

## KAJIAN PERUBAHAN IKLIM DAN KENAIKAN MUKA AIR LAUT DI KAWASAN PESISIR (STUDI KASUS : KABUPATEN TUBAN)

*Marita Ika Joesidawati*

*Prodi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas PGRI Ronggolawe, Tuban*

### ABSTRAK

Perubahan iklim menjadi kajian yang penting dan sangat menarik pada beberapa tahun terakhir, karena mengakibatkan kenaikan suhu udara dan kenaikan muka air laut. Tujuan makalah ini adalah untuk mengkaji model dan skenario iklim yang sesuai diterapkan sehingga dapat menggambarkan adanya perubahan iklim khususnya wilayah lokal dan mengembangkan analisis dampak kenaikan muka air laut di kawasan pesisir. Dalam Makalah ini pemodelan iklim menggunakan perangkat lunak MAGICC/SCENGEN 5.3 (Model sirkulasi global CSIRO, dengan skenario A2-AIM dan B2-AIM) sedangkan kenaikan muka laut dengan memanfaatkan data *Data Sea Level Anomaly* dari satelit Altimeter Jason 1A. Hasil pemodelan proyeksi perubahan suhu rata-rata dan perubahan presipitasi bulanan menunjukkan pola yang teratur meningkat secara linier dan Berdasarkan trend kenaikan nilai SSHA dari satelit altimetri Jason-1 yang diekstraksi dari hasil interpolasi lintasan satelit diperoleh rata-rata kenaikan muka laut relatif selama 7 tahun (2002-2009) sebesar 11,1 mm/tahun. Skenario yang sesuai dengan kondisi daerah pesisir Kabupaten Tuban adalah skenario B2AIM. Hasil pemodelan MAGICC sesuai dengan skenario B2AIM menunjukkan laju rata-rata kenaikan muka air laut dari tahun 1990-2050 adalah sebesar 0.61 meter. Hasil pemodelan SCENGEN sesuai dengan skenario B2AIM, menunjukkan perubahan curah hujan yang cukup besar pada bulan Juli, Agustus, September dan Oktober, dan perubahan kenaikan temperatur hasil pemodelan SCENGEN yaitu sebesar 0.19°C 1.56°C pada tahun 2050.

**Kata kunci :** *Perubahan Iklim, Kenaikan Muka Laut, Magicc/Scengen, Data Altimetri Jason-1A*

### PENDAHULUAN

Zedillo (2008) menjelaskan salah satu dampak perubahan iklim yang perlu diwaspadai adalah kenaikan paras muka air laut (sea level rise atau SLR). Kenaikan permukaan laut sebagai akibat dari proses pemanasan global menjadi isu penting di daerah pesisir (Nicholls dan Mimura, 1998, Marfai dan King, 2008b). *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), menyatakan bahwa kenaikan permukaan laut yang disebabkan oleh perubahan iklim akan memberikan dampak yang tinggi terhadap lingkungan dan kehidupan sosial masyarakat di daerah pesisir (IPCC 2001, 2007). Berdasarkan laporan IPCC (2007), permukaan laut dunia telah diproyeksikan dengan baik melalui berbagai pendekatan dan metode,

seperti *tide gauges*, dan satelit altimetry ataupun kombinasi antara *tide gauges* dan satelit altimetri. Prediksi kenaikan pasang surut yang diproyeksikan dengan mengamati *tide gauges* adalah sebesar 1,8 mm/thn selama 70 tahun terakhir (Douglas, 2001; Peltier 2001 dalam IPCC 2007), sementara yang menggunakan satelit altimetri menunjukkan telah terjadi kenaikan permukaan laut sebesar  $3.1 \pm 0.7$  mm/thn selama periode 1993- 2003 (Cazenave dan Nerem, 2004 dalam IPCC, 2007). Informasi tersebut dapat dijadikan acuan sebagai kenaikan permukaan laut rata-rata di tingkat global.

Dengan memperhatikan dampak-dampak yang terjadi akibat pemanasan global dan perubahan iklim tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk

Kajian Perubahan Iklim Dan Kenaikan Muka Air Laut ..... (Marita Ika)

mengetahui bagaimana perubahan iklim dan kenaikan muka air laut yang terjadi di Indonesia khususnya di daerah pesisir. Salah satu daerah studi yang bisa dilakukan sebagai lokasi studi penelitian tersebut adalah pantai utara Jawa tepatnya pesisir Kabupaten Tuban, Jawa Timur.

