

MENYIKAPI PERUBAHAN IKLIM DENGAN MENERAPKAN MODEL PERTANIAN TEKNO-EKOLOGIS DI KABUPATEN TANAH DATAR

Ratna Wilis

Dosen Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang.

Abstrak

Perubahan iklim global merupakan suatu keniscayaan yang telah terjadi akibat dari meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sebagai dampak dari meningkatnya jumlah penduduk yang terus melakukan aktivitasnya dalam memenuhi kebutuhan pangan untuk mempertahankan hidupnya. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi terjadinya perubahan iklim di wilayah Tanah Datar dan bagaimana menyikapi perubahan iklim tersebut. Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif dengan cara menganalisis data-data iklim dan faktor-faktor yang diduga menyebabkannya. Data yang digunakan adalah data klimatologi hasil observasi dan reanalisis dengan menggunakan beberapa *tools* pengolahan data seperti CDO dan GrADS dan *tools* analisis data seperti RclimDex dan Mekensens. Sedangkan untuk menampilkan hasil penelitian digunakan ArcGIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan beberapa indikator iklim ekstrim dari ETCCDMI, di wilayah Tanah Datar telah terdeteksi terjadinya iklim ekstrim yang mengarah pada terjadinya perubahan iklim. Pada wilayah yang terdeteksi terjadinya iklim ekstrim juga terjadi penurunan produktivitas komoditas tanaman pangan. Pertanian tekno-ekologis berupaya memadukan kekuatan pertanian ekologis dengan pertanian berteknologi maju, sehingga akan terbentuk model pertanian yang lebih produktif, efisien dan berkualitas dengan resiko yang lebih kecil sekaligus ramah lingkungan untuk menyikapi perubahan iklim yang terdeteksi terjadi di wilayah di Kabupaten Tanah Datar.

Kata Kunci : *Perubahan iklim, model pertanian tekno-ekologis*

PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia, menjadi suatu tantangan bagi pemerintah dalam penyediaan pangan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di masa yang akan datang. Di tengah risiko-risiko yang tidak ringan yang harus dihadapi petani sebagai tulang punggung utama bagi pemerintah dalam memenuhi kebutuhan pangan bagi masyarakat, muncul fenomena perubahan iklim yang dampaknya juga cukup besar bagi usaha pertanian tanaman pangan, terutama padi.

Semakin meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca seperti CO₂ (Karbon Dioksida), CH₄ (Metana), dan N₂O

(Dinitrogen Oksida) di atmosfer menyebabkan tertahannya energi panas matahari di atmosfer yang seharusnya dilepaskan kembali keluar angkasa, sehingga mengakibatkan suhu atmosfer bumi menjadi meningkat. Menurut laporan IPCC tahun 2007, dapat diketahui bahwa proyeksi temperatur udara permukaan bumi di masa depan akan meningkat sekurang-kurangnya 0,2°C setiap dekadanya. Beberapa skenario bahkan memberikan hasil yang jauh lebih tinggi dari nilai tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim merupakan tantangan besar yang terus dihadapi di masa yang akan datang. (AR4-IPCC, 2007). Kenaikan suhu udara akan

berdampak pada penurunan produktivitas tanaman terutama pada tanaman semusim. Disamping itu peningkatan suhu udara juga akan meningkatkan serangan hama dan penyakit, baik pada tanaman maupun binatang ternak. Berubahnya pola curah hujan dan peningkatan intensitas kejadian iklim ekstrim menyebabkan kekeringan atau banjir yang akan berpotensi besar untuk menurunkan produktivitas bahkan menggagalkan panen.

Penerapan model pertanian tekno-ekologis diharapkan bisa meningkatkan kesejahteraan petani. Salah satu usaha dari penerapan model tersebut adalah dikembangkan varietas yang tepat yakni varietas yang rendah emisi Gas Rumah Kaca (GRK), tahan genangan atau kekeringan, tahan serangan hama dan penyakit tertentu, serta memiliki produktivitas yang tinggi. Model pertanian tekno-ekologis berupaya memadukan kekuatan pertanian ekologis dengan pertanian berteknologi maju, sehingga akan terbentuk model pertanian yang lebih produktif, efisien dan berkualitas dengan resiko yang lebih kecil sekaligus ramah lingkungan. Dengan menerapkan model pertanian tekno-ekologis ini maka kesejahteraannya akan meningkat karena model pertanian ini merupakan langkah mitigasi sekaligus adaptasi terhadap dampak perubahan iklim bagi petani meski berada dalam ancaman perubahan iklim.

Perubahan iklim global merupakan suatu keniscayaan sebagai akibat dari meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sebagai dampak dari meningkatnya jumlah penduduk yang terus melakukan aktivitasnya dalam memenuhi kebutuhan pangan untuk dan mempertahankan hidupnya. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi terjadinya perubahan iklim yang terjadi di wilayah Tanah Datar dengan cara menganalisis faktor-faktor (seperti perubahan penggunaan dan tutupan lahan, pertumbuhan jumlah

penduduk dan faktor sosial ekonomi lainnya) yang diduga menyebabkannya, dengan mengajukan pertanyaan penelitian : apakah perubahan iklim telah terjadi di wilayah Tanah Datar dan bagaimana menyikapi perubahan iklim tersebut.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah deskriptif kuantitatif, yaitu mendeskripsikan data-data iklim yang telah diolah menjadi indeks-indeks iklim ekstrim, kemudian mengidentifikasi keterkaitannya dengan perubahan iklim dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya. Dari hasil identifikasi disusun suatu sistem mitigasi dan adaptasi untuk menyikapi perubahan iklim yang mungkin terjadi dengan subjek penelitian adalah sektor pertanian, termasuk didalamnya adalah pelaku pertanian (petani) dan sistem yang berkaitan dengan proses pertanian tersebut, seperti iklim, perubahan iklim, lahan, dan teknik-teknik pertanian yang diterapkan.

Data

Untuk mendeteksi terjadinya perubahan iklim di wilayah Tanah Datar, diperlukan data unsur-unsur klimatologi terutama suhu udara rata-rata, suhu udara maksimum, suhu udara minimum dan curah hujan setidaknya mempunyai kontinuitas data selama 30 tahun. Selain itu juga digunakan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, data pertumbuhan penduduk dan sosial ekonomi di wilayah Tanah Datar sebagai data tambahan untuk menganalisis deteksi terjadinya perubahan iklim di wilayah tersebut.

