi perubahan temperatur maksimum sebesar 1,88°C. Kedua skenario ini ternyata masih dibawah proyeksi global yang mencapai 2,96°C untuk A1BAIM dan 2,6°C untuk B2MES.

Proyeksi dari perubahan iklim masa depan terhadap temperatur udara permukaan dan curah hujan khususnya di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Kototabang–Sumatera Barat dengan menggunakan model AOGCM CCSR/NIES menunjukkan bahwa hingga tahun 2080, intensitas curah hujan akan mengalami peningkatan hingga 20% dibandingkan nilai rata-ratanya (Kurniawan dkk, 2009). Namun yang menarik disini, pada periode SON dua skenario yakni SRES A2 dan B2 sepakat bahwa adanya penurunan intensitas curah hujan hingga mencapai 15%. Penurunan ini belum diketahui penyebabnya, namun kondisi ini dapat dijadikan sebagai acuan di dalam melihat proyeksi perubahan iklim di masa depan. Sedangkan hasil simulasi peningkatan curah hujan mencapai 25,4 hingga 26,2% pada periode MAM.

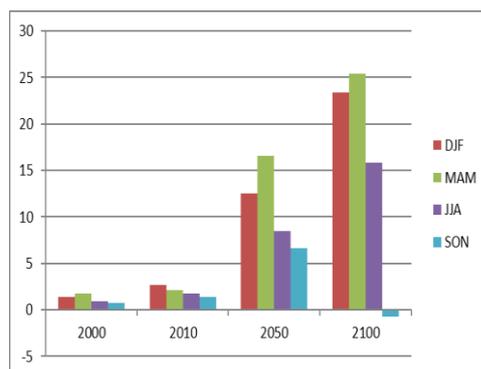
Selanjutnya jika kita lihat dari perubahan temperatur setiap 10 tahun dalam periode 2000 hingga 2100, maka skenario A1BAIM memiliki persamaan regresi $Y = 0,217X - 0,1656$, yang artinya kenaikan temperatur akan terjadi sebesar 0,217 kalinya terhadap waktu yang dikurangi dengan 0,1656. Sedangkan skenario B2MES memberikan persamaan regresi $Y = 0,1767X - 0,0731$. Ini berarti skenario B2MES memberikan kenaikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan skenario A1BAIM.



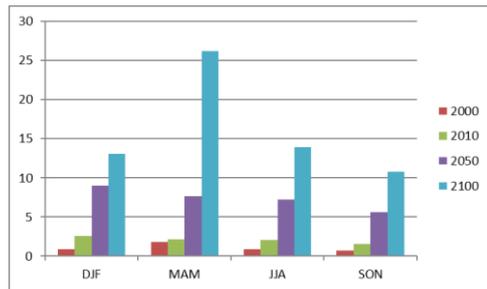
Gambar 5. Grafik Kenaikan Temperatur Rerata Setiap 10 tahun

Proyeksi curah hujan per tiga bulan (Desember-Januari-Februari/DJF, Maret-April-Mei/MAM, Juni-Juli-Agustus/JJA, September-Oktober-November/SON) diperoleh bahwa terjadi peningkatan curah hujan (%) dari waktu ke waktu.

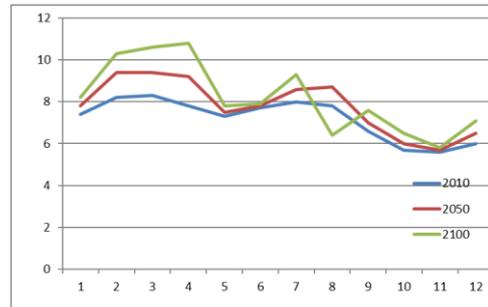
Skenario A1BAIM diperoleh bahwa pola curah hujan tertinggi umumnya terjadi pada MAM (untuk tahun 2000, 2050 dan 2100), sedangkan pada tahun 2010 curah hujan tertinggi terjadi pada DJF (Gambar 6). Sedangkan skenario B2MES diperoleh bahwa pola curah hujan sangat bervariasi, dimana untuk tahun 2010 dan 2050 curah hujan tertinggi terjadi pada DJF, namun untuk tahun 2000 dan 2100 terlihat bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada MAM (Gambar 7).