Kabupaten Tuban adalah sebuah kabupaten di Jawa Timur, Indonesia. Ibu kotanya berada di kota Tuban. Luasnya adalah 1.904,70 km<sup>2</sup> dan panjang pantai mencapai 65 km. Luas wilayah Kabupaten Tuban 183.994.561 Ha, dan wilayah laut seluas 22.068 km<sup>2</sup>. Letak astronomi Kabupaten Tuban pada koordinat 111° 30' - 112° 35' BT dan 6° 40' - 7° 18' LS. Panjang wilayah pantai 65 km. Ketinggian daratan di Kabupaten Tuban bekisar antara 0 - 500 mdpl., titik terendah, yakni 0 m dpl yang berada di Jalur Pantura dan titik tertinggi 500 m yang berada di Kecamatan Grabagan. (wikipedia, 2012)

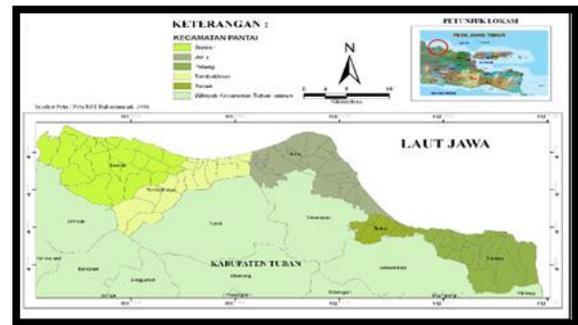
Tujuan makalah ini adalah untuk mengkaji model dan skenario iklim yang sesuai diterapkan sehingga dapat menggambarkan adanya perubahan iklim khususnya wilayah lokal dan mengembangkan analisis dampak kenaikan muka air laut di kawasan pesisir.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi

Kawasan pesisir Tuban secara geografis terletak antara 111°30' - 112°35' Bujur Timur dan antara 6°40' - 7°18' Lintang Selatan. Wilayah Kawasan Pesisir Tuban mempunyai luas 16.950 Ha, dan terdiri dari 5 Kecamatan (Kecamatan Palang, Tuban, Jenu, Tambakboyo serta Bancar. Panjang pantai sepanjang ± 65 km yang terbentang dari Barat ke Timur. Kondisi topografi mempunyai kemiringan 0 – 2 %, serta ketinggian 0 – 7 m dpl. Lokasi penelitian adalah Desa-deso pantai di sepanjang Pesisir Kabupaten

Tuban, dan wilayah kajian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

### Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah JASON-1 GDRC phase 127 dan 140 dengan cycle 001 sampai dengan cycle 294 (data tahun 2002 sampai dengan tahun 2009). Untuk cycle 295 sampai dengan cycle 367 tahun 2010 dan tahun 2011, data proses tidak menghasil output data untuk area of interest. Data di download dari <ftp://avisoftp.cnes.fr>.

Data dari sensor altimetri hanya mengukur tinggi permukaan laut di bawah nadir pada lintasan satelit dan hasil pengukurannya berupa titik-titik pengukuran (data tabular) tidak seperti satelit penginderaan jauh pada umumnya berupa citra dalam bentuk raster dengan lebar liputan tertentu. Data titik-titik ketinggian permukaan laut tersebut dikumpulkan dalam kurun waktu 3 sampai 10 hari dari beberapa satelit konstalasi dan diinterpolasi menjadi data spasial. Data spasial mengindikasikan daerah dengan permukaan laut tinggi dan rendah, Tinggi muka laut relatif dihitung dari penggabungan nilai SSHA beberapa lintasan satelit Jason-1 yang terdekat dengan daerah kajian yang terdapat di Laut Jawa yaitu lintasan 127 dan 140 .