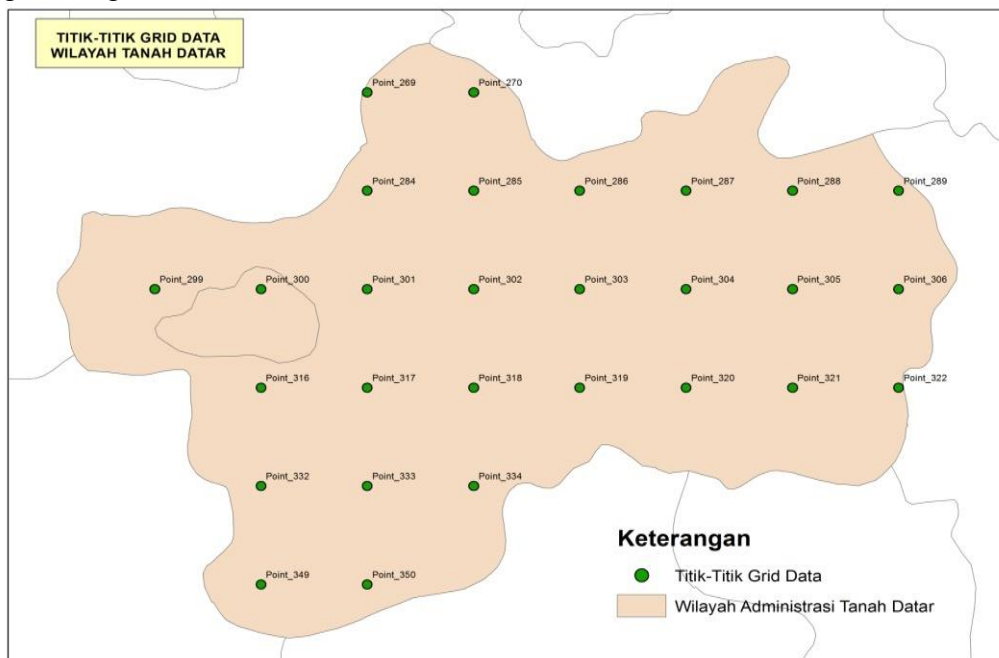
Data observasi unsur-unsur klimatologi bersumber dari Stasiun Klimatologi Sicincin. Data konsentrasi gas rumah kaca bersumber dari Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang. Sedangkan data penduduk dan

sosial ekonomi wilayah Tanah Datar diperoleh dari BPS Kabupaten Tanah Datar. Selain data suhu udara hasil observasi (pengamatan) juga digunakan data reanalisis. Data reanalisis diperlukan karena di wilayah Tanah datar hanya ada satu lokasi observasi data suhu dengan kualitas data yang baik, yaitu di Padang Panjang yang tidak dapat mewakili seluruh wilayah Tanah Datar. Data reanalisis yang digunakan adalah data suhu udara permukaan pada ketinggian 2 meter dari permukaan, berupa data global reanalisis ERA-Interim dari ECMWF (*European Centre fo Medium-Range Weather Forecast*), dari Januari 1979 hingga Desember 2013, dengan resolusi spasial $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ dengan format data multi dimensional (netCDF).

Pengolahan Data

Untuk menghitung nilai suhu udara (rata-rata, maksimum dan minimum) dalam setiap grid digunakan software GrADS.

Dimana wilayah Tanah Datar dibagi kedalam titik-titik grid dengan dimensi grid $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ (sesuai dengan resolusi spasial data ECMWF), seperti terlihat pada Gambar 1. Untuk mempermudah mendapatkan data numeriknya, data akan diolah dengan menggunakan beberapa *tools* antara lain *climate data operator (CDO)* dan *Grid Analysis and Display System (GrADS)*. Untuk megetahui indeks iklim ekstrim digunakan program *RclimDe*, sebuah *package* software berbahasa R yang dikembangkan oleh *Climate Research Branch of Meteorological Service of Canada* untuk kepentingan *Expert Team for Climate Change Detection and Indices (ETCCDMI)* untuk mendeteksi dan monitoring perubahan iklim dengan fokus utama pada kejadian-kejadian iklim ekstrim. Untuk melakukan interpolasi data dan menampilkan (*layout*) peta hasil penelitian digunakan *software ArcGIS*.



Gambar 1. Wilayah Tanah Datar dibagi menjadi titik-titik grid.

Uji Keabsahan Data

Dalam penelitian ini keabsahan data diuji dengan cara memverifikasi dan melakukan uji statistik (Mann Kendall test). Cara yang paling sederhana untuk memverifikasi data hasil reanalisis/model/prakiraan dan data observasi adalah dengan *scatterplot*. Dari *scatterplot* juga dapat dilihat besarnya koefisien korelasi dan bias (*mean error*) data prakiraan terhadap observasinya (Stanski, et al, 1989).

Koefisien Korelasi

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O_{mean})(P_i - P_{mean})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O_{mean})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P_{mean})^2}}$$

Koefisien korelasi (r) menunjukkan hubungan (linier) relatif antara dua variabel (observasi dan model prakiraan). Nilai korelasi baik jika nilai koefisien mendekati ± 1

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}}$$

Root mean square error (RMSE) digunakan untuk mengukur tingkat akurasi data hasil reanalisis atau prakiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan atau jumlah kuadrat dari nilai prakiraan dan observasi. RMSE juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang

dihasilkan oleh suatu model perkiraan (Stanski, et al, 1989).

Mann-Kendall Test

Untuk mengetahui trend dan signifikantitas dari indeks-indeks iklim ekstrim akan dilakukan uji trend dengan menggunakan Mann Kendall test dengan menggunakan program Makensens merupakan suatu program statistik yang digunakan untuk menghitung variasi trend tahunannya

Indeks Iklim (hujan) Ekstrim

Menurut rekomendasi ETCCDMI indeks yang digunakan untuk menilai kejadian hujan ekstrim, diantaranya adalah jumlah curah hujan maksimum dalam 1 hari (RX1D), jumlah curah hujan maksimum selama 5 hari berturut-turut (RX5D), indeks intensitas hujan harian (SDII), trend terjadinya hujan sangat lebat, dalam hal ini ditentukan hujan dengan intensitas lebih dari 100 milimeter per hari atau lebih (R100), trend jumlah hari dengan curah hujan kurang dari 1 mm per hari (CDD), trend jumlah hari dengan jumlah hujan 1 mm per hari atau lebih (CWD), trend kejadian dimana terjadi kondisi hari yang sangat basah (R95p), trend kejadian dimana terjadi dengan kondisi hari basah yang ekstrim (R99p), dan trend jumlah hujan tahunan (PRCPTOT). Selengkapnya indeks hujan ekstrim tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks Curah Hujan Ekstrim

