

ANTISIPASI TERJADINYA PEMANASAN GLOBAL DENGAN DETEKSI DINI SUHU PERMUKAAN AIR MENGGUNAKAN DATA SATELIT

Agnes Sri Mulyani

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Email: agnes.mulyani@uki.ac.id

Masuk:15-04-2021, revisi: 16-04-2021, diterima untuk diterbitkan: 30-04-2021

ABSTRAK

Sistem Penginderaan Jauh dengan menggunakan data satelit mempunyai kemampuan mendeteksi suhu permukaan air di bumi secara spasial dan temporal. Suhu permukaan air laut (SPL) merupakan salah satu indikator penting dalam dinamika iklim global dan dinamika iklim regional. Kenaikan SPL dapat menyebabkan terjadinya pemanasan Global dan perubahan iklim yang menyebabkan malapetaka berupa, angin topan, hujan ekstrem deras, tanah longsor, amgim puting beliung, mencairnya es di kutub sehingga menyebabkan kenaikan permukaan air laut. Bagi Indonesia sebagai sebuah negara kepulauan yang terdiri dari puluhan ribu pulau, kenaikan permukaan air laut dapat menjadi suatu bencana apabila ada pulau yang tenggelam. Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji deteksi dini SPL di permukaan bumi dengan metode Penginderaan jauh dalam mengantisipasi terjadinya pemanasan Global. Metode yang digunakan adalah pendekatan studi literatur yang diambil dari beberapa jurnal ilmiah hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh para ilmuwan. Hasil kajian para ilmuwan di Indoneisa menunjukkan bahwa ada kenaikan suhu permukaan air yang bervariasi dalam kurun waktu 32 tahun. Untuk itu diperlukan upaya antisipasi supaya bencana tidak akan terjadi.

Kata kunci: *Data Satelit; Pemanasan Global; Penginderaan Jauh; Suhu Permukaan Air.*

ABSTRACT

Remote sensing data has capability to detect Water Surface Temperatures in spatial or temporal analysis. Sea surface water temperature (SST) is one of the important indicators of dynamic global climate and dynamic regional climate. The increasing of SST will be effect to global warming and climate change and resulting in disaster such as hurricane, extreme heavy rain, landslide, tornado, melting ice in polar that resulting sea water rises. Indonesia as an Archipelago that consist of ten thousand islands, sea water rise scan cause a small island to sink. This research is aim to early detect SST with Remote Sensing to anticipate Global Warming. The method is literature study from related science journal as a result from researchers. Result of scientist's researchers in Indonesia show that there has been increase of water surface temperature that has been varied in period over 32 years. It is need an effort to anticipate that there is no disaster.

Keywords: *Satellite Data; Global Warming; Remote Sensing; Surface Water Temperature*

1. PENDAHULUAN

Dengan sistem Penginderaan Jauh, pengukuran suhu permukaan di perairan baik itu di laut, danau, atau perairan lain dapat dilakukan secara efektif, dengan skala yang lebih luas dan dapat dilakukan secara spasial dan temporal dalam waktu yang tidak terlalu lama, sehingga didapatkan informasi yang sangat luas dengan skala global. Teknologi Penginderaan Jauh dengan menggunakan kemampuan satelit dapat menangkap citra pemetaan suatu wilayah dengan spesifikasi yang dimilikinya. Dengan Teknik penginderaan jauh informasi untuk daerah atau tempat yang sulit dijangkau akan diperoleh dengan lebih mudah, tanpa harus melakukan pengumpulan data secara langsung di tempat tersebut. Adapun sistem kerja dalam penginderaan jauh yaitu pada saat mendeteksi obyek di permukaan bumi, radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh obyek di permukaan bumi dideteksi oleh sensor satelit.