Gambar 6. Pola Curah Hujan (%) 2000-2100 Skenario A1BAIM

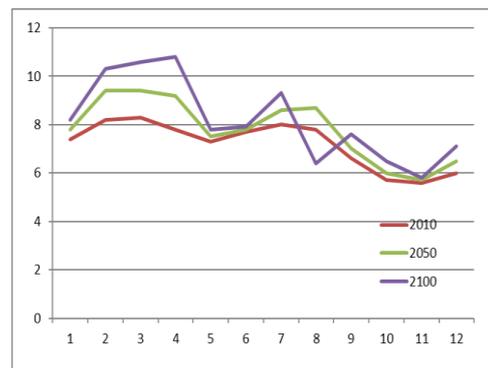


Gambar 7. Pola Curah Hujan (%) 2000-2100 Skenario B2MES

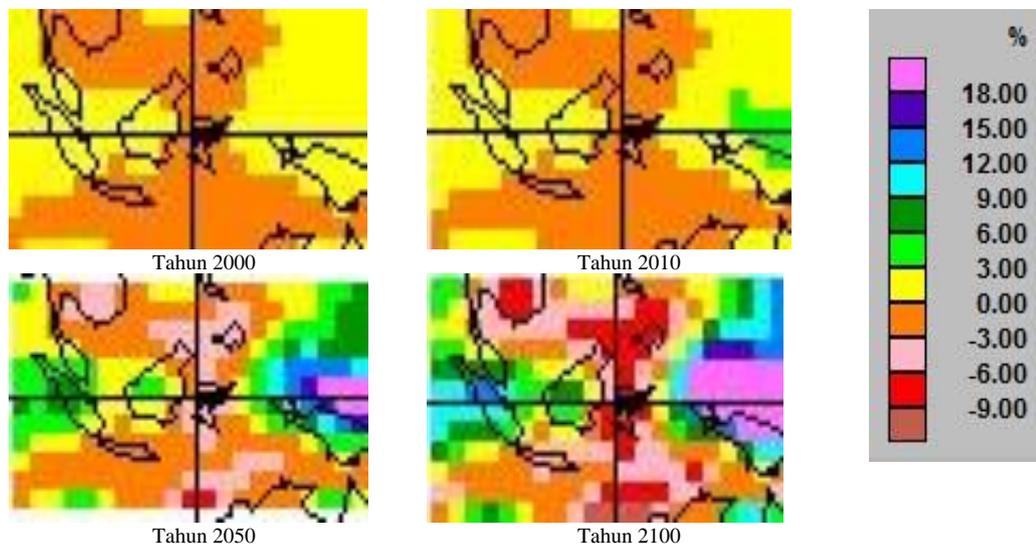


Gambar 8. Curah Hujan Bulanan dalam mm/hari Skenario A1BAIM

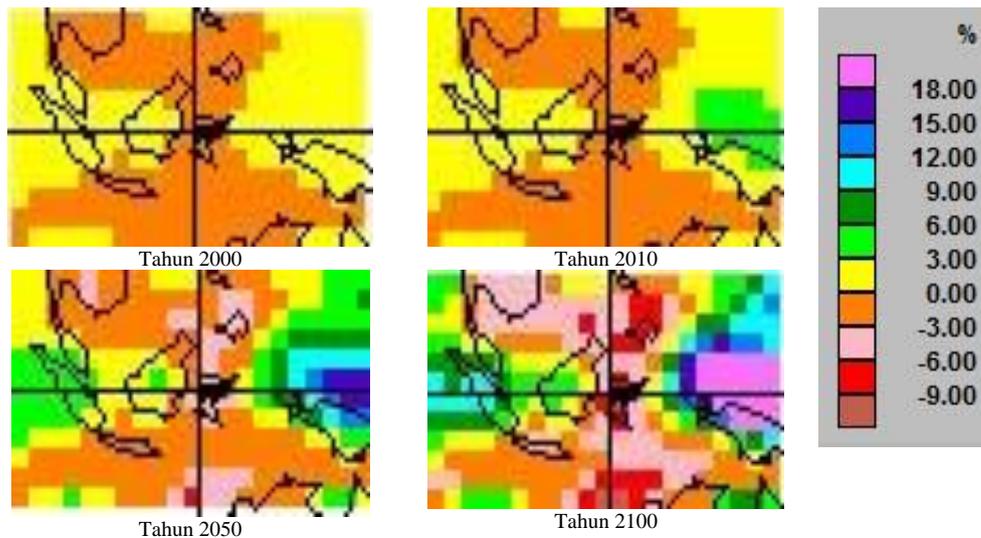
Grafik curah hujan bulanan dalam scenario A1BAIM dan B2MES disajikan dalam Gambar 8 dan Gambar 9. Data tersebut menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari, Maret dan April, baik untuk skenario A1BAIM dan B2MES. Namun pada tahun 2100 terjadi pola penurunan curah hujan (anomali) yang terjadi pada bulan Agustus. Sedangkan Pola curah hujan secara spasial dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11).