ID	Indicator name	Definitions	UNITS
RX1D	Max 1-day precipitation amount	Monthly maximum 1-day precipitation	Mm
Rx5D	Max 5-day precipitation amount	Monthly maximum consecutive 5-day precipitation	Mm
SDII	Simple daily intensity index	Annual total precipitation divided by the number of wet days (defined as PRCP>=1.0mm) in the year	mm/day
R100	Number of days above 100 mm	Annual count of days when PRCP>=100 mm, (user defined threshold)	Days
CDD	Consecutive dry days	Maximum number of consecutive days with RR<1mm	Days
CWD	Consecutive wet days	Maximum number of consecutive days with RR>=1mm	Days
R95p	Very wet days	Annual total PRCP when RR>95 th percentile	Mm
R99p	Extremely wet days	Annual total PRCP when RR>99 th percentile	Mm
PRCPTOT	Annual total wet-day precipitation	Annual total PRCP in wet days (RR>=1mm)	Mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Trend positif pertumbuhan penduduk terjadi di Kecamatan Lima Kaum (salah satu kecamatan terpadat di Kabupaten Tanah Datar yang dijadikan sampel dalam penelitian ini) dengan pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 1,87%. Pertumbuhan penduduk terbesar terjadi pada periode tahun 2010 hingga 2012 demikian juga pada periode 1996 hingga 1998. Penurunan jumlah penduduk terbesar terjadi periode 2009-2010, yang diakibatkan oleh beberapa faktor penyebab, seperti yang terjadi pada tahun 2010 disebabkan banyaknya penduduk yang pindah domisili akibat bencana gempa bumi yang melanda Sumatera Barat pada September 2009. Hasil proyeksi jumlah

penduduk yang dilakukan oleh BPS Tanah Datar untuk tahun 2013 dan 2014 masing-masing berjumlah 35.276 dan 35.392 jiwa penduduk.

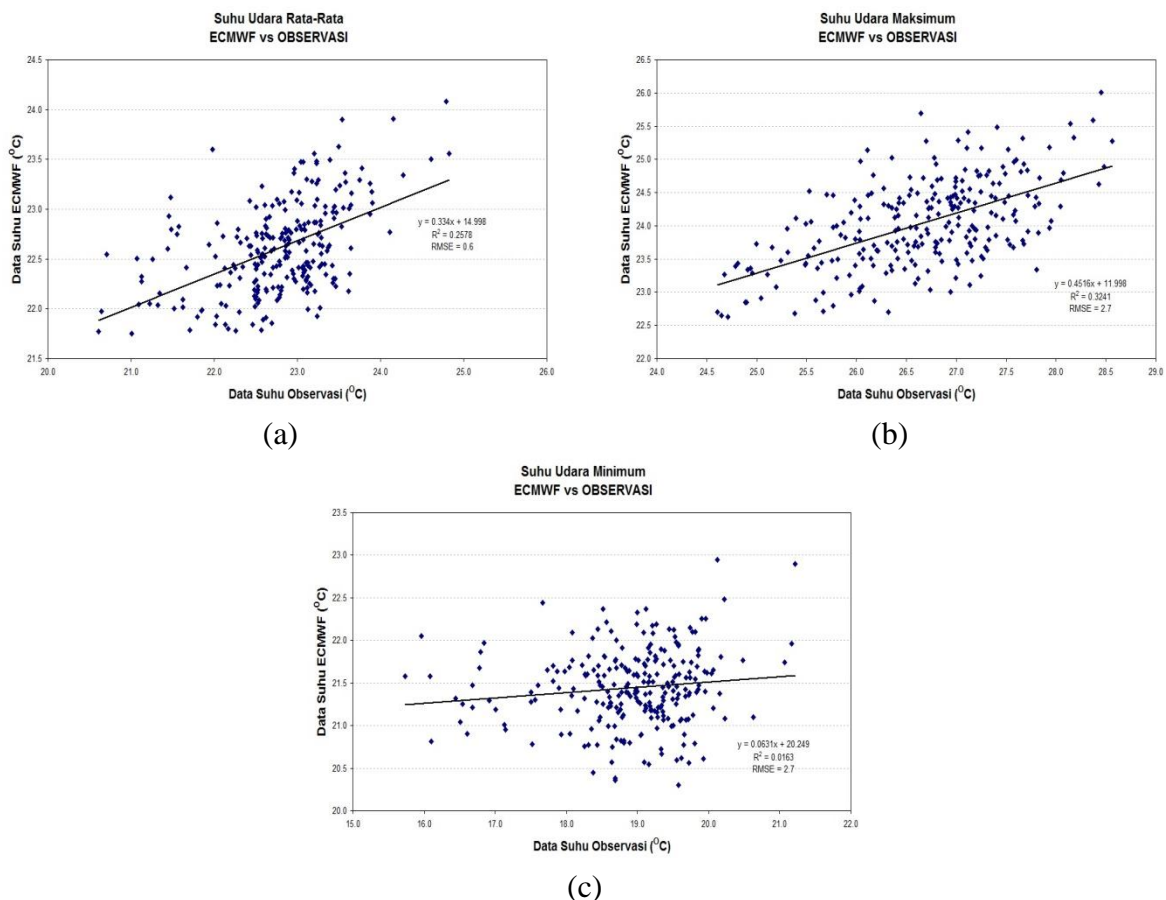
Sementara hasil monitoring gas rumah kaca di Stasiun GAW Bukit Kototabang menunjukkan, rerata konsentrasi CO₂, CH₄, dan N₂O yang terukur sampai dengan pertengahan tahun 2010 berturut-turut sebesar 381,7 ppm, 1824,5 ppb, dan 323 ppb. Dibandingkan dengan konsentrasi ketiga gas tersebut di masa pra-revolusi industri, terjadi peningkatan konsentrasi untuk CO₂ sebesar 37,3%, 160,6% untuk CH₄, dan 19,6% untuk N₂O. Peningkatan konsentrasi CO₂ yang terukur menyebabkan terjadinya peningkatan

nilai *radiative forcing*. Rerata nilai *radiative forcing* CO₂ selama pengukuran sebesar $1.634 \pm 0.04 \text{ Wm}^{-2}$, *radiative forcing* CH₄ sebesar $0.509 \pm 0.003 \text{ Wm}^{-2}$, dan nilai *radiative forcing* N₂O sebesar $0.168 \pm 0.005 \text{ Wm}^{-2}$ (Nahas CN dan B. Setiawan, 2009). Trend konsentrasi CO₂, CH₄, dan N₂O periode tahun 2004-2010, terlihat pada Gambar 3a, 3b dan 3c.