Ada beberapa parameter penting tentang kualitas air misalnya kekeruhan, *Total Suspended Solid*, kadar garam dan suhu permukaan, akan tetapi suhu permukaan merupakan parameter yang sangat penting dalam hubungannya dengan dinamika iklim global serta dinamika iklim regional serta isu pemanasan global. Pemanasan global adalah suatu proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi. Para ilmuwan sepakat bahwa sejumlah aktivitas manusia berkontribusi terhadap pemanasan global yaitu menambahkan gas rumah kaca dalam jumlah yang berlebihan ke atmosfer, sehingga gas rumah kaca seperti karbon dioksida menumpuk di atmosfer dan memerangkap panas yang biasanya akan keluar ke atmosfer. Panas tersebut kemudian diserap oleh air laut, dan kenaikan SPL dapat menyebabkan pemanasan Global, yang dapat mengakibatkan mencairnya Gletser. Akibat adanya gletser yang mencair akan berdampak buruk bagi kehidupan manusia di bumi Disamping gletser yang mencair, pemanasan global juga dapat menyebabkan perubahan iklim, cuaca ekstrim, kualitas pangan dan sebagainya. Akibat adanya perubahan iklim, maka semakin banyak terjadi fenomena penyimpangan cuaca seperti badai, angin ribut, hujan deras, serta perubahan musim tanam. Disamping itu kemungkinan adanya ancaman badai tropis, tsunami, banjir, tanah longsor dan kekeringan yang menyebabkan potensi kebakaran jadi meningkat, berbagai jenis ikan punah, terumbu karang rusak, krisis air bersih dan peningkatan penyebaran penyakit parasitic

Ilmuwan dari berbagai negara yang tergabung dalam *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) telah mengadakan pengamatan tentang perubahan suhu di bumi, ternyata dalam waktu 15 tahun (1990 – 2005) telah terjadi peningkatan suhu secara merata di bumi, yaitu berkisar antara 0,15 – 0,3° C. Akibatnya timbul berbagai masalah, seperti permukaan air laut naik akibat mencairnya es di Greenland dan Antartika (± 1 meter setiap tahun) sehingga menyebabkan pulau-pulau kecil tenggelam. Hasil penelitian para ilmuwan yang tergabung dalam Lembaga Survei Antartika (BIA), lebih dari 1 juta hektar bongkahan es di wilayah bagian barat Antartika atau lingkaran kutub selatan terancam meleleh atau pecah. Kondisi tersebut merupakan indikator bahwa kondisi Antartika berubah secara cepat akibat peningkatan suhu bumi. Apabila keadaan ini terus berlanjut maka dikhawatirkan bahwa pada tahun 2040 (19 tahun dari sekarang) es di kutub akan mencair, permukaan air laut naik, dan pulau-pulau akan tenggelam, tentu saja hal ini merupakan bencana yang serius bagi bumi dan seisinya (Vivi Triana, 2008).

Beberapa penyebab pemanasan global adalah gaya hidup, pola konsumsi dan pertumbuhan penduduk yang tidak teratur, ditambah dengan beragam aktivitas manusia yang adakalanya merusak lingkungan. Dalam kehidupan sehari-hari sering ditemukan berbagai aktivitas manusia yang menyebabkan suhu bumi terasa lebih panas. Diantara beberapa aktivitas itu adalah penggundulan dan pembakaran hutan, banyaknya kendaraan bermotor dan industri yang bisa menghasilkan banyak polusi. Disamping itu pengasaman air laut, cuaca ekstrem, dan penyerapan panas berlebihan oleh lautan akan menjadikan keadaan lebih buruk. Perilaku manusia dan faktor-faktor lain tersebut berdampak terhadap kenaikan suhu lautan sehingga menyebabkan mencairnya es di Antartika dan mengakibatkan kenaikan permukaan air laut. Sebenarnya pemanasan global telah terjadi sejak puluhan bahkan ratusan tahun yang lalu, akan tetapi dampaknya baru mulai dirasakan sekarang. Efek dengan adanya pemanasan global adalah ketidakstabilan iklim misalnya energi panas dan uap air yang banyak di atmosfer, curah hujan yang jauh lebih tinggi, angin topan yang lebih besar, pergeseran musim hujan dan musim kemarau, anomali perubahan cuaca yang sulit diprediksi dan ekstrem. Ketidakstabilan iklim tersebut dapat menyebabkan badai dan gelombang menjadi tinggi, sehingga dapat mengganggu aktivitas nelayan. Peningkatan permukaan air laut membuat frekuensi banjir di kota-kota yang dekat dengan pantai semakin meningkat. Disamping itu pemanasan global juga menyebabkan terganggunya hasil pertanian karena adanya cuaca sangat ekstrem sehingga pada musim kemarau di negara tropis dapat menyebabkan kekeringan yang begitu parah. dan kekeringan tersebut dapat menyebabkan sebagian besar lahan pertanian menjadi kering. Pemanasan global