### Pemodelan Iklim

Pemodelan perubahan iklim di pesisir Kabupaten Tuban dilakukan menggunakan perangkat lunak

MAGICC/SCENGEN 5.3. MAGICC adalah model siklus gas/iklim yang outputnya menjadi input pada SCENGEN. MAGICC digunakan untuk prediksi kenaikan muka air laut di dalam Laporan Kajian Ketiga IPCC. Sedangkan SCENGEN menghasilkan pola perubahan spasial berupa presipitasi dan perubahan temperatur regional. MAGICC mempunyai fleksibilitas pemilihan model GCM, skenario emisi gas rumah kaca, parameter model dan output tahun yang diharapkan. Input utama dari MAGICC/SCENGEN 5.3 adalah emisi antropogenik antara lain yaitu CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, halokarbon dan gas-gas reaktif yang lain. Skenario gas rumah kaca dan model GCM yang digunakan adalah nilai default IPCC pada global dan regional yang masih berlaku pada peningkatan efek gas rumah kaca untuk 100 tahun kedepan. Untuk persamaan umum dari MAGICC/SCENGEN 5.3 yang digunakan untuk memprediksi perubahan iklim yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$\Delta Y (x, t) = \Delta T (t) Y (x)$$

Dimana:

$\Delta Y (x, t)$  : pola perubahan pada waktu (t) untuk variabel (Y) (presipitasi, temperatur dan lain-lain)

$\Delta T (t)$  : temperatur global rata-rata pada waktu (t)

$Y (x)$  : pola normal perubahan untuk variabel Y

Pada pemodelan MAGICC sea level rise yang diprediksi merupakan proyeksi dari GCIS (*Glacier and Small Ice Caps*). Berikut ini adalah proyeksi sea level rise berdasarkan GCIS berdasarkan laporan ketiga dari IPCC.

Skenario perubahan iklim telah berhasil disimulasikan dengan menggunakan model-model Atmosphere-Ocean General Circulation Model (AOGCM) diantaranya CCSR/CCSM/NIES Jepang, dan CSIRO Australia, dan Pemodelan perubahan iklim menggunakan software MAGICC/SCENGEN 5.3, license

UCAR/NCAR/UOP yang didownload secara gratis di <http://www.ucar.edu/>

Skenario SRES merupakan skenario emisi yang dikembangkan oleh Nakicenovic dan Swart (2000). Skenario SRES ini terbagi menjadi empat storyline yang disebut famili A1, A2, B1, B2. Empat famili utama ini dibentuk dengan mempertimbangkan faktor-faktor pengendali yaitu lingkungan yang meliputi antara lain: perubahan demografis, pengembangan ekonomi, dan pengembangan teknologi. Model A1 dan B1 lebih menekankan pada pendekatan global, sedangkan pada model A2 dan B2 lebih menekankan pada pendekatan regional (Lapan, 2009). Pada penelitian ini Skenario SRES yang digunakan adalah A2 dan B2 dengan asumsi untuk skenario A2 adalah terus terjadi pertambahan populasi, pengembangan ekonomi berorientasi secara regional, perubahan teknologi terjadi secara lebih lambat, sedangkan asumsi untuk skenario B2 adalah peningkatan populasi yang lebih rendah dari A2, perubahan teknologi lebih lambat, tingkat pengembangan ekonomi yang intermediate.

Untuk mengetahui kenaikan muka air laut di pesisir Kabupaten Tuban, pada MAGICC dipilih dahulu skenario SRES yang sesuai dengan kondisi daerah studi. Skenario digunakan untuk menggambarkan dampak yang akan terjadi jika asumsi tertentu digunakan. Dari data statistik yang ada (data statistika penduduk dan data kualitas udara) maka skenario yang paling sesuai dengan kondisi pesisir Kabupaten Tuban adalah Skenario A2 dan B2 yang lebih berorientasi ke skala regional. Dari dua skenario ini nantinya akan dibandingkan dengan data lingkungan yang ada sehingga bisa diketahui skenario perubahan iklim yang sesuai dengan lokasi studi. Skenario yang digunakan adalah

**Skenario Emisi:**

- Skenario Kebijakan: A2-AIM, Skenario referensi: B2AIM

- Carbon Cycle: Mid, C-Cyclus climate feedback : On , Aerosol forcing : Mid

**Parameter Iklim:**

- Sensitivitas ( $\Delta T_{2x}$ ): 3.0 °C, Diffusivitas(K): 2.3 cm<sup>2</sup>/sec
- Parameter model: CSIRO

Untuk mengetahui perubahan curah hujan dan perubahan temperatur yang terjadi di pesisir Kabupaten Tuban menggunakan software SCENGEN. Berikut ini adalah hasil proyeksi perubahan presipitasi untuk Kabupaten Tuban. Untuk pemodelan perubahan presipitasi Kabupaten Tuban menempati grid 7.5<sup>o</sup>-5.0<sup>o</sup>LS dan 110.0<sup>o</sup>-112.5<sup>o</sup>BT.