Hasil Verifikasi Data

Hasil verifikasi data suhu udara permukaan yang bersumber dari data global reanalisis ECMWF ERA-Interim dengan data observasi yang dilakukan di stasiun

pengamatan Padang Panjang seperti terlihat pada Gambar 2a, 2b dan 2c. Hasil scatterplot antara data suhu udara rata-rata reanalisis dengan data observasi, terlihat kedua data tersebut mempunyai korelasi (r) sebesar 0.508 dengan nilai RMSE sebesar 0,6 °C. Hasil verifikasi antara data suhu udara maksimum reanalisis dengan data observasi, dimana kedua data tersebut mempunyai korelasi (r) sebesar 0,569 dengan nilai RMSE sebesar 2,7 °C. Sedangkan untuk data suhu udara minimum reanalisis dengan data observasi, dimana kedua data tersebut mempunyai korelasi (r) sebesar 0,128 dengan nilai RMSE sebesar 2,7 °C



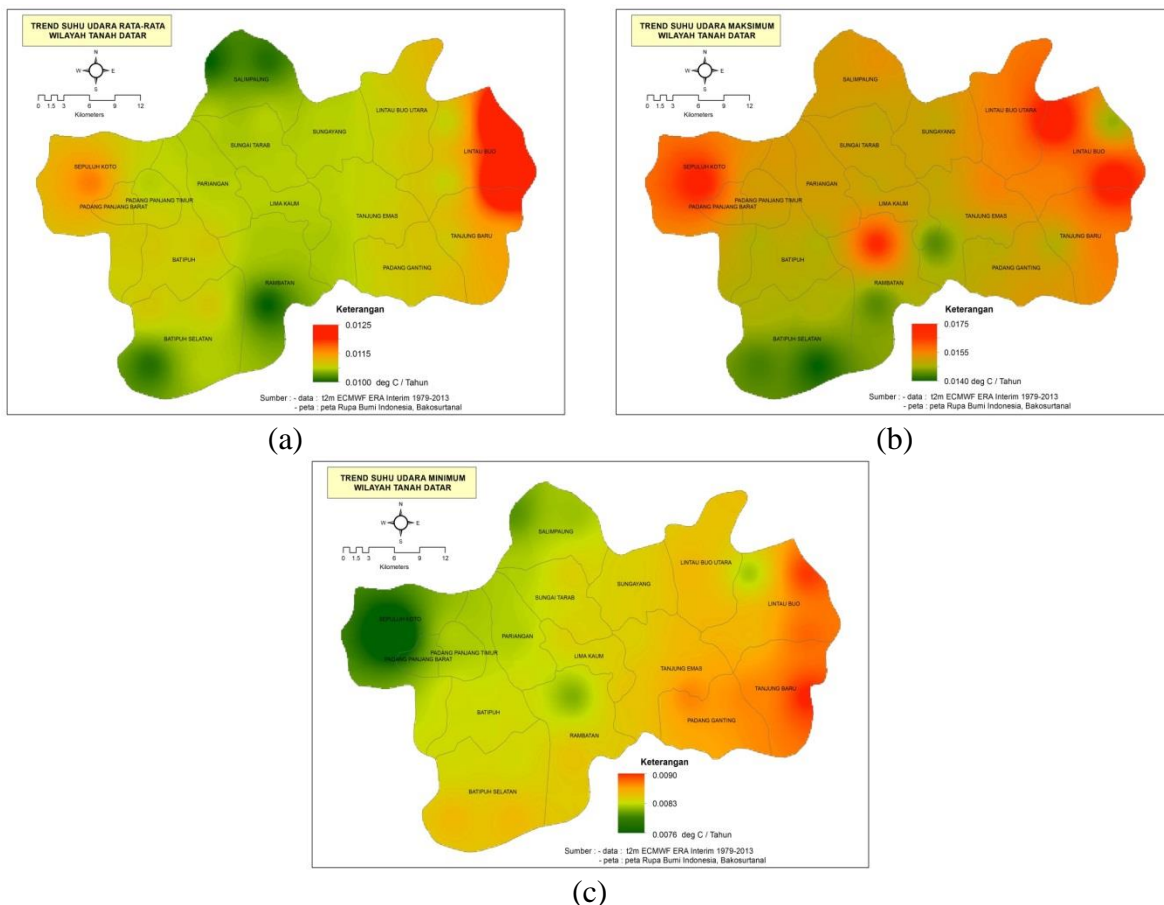
Gambar 2. Verifikasi data suhu permukaan reanalisis (ECMWF ERA Interim) dengan data hasil observasi di Padang Panjang, masing-masing untuk (a) suhu udara rata-rata, (b) suhu udara maksimum dan (c) suhu udara minimum.

Deteksi Perubahan Iklim di Wilayah Tanah Datar

Trend kenaikan suhu udara permukaan

Dari hasil pengolahan dan analisis data suhu udara permukaan di wilayah Tanah Datar didapatkan bahwa suhu udara rata-rata di wilayah tersebut mengalami kenaikan antara 0,0100 hingga 0,125 °C per tahun. Kecamatan di wilayah Tanah Datar yang mengaami kenaikan suhu udara rata-rata paling tinggi adalah wilayah Kecamatan Lintau Buo bagian timur dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Tanjung Baru. Kenaikan suhu udara rata-rata tertinggi berikutnya terjadi disekitar Kecamatan Sepuluh Koto. Sedangkan Kecamatan Salimpaung,

Kecamatan Batipuh Selatan dan Kecamatan Rambatan merupakan kecamatan-kecamatan yang mengalami kenaikan suhu udara rata-rata paling rendah di wilayah penelitian. Secara umum, trend kenaikan suhu udara rata-rata yang lebih tinggi terjadi membujur timur ke barat wilayah Tanah Datar dibandingkan bagian utara dan selatan wilayah tersebut. Peta trend kenaikan suhu udara rata-rata di wilayah Tanah Datar seperti terlihat pada Gambar 2a. Hasil uji trend, menunjukkan bahwa trend suhu udara maksimum yang terjadi di wilayah Tanah Datar ini semua titik grid menunjukkan signifikan pada uji Mann-Kendall test dengan tingkat kepercayaan antara 0,5 hingga 0,01.



Gambar 3. Pola spasial dari trend kenaikan suhu udara permukaan di wilayah Tanah Datar, masing-masing untuk (a) suhu udara rata-rata, (b) suhu udara maksimum dan (c) suhu udara minimum.

Suhu udara maksimum di wilayah Tanah Datar terjadi kenaikan yang berkisar antara $0,0140^{\circ}$ hingga $0,0175^{\circ}\text{C}$ per tahun. Secara umum pola spasial dari trend kenaikan suhu udara maksimum di wilayah Tanah Datar terlihat membujur arah timur-barat bagian utara trend kenaikannya lebih tinggi dibandingkan dengan di bagian selatan. Trend kenaikan suhu udara maksimum di wilayah Tanah Datar terjadi di sebagian Kecamatan Lintau Buo Utara, Kecamatan Lintau Buo, Kecamatan Tanjung Baru, Kecamatan Sepuluh Koto dan sebagian Kecamatan Rambatan bagian utara yang berbatasan dengan Kecamatan Lima Kaum. Sedangkan trend kenaikan suhu udara maksimum terendah dapat kita lihat terjadi di Kecamatan Batipuh Selatan, Kecamatan Rambatan bagian selatan dan wilayah diperbatasan antara Kecamatan Tanjung Emas dan Kecamatan Lima Kaum. Selengkapnya pola spasial trend kenaikan suhu udara maksimum di wilayah Tanah Datar dapat dilihat pada Gambar 2b. Hasil uji trend, menunjukkan bahwa trend suhu udara maksimum yang terjadi di wilayah Tanah Datar ini semua titik grid menunjukkan signifikan pada uji Mann-Kendall test dengan tingkat kepercayaan antara 0,5 hingga 0,01.