mengakibatkan cuaca yang sangat ekstrim, yang membuat virus dan bakteri makin kuat dan cepat berkembang biak, dan dapat menyebabkan jenis penyakit baru, Pemanasan global yang semakin parah harus segera ditanggulangi, bukan hanya dengan cara melakukan pengubahan lahan gundul menjadi lahan hijau, akan tetapi juga dengan mendidik masyarakat untuk melakukan pola hidup yang sehat, hemat energi, dengan cara membiasakan diri menggunakan segala sesuatu yang sifatnya ramah terhadap lingkungan, misalnya mengurangi penggunaan plastik adalah salah satu upaya dalam mengurangi pemanasan global.

Dengan meningkatnya perkembangan teknologi seperti penginderaan jauh yang berguna untuk deteksi suhu permukaan air, merupakan langkah awal dalam mendeteksi kemungkinan adanya bencana di bumi, karena suhu permukaan air merupakan salah satu indikator penting dalam perubahan iklim. Sebagai konsekuensi dengan adanya pemanasan global, akibatnya masyarakat harus siap untuk beradaptasi dengan panas. Supaya hal itu tidak terjadi atau keadaan tidak memburuk, maka perlu adanya tindakan mengurangi emisi dan gas rumah kaca

Tujuan penulisan ini dibuat untuk mengkaji deteksi dini suhu permukaan air dengan metode penginderaan jauh dengan data yang diperoleh dari citra satelit melalui ulasan ilmuwan yang sudah terlebih dahulu melakukannya. Hasil deteksi suhu permukaan awal dimaksudkan untukantisipasi terjadinya Global Warming, melalui kebijakan yang dilakukan oleh pihak yang berwenang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Data satelit Aqua Modis dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2010 digunakan untuk mendeteksi SPL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata besarnya SPL pada tahun 2005 adalah 26.89°C, tahun 2006 sebesar 26.25°C, tahun 2007 sebesar 29.89°C, tahun 2008 sebesar 28.87°C, tahun 2009 sebesar 28.22°C dan pada tahun 2010 sebesar 22.9°C. Pada tahun 2010 rata-rata SPL menurun karena musim penghujan sangat panjang sehingga bumi tertutup oleh awan. Adapun lokasi penelitian dilakukan di pulau Jawa, pulau Madura dan pulau Bali (Dwi Ayu et al, 2011).

Penelitian pengamatan SPL di perairan Indonesia juga dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara kenaikan SPL dengan pemanasan global. Data yang digunakan adalah data SPL selama 32 tahun (1982 – 2014) yang dibuat secara *time series* dengan metode analisis spasial dan analisis temporal. Selama kurun waktu 32 tahun, ternyata telah terjadi perubahan suhu di perairan Indonesia yang bervariasi. Secara umum wilayah selatan perairan Jawa mengalami peningkatan SPL selama 32 tahun. Untuk wilayah perairan Sumatra Barat mengalami peningkatan SPL selama 32 tahun terakhir. Sementara itu wilayah perairan Cina Selatan juga mengalami kenaikan SPL selama 32 tahun, akan tetapi kenaikannya lebih rendah dibanding dengan wilayah perairan Jawa dan wilayah perairan Sumatra Barat. Sedangkan kenaikan suhu yang paling besar terjadi di perairan Lautan Pasifik barat disebelah utara Papua. Ditemukan juga adanya anomali SPL, yaitu penyimpangan suhu permukaan laut saat tertentu terhadap nilai normal/historisnya, sedangkan suhu permukaan laut di Indonesia berkisar antara 26°C – 31.5°C. Anomali SPL di Indonesia terbagi menjadi anomal positif dan anomal negative yang terpisah di belahan bumi bagian selatan dan belahan bumi bagian utara (M. Djazim Saifullah, 2015).