- Skenario Iklim : B2AIM dan A2AIM
- Grid: 7.5<sup>o</sup>-5.0<sup>o</sup>LS dan 110.0<sup>o</sup>-112.5<sup>o</sup>BT
- Model: CSIRO with aerosol effect

**Pemodelan Kenaikan Muka Laut**

• **Proses**

Pemodelan menggunakan software BRAT 3.1.0 (Basic Radar Altimetry Toolbox), data dikelompokkan pertahun dari tahun 2002 sampai dengan 2009. Satu tahun data diproses dengan dua fungsi yaitu  $Y=F(x)$  dan  $Z=F(x,y)$ . Parameter parameter untuk perhitungan SLA di edit dengan ocean data editing.  $Y=F(x)$ , perhitungan rata rata nilai SLA setiap tahun, x tanggal perekaman,  $Z=F(x,y)$ , perhitungan rata rata nilai SLA untuk setiap titik dengan interpolasi 1/3 derajat, x koordinat longitude, y koordinat latitude.

• **Output 1**

Hasil pemodelan pada setiap titik pertahun di kumpulkan dalam file SLR\_by\_latlong.xlsx. Dari hasil interpolasi untuk data setiap tahun, diambil setiap titik yang pada semua tahun memiliki nilai. Didapatkan dua belas titik yaitu SLR\_01 – SLR\_12 (warna kuning). Ke duabelas titik diplot sehingga diketahui titik titik terdekat dengan darat (titik\_slr.shp). didapatkan titik SLR\_03 dan SLR\_08 (orange).

Nilai SLA dikumpulkan dalam bentuk table pertahun, sehingga didapatkan trend SLA pertahun untuk titik tersebut (sheet Trend\_SLR).

• **Output 2**

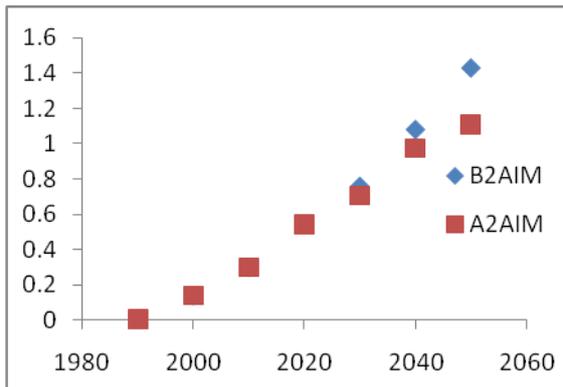
Selain data dihitung interpolasi untuk setiap titik, data dihitung rata rata pertahun berdasarkan tanggal perekaman data (SLR\_by\_Year.xlsx). Dari data SLA pertanggal perekaman diketahui grafik untuk pertahun (sheet SLA\_2002, SLA\_2003, dst). Untuk rata rata setiap tahun ditampilkan dalam grifik pada sheet Rata\_rata\_per tahun

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pemodelan MAGICC memproyeksi kenaikan muka air laut selama beberapa tahun ke depan sampai tahun 2050 untuk kawasan pesisir Kabupaten Tuban. Pada tahun 2050 terjadi kenaikan muka air laut sebesar 1.43 meter untuk skenario B2AIM dengan rata-rata kenaikan sebesar 0.61 meter. Sedangkan untuk skenario A2AIM pada tahun 2050 terjadi kenaikan muka air laut sebesar 1.108 meter dan dengan rata-rata kenaikan 0.54 meter. Kenaikan muka air laut per 10 tahun dari pemodelan MAGICC dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

**Tabel 1.** Perbandingan Perubahan Kenaikan Muka Air Laut dari 2 Skenario

Tahun	Kenaikan Muka Air Laut (m)	
	B2AIM (Skenario Referensi)	A2AIM (Skenario Kebijakan)
1990	0	0
2000	0.135	0.135
2010	0.297	0.297
2020	0.54	0.54
2030	0.757	0.702
2040	1.08	0.973
2050	1.43	1.108
Rata-rata	0.61	0.54