Secara umum trend kenaikan suhu udara minimum di wilayah Tanah Datar berkisar antara 0.0076° hingga 0.0090°C per tahun. Pola spasial trend kenaikan suhu udara minimum di wilayah Tanah Datar seperti yang terlihat pada Gambar 2c adalah bagian timur dan selatan wilayah Tanah Datar mengalami trend kenaikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah barat dan utara tersebut. Trend kenaikan suhu udara minimum tertinggi terjadi di Kecamatan Lintau Buo bagian timur, sebagian besar wilayah di Kecamatan Tanjung Baru dan wilayah di perbatasan Kecamatan Padang Ganting dan Tanjung Emas. Sedangkan trend kenaikan suhu udara

minum dengan kenaikan terendah terjadi di Kecamatan Sepuluh Koto, diikuti wilayah di Kecamatan Salimpauang dan di Kecamatan Rambatan bagian utara. Hasil uji trend, menunjukkan bahwa trend suhu udara minimum yang terjadi di wilayah Tanah Datar ini semua titik grid menunjukkan signifikan pada uji Mann-Kendall test dengan tingkat kepercayaan antara 0,1 hingga 0,05.

Trend diurnal temperature range (DTR)

Menurut ETCCDMI (*Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices*) DTR merupakan salah satu indeks yang dapat digunakan untuk mengetahui atau mendeteksi terjadinya perubahan iklim di suatu wilayah. (Zhang, X and Feng, Y, 2004). DTR merupakan nilai selisih antara suhu udara maksimum dikurang suhu udara minimum bulanan.

Hasil pengamatan di banyak wilayah di dunia menunjukkan terjadinya penurunan trend DTR. Secara global, rata-rata terjadi penurunan DTR sebesar $0,4^{\circ}\text{K}$ selama periode pengamatan 1950-1993. Penurunan trend DTR secara konsisten berhubungan dengan adanya beberapa pengaruh lokal, seperti laju urbanisasi, irigasi, desertifikasi, dan laju perubahan lahan yang semuanya dapat berpengaruh pada trend DTR, khususnya laju urbanisasi yang menyebabkan trend DTR yang bernilai negatif. Namun penurunan trend DTR tidak terjadi di stasiun-stasiun pemantauan iklim yang terletak di daerah-daerah rural (Geerts, 2002)

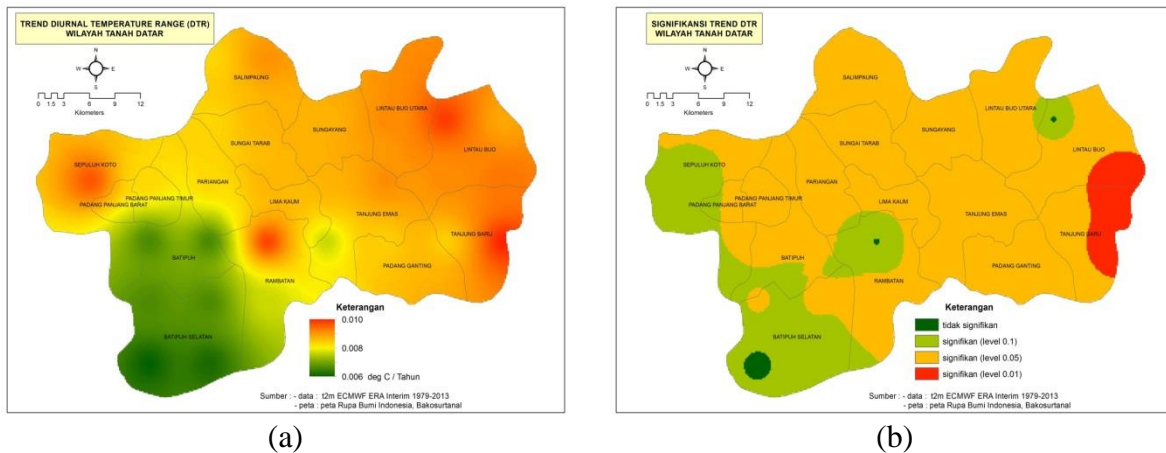
Perubahan lahan sebagai akibat dari semakin meningkatnya laju urbanisasi yang tidak terkendali akan menciptakan apa yang disebut sebagai *urban heat island* (UHI) yang diduga ikut bertanggung jawab dalam menyebabkan terjadinya pemanasan di atas daratan sebagai akibat dari penurunan trend rata-rata DTR dalam beberapa dekade

terakhir (Zhou, L., et al, 2004). Hasil pengamatan selama lebih dari 50 tahun terakhir menunjukkan terjadinya pemanasan di atas daratan yang dikaitkan dengan meningkatnya suhu udara minimum harian yang meningkat jauh lebih tinggi dibandingkan dengan suhu maksimum harian. Sementara hasil pengamatan rata-rata DTR-nya menunjukkan trend yang menurun (Braganza, K., et al, 2004)

Secara global, suhu udara rata-rata di atas permukaan mengalami peningkatan 0.5°C selama abad ke-20. Hasil analisis data hasil pengamatan di banyak wilayah dipermukaan bumi menunjukkan bahwa kenaikan tersebut sebagian diakibatkan oleh meningkatnya suhu udara minimum harian dengan laju yang lebih cepat atau penurunan dengan laju yang lebih lambat dari suhu udara maksimu harian, sehingga

menyebabkan terjadinya penurunan DTR (Easterling, D.R., 1997).

Di negara-negara bekas pecahan Uni Soviet dan Amerika Serikat, DTR mempunyai korelasi yang signifikan dengan besarnya nilai rata-rata laju penguapan panci terbuka. Penurunan trend DTR di wilayah ini diduga diakibatkan oleh meningkatnya jumlah tutupan awan dan penurunan insolasi. Lebih jauh, hasil studi dengan menggunakan model, terlihat bahwa menurunnya trend DTR ini diduga disebabkan oleh kombinasi dari penyerapan secara langsung *incoming solar radiation* pada bagian panjang gelombang infra merah, transport aerosol, dan *radiative forcing* dari awan-awan rendah, termasuk didalamnya pengaruh dari penguapan yang terjadi di permukaan tanah (Hasen, J. et al, 1995).