Analisis terhadap sebaran SPL secara temporal juga dilakukan di pesisir Malang dengan menggunakan data satelit Terra Modis tahun 2018 sampai dengan data tahun 2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari tahun 2018-2020 variasi temporal SPL di daerah tersebut mengalami peningkatan. Nilai SPL tahun 2018 berkisar antara 25°C - 26°C, dan pada tahun 2019 nilai SPL berkisar antara 26°C - 27°C, sedangkan pada tahun 2020 nilai SPL berkisar antara 30° C-31° C. Nilai SPL tertinggi terjadi pada tanggal 23 Mei 2020 .dengan suhu rata-rata mencapai 30,8° C. Sedangkan SPL terendah terjadi pada tanggal 22 Mei 2018 sebesar 25,7° C.

Sebaran SPL dilakukan dengan pemodelan matematis, dan didapatkan bahwa model matematis yang paling optimum adalah panjang gelombang 667nm yang terjadi pada tanggal 23 Mei 2020 dengan model persamaan $Y = -0,498 \ln x + 27,936$ yang menghasilkan nilai korelasi $R = 0,6561$ (Aulia Azizah dan Hendrata Wibisana, 2020).

Hasil penelitian pada tahun 2020, dengan pengukuran suhu pada kedalaman 2000 meter menunjukkan bahwa SPL mencapai nilai lebih tinggi dibandingkan dengan data pada tahun 2019. Pada bagian atas lautan di dunia menyerap 20 Zettajoules lebih banyak dibandingkan tahun sebelumnya (1 Joules=1.0E-21 Zettajoules). Data yang digunakan oleh para peneliti tersebut diambil dari berbagai sumber, kemudian dipakai untuk menghitung suhu air laut, terutama air laut pada kedalaman 0 sampai 2.000 meter. Penemuan tersebut merupakan sesuatu hal yang serius karena SPL merupakan ukuran penting untuk melihat dampak perubahan iklim. Adanya pemanasan laut dalam jangka waktu yang lama adalah suatu indikator penting tentang perubahan iklim baik itu pada masa lalu maupun pada saat sekarang. Data tersebut memberikan suatu wawasan atau gambaran tentang akan adanya perubahan iklim pada masa yang akan datang, sesuai dengan tren data di lapangan. Sebenarnya pemanasan global sudah dimulai sejak revolusi industri, dengan adanya emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh aktifitas manusia. Peningkatan gas rumah kaca yang terperangkap di atmosfer telah mengganggu aliran energi alam, sehingga menyebabkan ketidak seimbangan sistem energi di bumi. Lebih dari 90% panas diserap oleh laut akibat adanya gas rumah kaca seperti adanya pembakaran bahan fosil, kebakaran hutan dan aktifitas manusia lainnya, sehingga menyebabkan mencairnya es dan kenaikan permukaan air laut. (Cheng et al., 2021).