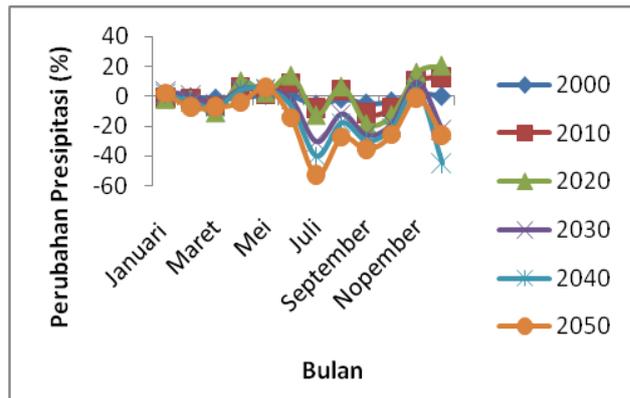


**Gambar 2.** Prediksi Kenaikan Muka Air Laut dari Tahun 1990-2050

Skenario B2AIM terjadi penurunan presipitasi yang cukup besar pada bulan Juli sampai bulan Oktober dengan nilai mencapai hingga -53% pada tahun 2050. Penurunan presipitasi atau curah hujan yang terjadi pada bulan Juli, Agustus, September dan Oktober tahun 2050 berturut-turut adalah -53%, -27.6%, -35.7%, -25.9% ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

**Tabel 2.** Penurunan presipitasi atau curah hujan yang terjadi pada bulan Juli, Agustus, September dan Oktober tahun 2050.

Bulan	Perubahan Presipitasi Perbulan dalam 50 tahun (%)					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Januari	0	-1.4	-1.8	2.7	1.4	1.5
Februari	-0.6	-1.6	-2.2	0.3	-4.2	-7.3
Maret	-1.5	-6.7	-10.8	-5.7	-7.5	-7.6
April	-1.1	6.2	10.2	4.6	3.9	-4.2
Mei	0.7	1.5	2.5	4.1	4.8	5.7
Juni	0	8.5	13.9	-2.5	-6.9	-14.8
Juli	-5.6	-7.9	-12.4	-30.7	-40.2	-53
Agustus	-1.8	3.8	6.6	-12.1	-17.9	-27.6
September	-4.8	-11.7	-18.3	-26.5	-30.1	-35.7
Oktober	-3.4	-7.8	-12.2	-18.5	-21.5	-25.9
Nopember	1.5	10.1	15.9	9	4.1	-1.3
Desember	0	12.7	20.6	-23	-45	-26.4



**Gambar 3.** Pola Perubahan Presipitasi Selama 50 tahun (Skenario B2AIM)

Pada Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan skenario A2AIM terjadi penurunan presipitasi yang cukup besar pada bulan Juli sampai bulan Oktober dengan nilai mencapai hingga -64.6%.

Hasil pemodelan skenario B2AIM, pada tahun 1990-2050 akan terjadi kenaikan temperatur rata-rata sebesar 0.64°C dengan temperatur mencapai 1.5°C pada tahun 2050. Sedangkan untuk skenario A2AIM, pada tahun 1990-2050 akan terjadi kenaikan temperatur rata-rata sebesar 0.54°C dengan temperatur rata-rata mencapai 1.13°C pada tahun 2050 ditunjukkan pada Gambar 5.

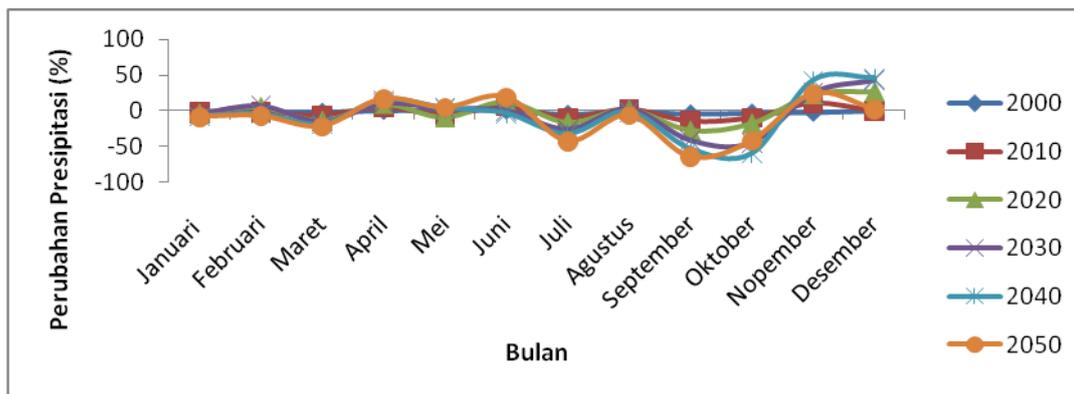
Gambar 6 menunjukkan perubahan temperatur setiap 10 tahun dalam periode 2000 sampai 2100 dengan skenario iklim A2-AIM dengan model CSIRO memiliki persamaan regresi  $y = 0,40x - 82,22$ , sedangkan scenario iklim B2-AIM dengan model CSIRO memiliki persamaan regresi  $y = 0,032x - 64,69$ .