Gambar 4. Pola spasial trend (a) Diurnal Temperature Range (DTR) di wilayah Tanah Datar dan (b) uji signifikansi dari trend DTR tersebut.

Hasil penelitian Hermon dan Wilis (2013) tentang deteksi perubahan iklim di Kota Padang menunjukkan trend DTR yang negatif sebagai akibat dari terjadinya perubahan tutupan lahan menjadi lahan terbangun yang cukup ekstrim terjadi pada lahan hutan, semak, sawah, dan kebun campuran di Kota Padang. Perubahan tutupan lahan hutan menjadi lahan terbangun

dari tahun 1985-2013 seluas 11.758,9 ha sedangkan perubahan tutupan lahan sawah menjadi lahan terbangun seluas 5.977,1 ha. Selain itu, perubahan tutupan lahan kebun menjadi lahan terbangun seluas 5.872,4 ha dan perubahan tutupan lahan semak menjadi lahan terbangun seluas 3.337,3 ha.

Namun tidak semua hasil pengamatan menunjukkan trend DTR yang bernilai negatif. Seperti hasil pengamatan

DTR di sebagian negara Selandia Baru dan pengunungan Alpen di wilayah Eropa tengah, suhu udara maksimum dan minimum harian meningkat dengan laju yang hampir sama. Sementara di India, trend DTR mengalami kenaikan sebagai akibat dari menurunnya suhu udara minimum hariannya (Kumar, K.R., 1996 dalam Geerts, 2002). Demikian juga trend tahunan DTR dalam jangka panjang di beberapa wilayah di negara-negara Eropa yang menunjukkan trend DTR berbalik arah, dari trend yang menurun menjadi trend yang meningkat, seperti yang terjadi di Eropa barat yang terlihat mulai 1970-an dan di Eropa timur mulai tahun 1980-an (Makowski, K., 2008). Adanya pola-pola trend DTR tersebut, menunjukkan perlunya pendalaman analisis dari pola suhu maksimum dan minimum pada suatu wilayah, yang kemungkinan berhubungan erat dengan faktor-faktor lokal.

Sedangkan di Wilayah Tanah Datar, trend DTR dari tahun 1979-2013 bernilai positif, dengan pola spasial seperti terlihat pada Gambar 3a. Pada Gambar tersebut terlihat, secara umum DTR di wilayah Tanah Datar mengalami peningkatan antara 0,0060 hingga 0,010°C per tahun dengan wilayah yang mengalami kenaikan DTR tertinggi secara umum terjadi di bagian utara-timur, seperti di wilayah perbatasan Kecamatan Lintau Buo dan Lintau Buo Utara, Kecamatan Tanjung Baru, Kecamatan Sepuluh Koto dan di perbatasan Kecamatan Rambatan dan Lima Kaum. Sedangkan kenaikan dengan nilai trend yang lebih rendah terjadi di Kecamatan Batipuh dan Batipuh Selatan.

Hasil uji trend DTR di wilayah Tanah Datar dengan menggunakan Mann-Kendall test menunjukkan hampir seluruh wilayah Tanah Datar, kenaikan trend DTR secara statistik signifikan dengan tingkat kepercayaan antara 0.1 hingga 0.01. Pola spasial dari signifikansi uji trend DTR di

wilayah Tanah Datar seperti terlihat pada Gambar 3b, dimana terlihat, bahwa hanya sebagian kecil wilayah di Kecamatan Batipuh Selatan yang tidak signifikan dalam uji trend ini. Uji trend DTR dengan signifikansi dengan tingkat kepercayaan paling tinggi (alfa = 0.01), terjadi di sekitar Kecamatan Lintau Buo dan Lintau Buo Utara. Sedangkan selebihnya dengan tingkat kepercayaan antara 0.1 hingga 0.05.

Indeks curah hujan ekstrim

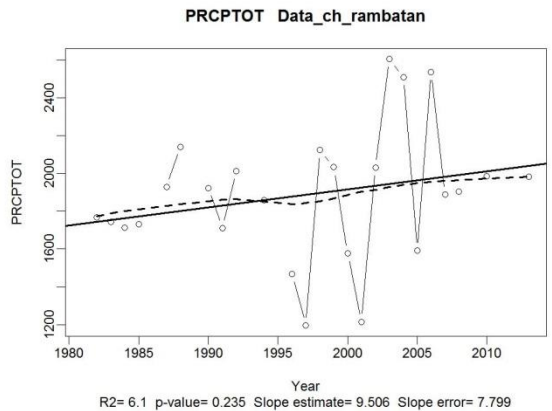
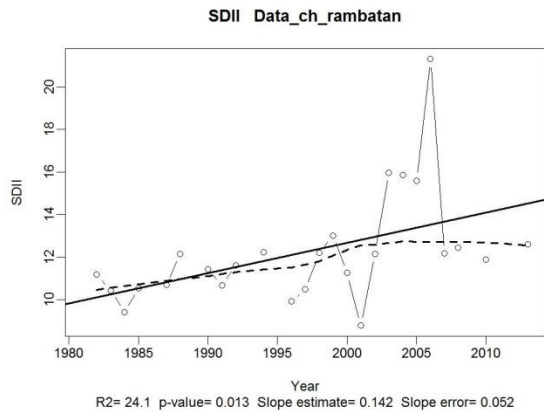
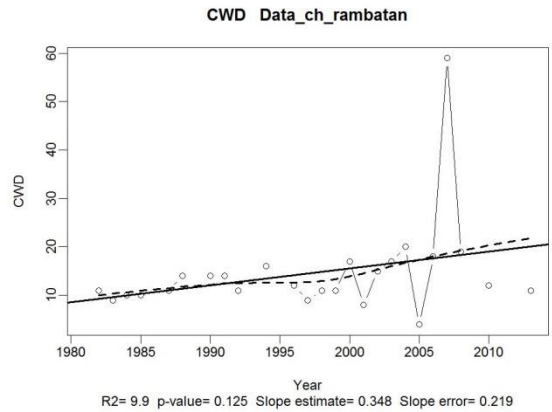
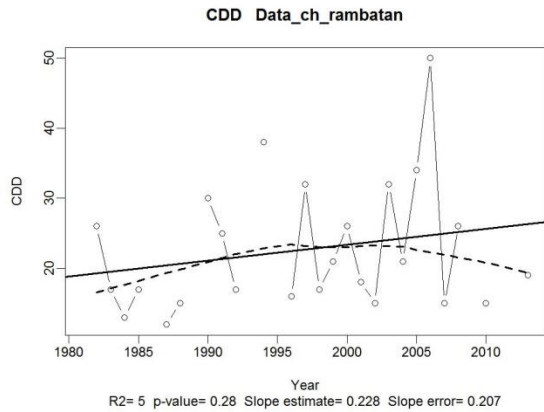
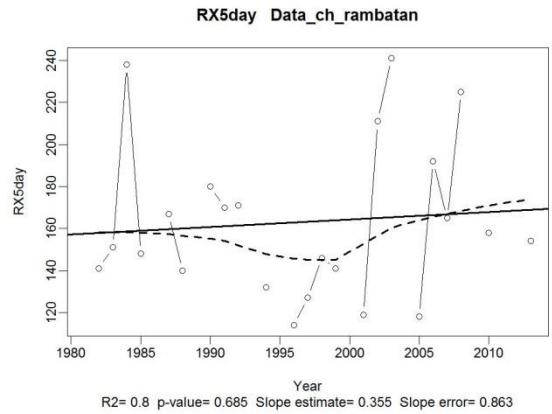
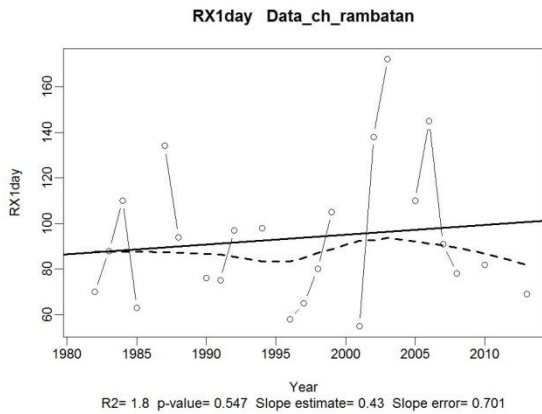
Mendeteksi terjadinya perubahan iklim yang ditandai dengan terjadinya curah hujan ekstrim di wilayah Tanah Datar, maka digunakan beberapa parameter indeks curah hujan ekstrim yang telah direkomendasikan oleh ETCCDMI dengan menggunakan curah hujan hasil pengukuran di stasiun hujan Rambatan selama periode pengamatan tahun 1981 hingga 2013, dengan asumsi data tersebut dapat merepresentasikan curah hujan wilayah Tanah Datar.