Penelitian dengan menggunakan metode kajian studi literatur tentang deteksi SPL dilakukan dengan menggunakan citra satelit, yaitu MODIS, NOAA, dan TRMM. Rata-rata suhu di permukaan air laut Indonesia sekitar 26°C – 31°C (estimasi NOAA tahun 1993 – 2003), akurasi > 90%, selisih SPL pengukuran lapangan dan estimasi sebesar 0,2°C. Kondisi SPL di Indonesia cukup tinggi pada bulan Juli 2015, yaitu sekitar 29,1°C – 29,8°C (estimasi MODIS), dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,72$ dan RMSE 0,72°C. Pada perairan timur Indonesia (utara Papua), hasil estimasi MODIS (Aqua) adalah sebesar 29,10°C – 29,36°C. MODIS (Terra) sebesar 28,88°C – 29,19°C. Nilai RMSE yang diperoleh dari interpretasi citra MODIS yaitu sebesar 0,2461°C (Aqua) dan 0,4854°C (Terra). Pada perairan tersebut nilai rata-rata SPL adalah sebesar 29,11°C – 29,65°C (estimasi NOAA, tahun 2010 – 2012) dengan bias sebesar -0,43 dan rata-rata RMSE sebesar 0,2228°C. Akurasi sensor microwave dalam SPL mencapai 0,5°C, bebas dari pengaruh tutupan awan. Sebaran SPL (TRMM/Microwave tahun 2008) pada perairan Indonesia sebesar 21°C – 31°C. Dengan formula/ algoritma NLSST, estimasi NST menghasilkan akurasi lebih baik dengan nilai koefisien korelasi 0,95 dan nilai RMSE 0,24 K. Ternyata terdapat perbedaan nilai estimasi pada penggunaan beberapa data citra satelit yang digunakan tersebut. Secara umum nilai SPL lebih baik terdapat pada pengukuran satelit NOAA-AVHRR dengan bias dan RMSE yang cukup rendah, namun beresiko karena terpengaruh oleh tutupan awan. Untuk penggunaan sensor TRMM (Microwave), memiliki akurasi sedikit lebih tinggi, namun tidak terpengaruh tutupan awan (Try Al Tanto, 2020).

Penelitian di Perairan Sumatra Barat dilakukan untuk mengetahui tentang fluktuasi dan sebaran SPL serta faktor penyebabnya. Penelitian dilakukan selama bulan Maret sampai dengan April 2016, dengan hasil harian yang diamati dengan data *Aqua Modis* dari tanggal 15 Februari, 20 Februari, 25 Februari, 2 maret, 7 Maret dan 12 Maret 2016 di perairan Sumatra Barat. Hasilnya menunjukkan bahwa temperatur paling tinggi adalah 34,54°C terjadi pada tanggal 15 Februari, dan temperature terendah sebesar 27,41°C terjadi pada tanggal 12 Maret 2016. Sedangkan rata-rata untuk temperature suhu permukaan air laut antara bulan April 2015 sampai dengan Maret 2016 adalah sebesar 27,07°C - 34,98°C (Alfajri et al, 2017).

Secara umum ditemukan adanya tren peningkatan 0.28°C SPL di perairan laut Indonesia selama 32 tahun (1981 – 2012). Data yang digunakan adalah data sensor satelit *Advanced Very*

High Resolution Radiometer (AVHRR) dengan *domain* 14°C Lintang Utara – 15°C Lintang Selatan dan 90° Bujur Timur – 145° Bujur Timur. Sedangkan besaran SPL berkisar antara 26.8°C -29.1°C (Nyoman et al, 2019).

Penggunaan data penginderaan jauh MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) Aqua/Terra tahun 2009 sampai dengan tahun 2013 digunakan untuk analisis SPL secara temporal dan spasial di Perairan Lombok. Tempat penelitian dibagi menjadi dua, yaitu perairan utara Lombok dan Selatan Lombok. Nilai SPL maksimum di perairan utara Lombok dan perairan Selatan Lombok terjadi pada bulan April, dan nilai minimum terjadi pada bulan Agustus. Sebaran SPL selama satu tahun di perairan Lombok membentuk pola sinusoidal, dan SPL di utara perairan Lombok mempunyai nilai yang lebih tinggi dibanding perairan selatan Lombok. Tren SPL selama lima perairan utara Lombok dan selatan Lombok cenderung turun. (Emiyati et al, 2014).

Pemanasan Global adalah kejadian meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Peneliti dari *Center for International Forestry Research (CIFR)* menjelaskan bahwa pemanasan global adalah kejadian terperangkapnya radiasi gelombang panjang matahari (gelombang panas atau infra merah) yang dipancarkan ke bumi oleh gas rumah kaca. Gas rumah kaca ini secara alami terdapat di udara (atmosfer). Sedangkan efek rumah kaca adalah istilah yang digunakan untuk panas yang terperangkap di alam atmosfer bumi dan tidak bisa menyebar (Vivi Triana , 2008).