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 A2-AIM dan B2-AIM meningkat secara linier. Kedua skenario dengan tingkat focus yang

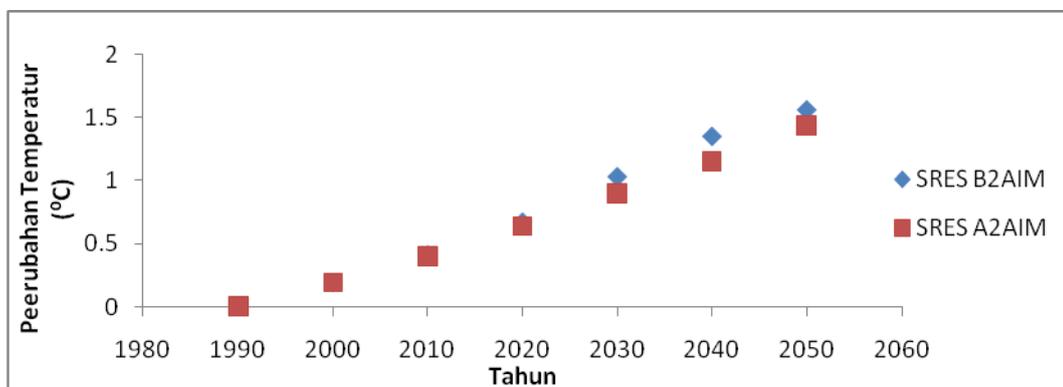
berbeda meskipun untuk wilayah yang sama menunjukkan laju yang berbeda. Hal ini menegaskan terjadinya kenaikan suhu rata-rata untuk masa yang akan datang.

**Tabel 3.** Perubahan Presipitasi Perbulan (Skenario A2AIM)

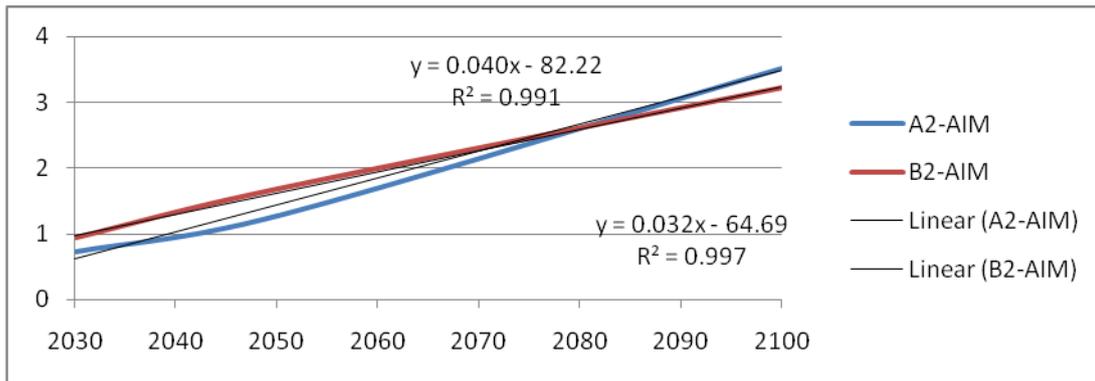
Bulan	Perubahan Presipitasi Perbulan dalam 50 tahun (%)					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Januari	-0.5	-2	-3.3	-4.6	-7.3	-8.1
Februari	-1.3	-2.1	5.3	7	-4.2	-6.9
Maret	-2	-6.2	-13.7	-15.3	-18.5	-21.5
April	0.4	5.2	9.4	10.2	15.8	17
Mei	0.6	-5.5	-8.9	3.3	4.1	4.9
Juni	0.8	6.5	12.4	0.5	-3.2	19.5
Juli	-4.9	-9.8	-16.1	-26.1	-32	-42.4
Agustus	-0.9	2.4	1.8	2.7	-1	-6.1
September	-4.4	-14.6	-26.8	-41.4	-52.9	-64.6
Oktober	-3.1	-9.6	-17.4	-44.8	-59.4	-42
Nopember	-2.2	11.1	22.6	25.2	42.5	24.4
Desember	-0.1	-0.1	26.4	42.9	45.9	2.3