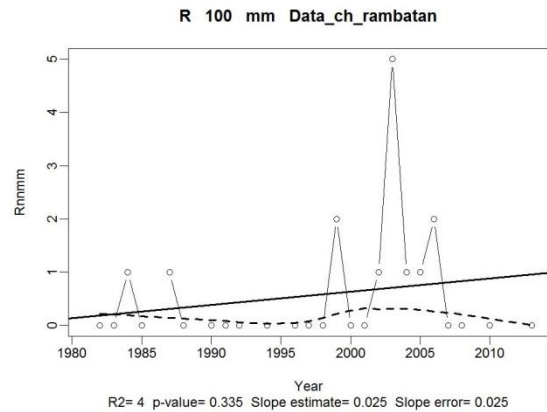
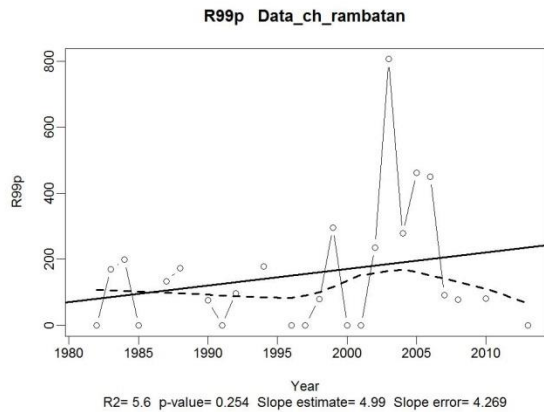
Trend curah hujan ekstrim terjadi di wilayah Tanah Datar ditandai oleh peningkatan indeks-indeks curah hujan ekstrim seperti yang tercantum pada Tabel 1. Nilai trend indeks-indeks tersebut, seperti yang terlihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa curah hujan yang terjadi di wilayah Tanah Datar dari tahun ke tahun semakin banyak jumlahnya dengan intensitas hujan yang semakin tinggi terutama dalam kurun waktu 10 tahun terakhir.

Dengan kondisi hidrometeorologis yang demikian tersebut akan mengakibatkan tingginya akumulasi air di permukaan, sehingga berpotensi menimbulkan bencana banjir bandang dan tanah longsor terutama pada lahan dengan kemiringan yang curam yang sangat berbahaya bila lahan tersebut digunakan untuk pemukiman maupun pertanian mengingat sebagian wilayah Tanah Datar adalah lahan-lahan yang mempunyai topografi dengan kemiringan yang curam.

Perubahan-perubahan jumlah curah hujan yang terjadi di Rambatan, Tanah Datar tersebut tidak terlepas dari adanya variabilitas pola sirkulasi atmosfer pada sekala yang lebih luas (regional/global), yang diduga berhubungan dengan gejala pemanasan global yang terjadi akibat

semakin meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca yang ada di atmosfer. Pola sirkulasi atmosfer skala regional/global yang turut berpengaruh terhadap terjadinya curah hujan ekstrim di wilayah Tanah Datar antara lain ENSO, IOD, ISO, dan terjadinya siklon tropis.



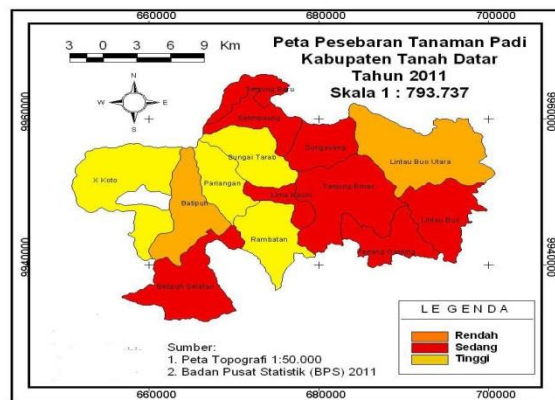
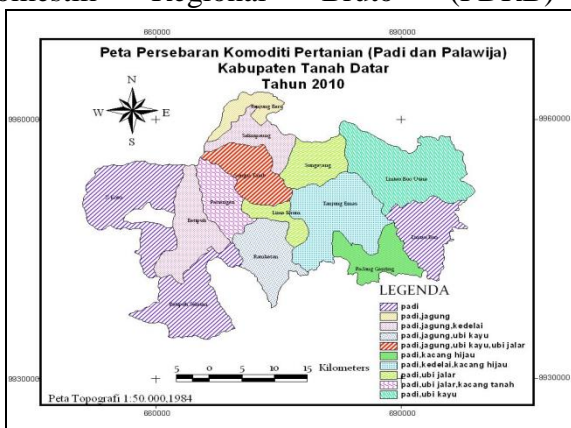


Gambar 5 .Indeks hujan ekstrim di wilayah Tanah Datar

Perubahan Iklim dan Produktivitas Pertanian

Sub sektor tanaman pangan dan hortikultura merupakan salah satu sub sektor unggulan daerah. Berdasarkan Data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Kabupaten Tanah Datar Tahun 2010 terlihat bahwa kontribusi subsektor tanaman pangan dan hortikultura cukup besar, yaitu 37,79%.