3. METODE

Metode yang digunakan pada kajian ini adalah pendekatan studi literatur yang diambil dari publikasi jurnal ilmiah yang ada hubungannya dengan pemantauan kualitas air di perairan terutama SPL dengan menggunakan metode Penginderaan jarak jauh, untuk melihat ada atau tidak adanya kenaikan suhu air permukaan di bumi. Akibat yang ditimbulkan dengan adanya kenaikan suhu di bumi, yaitu bencana yang mungkin terjadi, danantisipasi yang harus dilakukan untuk mencegah bencana tersebut. Untuk keperluan penelitian ini, maka dilakukan kajian terhadap hasil temuan ilmuwan yang sudah dilakukan sebanyak banyaknya untuk mendapatkan hasil yang sebaik-baiknya.

4. PEMBAHASAN

Kenaikan suhu permukaan dapat mengakibatkan pemanasan global dan dapat mengakibatkan terjadinya bencana alam atau malapetaka di bumi. Untuk itu perlu dilakukan deteksi awal suhu permukaan sedini mungkin kemudian diikuti dengan tindakan atau langkah nyata untuk mengantisipasi hal-hal buruk yang tidak diinginkan. Dengan teknik penginderaan jauh deteksi dini terhadap suhu permukaan dapat dilakukan, seperti penelitian yang sudah banyak dilakukan oleh para ilmuwan sehingga apa yang terjadi dengan suhu permukaan pada masa lalu, sekarang dan tren data di lapangan dapat dipakai untuk memprediksi kondisi suhu permukaan pada masa yang akan datang. Deteksi dini suhu permukaan air sangat diperlukan untuk mengambil langkah strategis bagi semua negara di dunia, sehingga diharapkan semua negara dapat mengambil suatu kebijakan untuk mengantisipasi bencana yang membahayakan bagi umat manusia. Untuk mengetahui sejak dini perubahan suhu permukaan, maka pemantauan perubahan gejala suhu secara temporal diperlukan dalam rangka analisis perubahan pola suhu permukaan tersebut.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh sangat membantu para ilmuwan dalam memantau suhu permukaan air di bumi, karena data yang diinginkan dapat diperoleh secara cepat dengan skala global atau dapat mencakup daerah yang luas. Indonesia adalah negara kepulauan dengan permukaan laut yang sangat luas sehingga SPL perlu dideteksi sejak dini untuk mengetahui kondisinya. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para ilmuwan, SPL di

Indonesia mengalami kenaikan setiap tahun, hal tersebut merupakan persoalan yang sangat serius sekaligus merupakan tantangan bagi Indonesia untuk dapat mengatasinya, dengan mengambil langkah kebijakan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan. SPL memang bukan satu-satunya penyebab pemanasan global, masih ada beberapa faktor lain seperti panasnya suhu bumi, panasnya udara, namun SPL merupakan satu hal yang penting karena merupakan indikator bagi perubahan iklim.

Hasil kajian para ilmuwan yang sudah dilakukan selama kurang lebih 32 tahun, di berbagai perairan di Indonesia seperti Jawa, Madura, Bali, Sumatra Barat, Cina Selatan, Lautan Pasifik (sebelah utara Papua), Lombok, Malang, ternyata bahwa SPL di sebagian besar perairan di Indonesia mengalami kenaikan. Nilai SPL yang rendah terjadi pada tahun 2008, yaitu sekitar 21°C akan tetapi nilai tertinggi pada tahun yang sama mencapai 31°C. Antara bulan April 2015 sampai bulan Maret 2016 nilai SPL terendah 27.07°C, dan nilai SPL yang tertinggi 34.98°C. Sedangkan pada tahun 2020 nilai SPL antara 30°C – 31°C. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa nilai terendah yang terjadi dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, dimulai 21°C pada tahun 2008, 27.07°C terjadi antara tahun 2015 sampai dengan 2016, dan 30°C terjadi pada tahun 2020, sedangkan nilai SPL tertinggi 34.98°C pada tahun 2015-2016. Hal itu membuktikan secara nyata bahwa perubahan iklim sudah terjadi, artinya pemanasan global sudah terjadi, sehingga merupakan peringatan bagi Indonesia dan juga semua negara di dunia untuk selalu waspada akibat dampak buruk yang kemungkinan terjadi. Salah satu akibat adanya pemanasan global adalah kenaikan permukaan air laut, hal itu tentu saja sangat berdampak buruk terhadap negara-negara berkembang dan negara kepulauan seperti Indonesia, karena dapat menyebabkan pulau-pulau kecil tenggelam. Akibat yang lain adalah adanya perubahan iklim, atau fenomena penyimpangan iklim, misalnya terjadinya tiga bencana hidrometeorologi, yaitu angin puting beliung, banjir, dan tanah longsor, bahkan mungkin ditambah dengan gelombang laut yang tinggi yang dapat menelan korban jiwa manusia. Kerugian yang diakibatkan oleh adanya bencana tersebut bukan hanya kerugian jiwa saja, akan tetapi juga ada kerugian materiil, sebagai contoh adalah adanya kerusakan pemukiman, kerusakan infrastruktur, dan masih banyak lagi kerusakan yang lainnya.