**Gambar 4.** Pola Perubahan Presipitasi Selama 50 tahun (Skenario A2AIM)

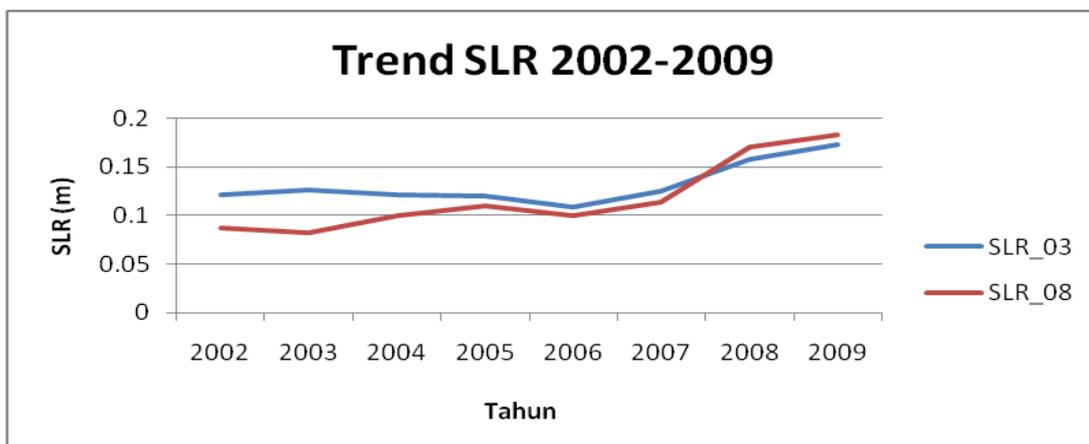


**Gambar 5.** Prediksi Kenaikan Temperatur dari Tahun 1990-2050 (°C)

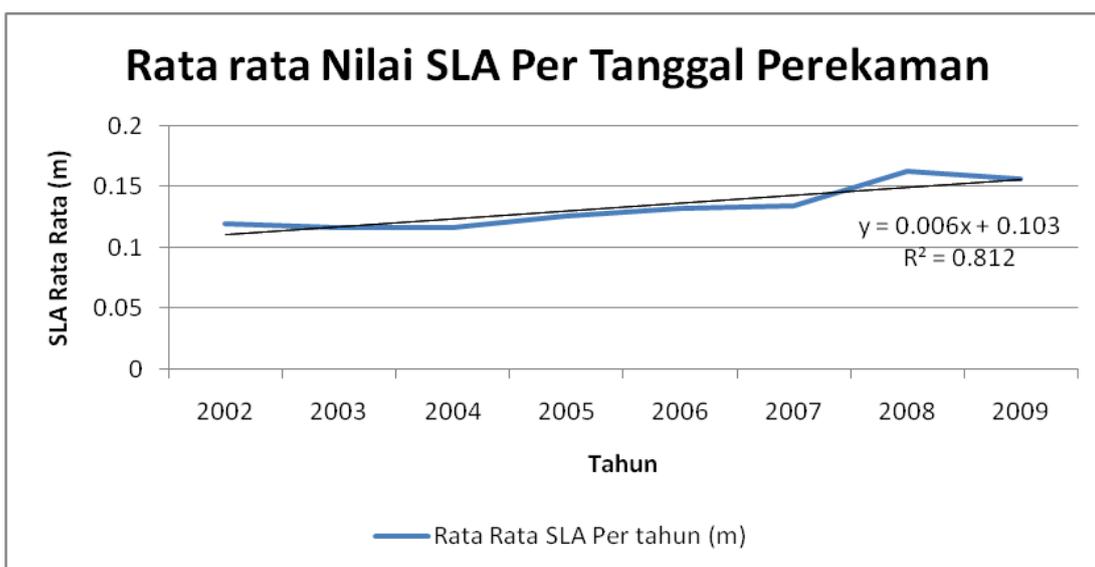


**Gambar 6.** Grafik kenaikan Temperatur rata-rata setiap 10 tahun dengan model CSIRO

Trend Kenaikan Muka Air Laut berdasarkan data yang diambil dengan latitude -6,628571429 dan longitude 111,882 dan latitude -6,628571429 dan longitude 112,238, diperoleh hasil seperti tampak pada Gambar 7 dan 8.