Gambar 9. Curah Hujan Bulanan dalam mm/hari Skenario B2MES



Gambar 10. Curah Hujan Spasial Indonesia periode 2000-2100 untuk dengan model UKHADCM3 & UKHADGEM untuk skenario A1BAIM



Gambar 11. Curah Hujan Spasial Indonesia periode 2000-2100 dengan model UKHADCM3 & UKHADGEM untuk Skenario B2MES.

Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sektor Perikanan dan Kelautan

Sektor perikanan dan kelautan, terutama nelayan dan pembudidaya ikan tambak merupakan masyarakat yang rentan terhadap perubahan iklim karena mereka masih tergantung pada kondisi iklim. Perubahan iklim seperti kenaikan temperatur udara, peningkatan curah hujan, kenaikan muka air laut, gelombang ekstrim, penurunan salinitas dan banjir rob akan memberikan dampak terhadap kegiatan penangkapan ikan oleh nelayan maupun para pelaku pembudidaya ikan. Thornton *et al.*, (2014), menjelaskan pergantian iklim akan mengakibatkan variabilitas iklim diantaranya frekuensi, intensitas, durasi, dan waktu peristiwa cuaca dan iklim yang ekstrim. Yogiswara dan Sutrisna (2021), Pemanasan global, bisa menyebabkan musim tangkap ikan bergeser sehingga dapat berdampak kepada hasil produksi ikan dan pendapatan nelayan. Purnomo *et al.*, (2015), pengaruh perubahan iklim adalah munculnya peningkatan frekuensi ombak besar yang menjadi rintangan dari nelayan jika ingin menjangkau *fishing ground*. Yogiswara dan Sutrisna (2021), tinggi gelombang, curah hujan dan kecepatan angin berpengaruh secara

simultan terhadap produksi ikan di Kabupaten Badung.

Dampak terhadap nelayan meliputi perubahan daerah penangkapan (*fishing ground*) yang cenderung semakin jauh dan perubahan waktu penangkapan ikan akibat terjadi pergeseran musim. Selain itu gelombang ekstrim/tinggi dan badai yang sering terjadi menyebabkan para nelayan tidak dapat melaut untuk menangkap ikan. Perubahan iklim itu sendiri telah menyebabkan penurunan jumlah populasi ikan di laut yang disebabkan oleh kerusakan terumbu karang akibat peningkatan suhu permukaan laut sehingga produktivitas hasil perikanan menurun. Moegni *et al.* (2014), dampak perubahan iklim pada ekosistem laut dapat berpengaruh terhadap sektor perikanan laut tangkap. Akibat yang ditimbulkan bagi kehidupan sosial ekonomi nelayan adalah meningkatnya biaya melaut dan berubahnya perilaku melaut nelayan.

Sedangkan untuk kegiatan budidaya, penurunan salinitas akan berdampak pada jauhnya lokasi budidaya, terutama budidaya rumput laut dan budidaya ikan-ikan laut. Kenaikan muka air laut, gelombang ekstrim dan banjir rob akan merusak konstruksi tambak dan menurunkan

salinitas air tambak sehingga merugikan petambak ikan.

KESIMPULAN

Proyeksi perubahan iklim untuk parameter temperatur dan curah hujan telah di simulasikan dengan model MAGICC/SCENGEN untuk proyeksi tahun 2000 sampai 2100. Skenario IPCC yang dipilih adalah skenario B2 yang mewakili kondisi peningkatan populasi dan pertumbuhan ekonomi yang sedang atau sebagai skenario dasar. Sedangkan skenario A1 dipilih sebagai skenario yang mewakili kondisi dengan pertumbuhan ekonomi tinggi yang mencerminkan tingginya penggunaan bahan bakar fosil.