Peningkatan suhu di bumi dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, bukan hanya berasal dari satu faktor saja, akan tetapi juga ada faktor lain yang juga berkontribusi, misalnya pembakaran bahan bakar fosil, sektor industri, transportasi, tindakan penggundulan hutan, serta aktivitas pertanian dan peternakan yang dilakukan oleh sebagian besar manusia. Beberapa aktivitas manusia tersebut ternyata menghasilkan emisi karbon yang berdampak pada efek rumah kaca sehingga menyebabkan suhu di permukaan bumi naik, akhirnya mengakibatkan keseimbangan ekosistem terganggu. Keseimbangan ekosistem sangat diperlukan sebagai sebuah tatanan antara semua makhluk hidup dengan lingkungannya, sebab ketika lingkungan rusak, dapat diartikan bahwa keseimbangan ekosistem sudah mulai terganggu. Akibat yang ditimbulkan adalah malapetaka yang membuat sengsara makhluk hidup. Manusia mempunyai peran penting untuk ikut serta mengembalikan keseimbangan lingkungan, karena aktifitas manusia merupakan unsur yang dominan dalam terjadinya ekosistem yang terganggu, Manusia sebagai makhluk ciptaan Tuhan yang berakal semestinya dapat menciptakan lingkungan yang baik. Adapun kegiatan yang dapat dilakukan untuk mencegah pemanasan global antara lain mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dengan cara mengurangi konsumsi energi, misalnya mengurangi pemakaian kendaraan bermotor, karena kendaraan bermotor banyak mengkonsumsi energi dan menyebabkan polusi udara. Cara yang dapat dilakukan misalnya masyarakat dihimbau untuk menggunakan transportasi publik untuk aktifitas sehari-hari, dan tentu saja fasilitas transportasi publik yang disediakan harus disertai dengan fasilitas keamanan dan kenyamanan, transportasi publik harus memadai bagi masyarakat, untuk itu harus ada campur tangan dari pemerintah, baik pemerintah daerah maupun pemerintah pusat. Pemerintah Indonesia sudah melakukan hal itu dengan disediakannya transportasi publik yang berupa LRT

(*Light Rail Transit*), MRT (*Mass Rapid Transport*), Bus Trans terutama di kota besar yang polusi udaranya sudah sangat memprihatinkan akibat penggunaan kendaraan bermotor yang berlebihan. Kebijakan lain misalnya menggunakan energi alternative, sebagai contoh pemanfaatan sinar matahari, pemanfaatan tenaga air, tenaga angin dapat dipakai sebagai alternative untuk mengurangi polusi udara dan efek rumah kaca. Demikian juga tidak melakukan penebangan pohon di hutan secara sembarangan, penebangan hutan harus diikuti reboisasi secara terprogram, dan tidak ada pembakaran hutan untuk mencegah polusi udara, serta menggunakan barang yang ramah lingkungan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Data satelit penginderaan jauh dipakai untuk deteksi awal SPL di permukaan bumi secara spasial dan temporal, hal ini perlu dilakukan karena dengan adanya kenaikan SPL dapat menyebabkan pemanasan global.
- b. Tren SPL di Indonesia yang dideteksi di beberapa perairan dengan metode penginderaan jauh selama 32 tahun mengalami kenaikan.
- c. Pemanasan Global sudah dirasakan di Indonesia dengan adanya perubahan iklim, yaitu berupa cuaca ekstrem yang mengakibatkan bencana, seperti terjadinya angin topan, hujan yang ekstrem, tanah longsor dan banjir, serta mencairnya es di kutub yang dapat menyebabkan kenaikan muka air laut dan berakibat tenggelamnya pulau kecil. Sebagai negara kepulauan Indonesia dapat mengalami dampak tersebut apabila muka air laut mengalami kenaikan, karena kemungkinan yang dapat terjadi adalah adanya pulau kecil yang tenggelam sehingga dapat mengakibatkan kerugian yang besar.