**Gambar 7.** Trend SLR berdasarkan Latitude-Longitude



**Gambar 8.** Trend SLR berdasarkan Tahun

Berdasarkan trend kenaikan nilai SSHA dari satelit altimetri Jason-1 yang diekstraksi dari hasil interpolasi lintasan satelit diperoleh rata-rata kenaikan muka laut relatif selama 7 tahun (2002-2009) sebesar 11,8 mm/tahun atau 0,118 m/th

#### SIMPULAN

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 A2-AIM dan B2 AIM meningkat secara linier. Kedua skenario dengan tingkat focus yang berbeda meskipun untuk wilayah yang sama menunjukkan laju yang berbeda. Hal ini menegaskan terjadinya kenaikan suhu rata-rata untuk masa yang akan datang

Skenario yang sesuai dengan kondisi daerah pesisir Kabupaten Tuban adalah skenario B2AIM yang memiliki pendekatan regional dengan parameter antara lain yaitu peningkatan populasi yang tinggi namun tidak setinggi peningkatan populasi skenario A2, perubahan teknologi lebih lambat, tingkat pengembangan ekonomi yang intermediate, hasil pemodelan MAGICC sesuai dengan skenario B2AIM, diperoleh bahwa terjadi kenaikan muka air laut sebesar 0.135 m pada tahun 2000, 0.297 m untuk tahun 2010, 0.54 m pada tahun 2020, 0.757 m pada tahun 2030, 1.08 m pada tahun 2040 dan 1.43 m pada tahun 2050. Dan laju rata-rata kenaikan muka air laut dari tahun 1990-2050 adalah sebesar 0.61 meter, hasil pemodelan SCENGEN sesuai dengan skenario B2AIM, diperoleh bahwa terjadi perubahan curah hujan yang cukup besar pada bulan Juli, Agustus, September dan Oktober, dan perubahan kenaikan temperatur hasil pemodelan SCENGEN yaitu sebesar 0.19<sup>0</sup>C pada tahun 2000,

0.41<sup>0</sup>C pada tahun 2010, 0.67<sup>0</sup>C pada tahun 2020, 1.03<sup>0</sup>C pada tahun 2030, 1.35<sup>0</sup>C pada tahun 2040, dan 1.56<sup>0</sup>C pada tahun 2050.

Berdasarkan trend kenaikan nilai SSHA dari satelit altimetri Jason-1 yang diekstraksi dari hasil interpolasi lintasan satelit diperoleh rata-rata kenaikan muka laut relatif selama 7 tahun (2002-2009) sebesar 11,8 mm/tahun atau 0,118 m/th

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hulme, 2009 Climate scenario development, [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/pdf/TAR-13.PDF](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf/TAR-13.PDF)
- Hulme, M., Wigley, T., Barrow, E., Raper, S., Centella, A., Smith, S. and Chipanshi, A.C. , 2000. *Using a climatic*
- IPCC, 2001, Emission Scenario: Summary for Policymakers, A Special Report of IPCC Working Group III
- IPCC, 2007, Climate Change Impact, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press
- Marfai M.A, and King, L .2008 Potential vulnerability implication of coastal inundation due to sea level rise for the coastal zone of Semarang City, Indonesia. *Environmental Geology*. DOI 10.1007/s00254-007-0906-4. 11.
- Nicholls and Mimura (1998) Analysis of global impacts of sea-level rise: a case study of flooding. *Phys Chem Earth A/B/C* 27:1455–1466. DOI 10.1016/S1474-7065(02)00090-6.
- Zedillo, Ernesto (Ed)., 2008. Global Warming, Looking Beyond Kyoto, Center for the Study of Globalization, Yale University. Brookings Institution Press. Washington, D.C.