Proyeksi peningkatan temperatur dan curah hujan ini bisa digunakan sebagai acuan strategis dalam melakukan mitigasi dan adaptasi di sektor perikanan, baik untuk perikanan tangkap maupun perikanan budidaya.

Pemerintah Provinsi Papua Barat perlu melakukan langkah-langkah mitigasi dan adaptasi perubahan iklim sektor perikanan dan kelautan, karena sektor perikanan dan kelautan adalah salah satu sektor yang langsung berhadapan dengan resiko perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashofteh, P-S., Haddad, O. B., Marino, M.A. (2016). Performance Evaluation of a Developed Hybrid AOGCM Model under Climate Change. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(12), 16-68.
- Imani, T., Delghandi, M., Emamgholizadeh, S., Ganji-Noroozi, Z. (2023). Evaluating uncertainty in climate change impacts on peak discharge and flood volume in the Qaran Talar watershed, Iran. *Journal of Water and Climate Change*, 00 [0], 1-14.
- IPCC. (2000). *Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of The IPCC*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. In Press.
- Kimoto, M., Knight, J. R., Latif, M., Rosati, A. (2012). Systematic Estimates of Initial-Value Decadal Predictability for Six AOGCMs. *Journal Of Climate*. 25, 1827-1846.
- KLHK. (2020). *Roadmap Nationally Determined Contribution (NDC) Adaptasi Perubahan Iklim*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Kurniawan, E., Herizal, dan Budi Setiawan. (2009). Proyeksi Perubahan Iklim Berdasarkan Skenario IPCC SRES Dengan Menggunakan Model AOGCM CCSR/NIES (Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang-Sumatera Barat). *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 5 [2].
- Moegni, N., Rizki, A., Prihantono, G. (2014). Adaptasi Nelayan Perikanan Laut Tangkap Dalam Menghadapi Perubahan Iklim. *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan*, 15 [2], 182-189.
- Nakicenovic, N. et al. (2000). *Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 599 pp. Available online at: <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>
- Purnomo, A. H., S. H. Suryawati, I. M. Radjawane dan K. O. Sembiring.

- (2015). *Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir. Konsep dan Aplikasi Strategi Adaptasi*. Bandung (ID). Penerbit ITB.
- Randall, D. A., and Coauthors, (2007). *Climate models and their evaluation. Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, S. Solomon et al., Eds., Cambridge University Press, 589–662.
- Runtuboi, F., Nugroho, J., & Rahakratat, Y. (2018). Biomassa and Accumulation Carbon on Seagrass Enhalus Acroides in Gunung Botak Bay Coastal, West Papua. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(2), 91–102. <https://doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2018.Vol.2.No.2.47>
- Susandi, A. (2010). *Bencana Perubahan Iklim Global dan Proyeksi Perubahan Iklim Indonesia*. armi@geoph.itb.ac.id.
- Susandi, A. (2006). *Projection of Climate Change over Indonesia using MAGICC/SCENGEN Model*. armi@geoph.itb.ac.id.
- Susilawati. (2021). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan. *Electronic Journal Scientific of Environmental Health And Diseases*, 1[2], 25-31.
- Thornton. Philip K, Polly J. Ericksen, Mario Herrero and Andrew J. Challinor. (2014). *Climate variability and vulnerability to climate change: a review. Global Change Biology*. John Wiley & Sons Ltd., 20, 3313-3328.
- Wigley, T.M.L., Raper, S.C.B., Hulme, M. dan Smith, S. (2008). *The MAGICC/SCENGEN Climate Scenario Generator: Version 5.3, Technical Manual*. Climatic Research Unit. Norwich, U.K.
- Watts, D. (1997). *Human Dimensions of Global Change Impacts on Water Resources in Tropical Islands*. The Globe Issue 40, 13-14.
- Yogiswara, I.G.N.A. dan Sutrisna, I K. (2021). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Hasil Produksi Ikan Di Kabupaten Badung. *E-Jurnal EP Unud*, 10 [9], 3613 – 3643.