Saran:

- a. Masyarakat di Indonesia dan seluruh dunia sudah harus menyadari dan mengakui bahwa pemanasan global saat ini sudah terjadi, dan diharuskan dengan sadar untuk menjalankan pola hidup yang sadar akan keberlangsungan lingkungan disertai dengan berbagai usaha untuk mengurangi aktivitas yang memberikan dampak buruk bagi lingkungan.
- b. Pemerintah harus tegas terhadap mereka yang dengan sengaja merusak lingkungan, misalnya penebangan hutan secara liar, pembakaran hutan, pengalih fungsi tata guna lahan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alfajri, Mubarak, Aras Mulyadi, 2017. Analisis Spatial dan Temporal Sebaran Suhu Permukaan Laut di Perairan Sumatra Barat, *Dinamika Lingkungan Indonesia*, Volume 4(1), pp. 65-74.
- Aulia Azizah dan Hendrata Wibisana, 2020. Analisa Temporal Sebaran Suhu Permukaan Laut Tahun 2018 hingga 2020 Dengan Data Citra Terra Modis, *Jurnal Kelautan* Volume 13(3), pp. 196-205.
- Agnes Sri Mulyani., & Tampubolon, S. P. (2020). The Best Angle in Intersection Method. *International Journal of Modern Research in Engineering and Technology (IJMRET)*, 5(3).

- Cheng,L.J., J.Abraham, K.E.Trenberth, John Fasullo, T.Boyer, R.Locarnini, B.Zhang, F.Yu, L.Wan, X.Chen, X.Song, Y.Liu, M.E. Mann, F.Reseghetti, S.Simoncelli, V.Gouretski, G.Chen,A.Mishonuv, J.Reagan, J.Zhu, 2021. *Upper Oceans Temperatures Hit Record High in 2020*, Advances in Atmospheric Science, Volume 38(4), pp.523-530.
- Dwi Ayu RA, Bangun Mulyo Sukojo, Lalu M. Jaelani, 2011. Studi Perubahan Suhu Permukaan Laut Menggunakan Satelit Aqua Modis, Geoid, Volume 7(1), pp. 073-078.
- Emiyati, Kuncoro Teguh Setiawan, Anneke KS. Manopo, Syarif Budiman, Budawi Hasyim, 2014. Analisis Multitemporal Sebaran Suhu Permukaan Laut di Perairan Lombok Menggunakan Data Penginderaan Jauh MODIS, Buku Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh, pp. 470-479.
- I Nyoman Januarta Triska Putra, I Wayan Gede Astawa Karang, I Dewa Nyoman Nerwada Putra, 2019. Analisis Temporal Suhu Permukaan Laut di Perairan Indonesia Selama 32 tahun (Era AVHRR), *Journal of Marine Science and Aquatic Science*, Volume 5(2), pp. 534-346.
- M. Djazim Saifullah, 2015 Suhu Permukaan Air Laut Indonesia dan Hubungannya Dengan Pemanasan Global, *J. Segara* Volume 11(1), pp.37-47.
- Try Al Tanto, 2020. Deteksi Suhu Permukaan Air Laut (SPL) Menggunakan Satelit, *Jurnal Kelautan* Volume 13(2), pp.126-142.
- Vivi Triana, 2008. Pemanasan Global, *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Universitas Andalas, Padang.