(a)

(b)

Gambar 6 . Pola sebaran (a) komoditas tanaman pangan (padi dan palawija) dan produktivitas tanaman padi di wilayah Tanah Datar.

Jenis komoditi unggulan tanaman pangan adalah padi, jagung, kacang tanah, ubi kayu, ubi jalar, kedelai serta kacang tanah. Sedangkan komoditi hortikultura adalah cabe, bawang daun, tomat, wortel, terung, bawang merah, kubis, buncis, sawi dan kentang, komoditi hortikultura lainnya adalah buah-buahan diantaranya adalah sawo, alpokat, durian, rambutan dan pisang. Pada Gambar 5a terlihat pola sebaran dari komoditi pertanian tanaman pangan (padi dan palawija) di wilayah Tanah Datar,

dimana tanaman padi merupakan komoditi pertanian yang paling banyak diusahakan di wilayah tersebut. Namun tidak semua wilayah dengan komoditas pertanian padi tersebut mempunyai produktivitas yang sama, seperti yang terlihat pada Gambar 5b, dimana secara umum produktivitas padi rendah hingga sedang pada umumnya terdapat di wilayah Tanah Datar bagian tengah dan timur sedangkan produktivitas tinggi terdapat di bagian barat wilayah Tanah Datar.

Bila peta pada Gambar 5b ditumpang-susunkan (*overlay*) dengan peta-peta sebaran suhu udara permukaan di wilayah Tanah Datar (peta pada Gambar 2a hingga 2c), maka akan terlihat bahwa komoditas padi dengan produktivitas sedang hingga rendah hampir sebagian besar terjadi pada wilayah dengan perubahan (trend) suhu udara yang tinggi. Memang tidak serta merta dapat disimpulkan bahwa produktivitas padi yang rendah diakibatkan oleh adanya perubahan suhu udara permukaan di wilayah tersebut, namun paling tidak perlu adanya tindakan mitigasi dan adaptasi akibat perubahan suhu udara tersebut dan selanjutnya penelitian yang lebih mendalam.

Penerapan pertanian dengan model tekno-ekologis dapat menjadi salah satu alternatif bentuk tindakan mitigasi dan adaptasi tersebut. Dari aspek inovasi dan teknologi, strategi dalam mengantisipasi perubahan iklim dapat dilakukan dengan langkah adaptasi dan mitigasi. Langkah adaptasi dilakukan untuk menyesuaikan aktivitas dan aplikasi teknologi serta perbaikan sarana dan prasarana usaha tani sesuai dengan kondisi yang ada guna mengurangi dampak perubahan iklim terhadap produktivitas dan keamanan usaha tani. Sementara itu langkah mitigasi dimaksudkan untuk mengurangi laju perubahan iklim melalui penyesuaian dan perbaikan dalam aktivitas dan penerapan teknologi dalam usaha tani.

Beberapa teknologi dan inovasi adaptasi yang perlu dipertimbangkan penerapannya dalam mengantisipasi perubahan iklim khususnya pada agroekosistem sawah, antara lain (a)

pemilihan varietas, (b) pergantian komoditas, (c) perbaikan teknik budi daya, dan (d) pola manajemen air. Sedangkan langkah-langkah mitigasi yang dapat dilakukan dalam usaha tani tanaman semusim berupa (a) pemilihan varietas unggul, dan (b) perbaikan teknik budi daya pada tahap : pengolahan tanah, jenis dan teknik pemupukan, teknik irigasi serta teknik pengolahan limbah.

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah:

1. Trend positif pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah Tanah Datar dan terus bertambahnya konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer, baik secara global maupun hasil pantauan di sekitar wilayah Sumatera Barat.
2. Terjadinya kenaikan suhu udara permukaan di wilayah Tanah Datar, baik itu suhu udara rata-rata, maksimum maupun minimum dengan tingkat signifikansi uji trend yang bervariasi. Beberapa indeks iklim (suhu udara permukaan dan curah hujan) ekstrim yang digunakan untuk mendekteksi adanya perubahan iklim menunjukkan tanda kearah terjadinya perubahan tersebut, walaupun ada indeks (DTR) yang tidak menunjukkan ketidaktegasan adanya perubahan tersebut.
3. Perubahan kondisi iklim tersebut terlihat berdampak juga kepada penurunan produksi pertanian sehingga diperlukan suatu model pertanian yang menguntungkan petani yaitu model pertanian tekno-ekologis.

DAFTAR RUJUKAN

- Braganza K, Karoly DJ, Arblaster, JM., 2004. Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century. *Geophysical Research Letters* Vol 31, L13217. DOI : 10.1029/2004GL019998.
- Easterling DR, Horton B, Jones PD, Peterson TC, Karl TR, Parker DE, Salinger MJ, Razuvayev V, Plummer N, Jamason P, and Folland CK., 1997. Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* 277: 364-367.
- Geerts, B., 2002. Empirical estimation of the monthly-mean daily temperature range. *Theor. Appl. Climatol.* DOI 10.1007/s00704-002-0715-3.
- Guntoro, Suprio. 2011. *Saatnya Menerapkan Pertanian Tekno-ekologis*. PTAgromedia Pustaka. Jakarta
- Hansen J, Sato M, and Ruedy R., 1995. Long-term changes of the diurnal temperature cycle: implication about mechanism of global change. *Atmos Res* 37: 175-209.
- Heddy, Suwasono, 2010. *Agroekosistem Permasalahan Lingkungan Pertanian Bagian Pertama*. PT Rajawali Press. Jakarta
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. A report of the Working Group of the Intergovernmental Panel on Climate Change Summary for Policymakers, Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Makowski K, Wild M, and Ohmura A., Diurnal temperature range over Europe between 1950 and 2000. *Atmos. Chem. Phys.* 8, 6483-6498.
- Nahas, C.N. dan B. Setiawan, 2010. Penentuan *Radiative Forcing* Dan *Annual Greenhouse Gas Index* (Aggi) Dari Karbon Dioksida, Metana, Dan Nitrous Oksida Hasil Pengukuran Di Bukit Kototabang. *Buletin Megasains*, Vol.4
- Sastrapradja, S.D dan Elizabeth A.W. 2010. *Keanekaragaman Hayati Pertanian Menjamin Kedaulatan Pangan*. LIPI Press. Jakarta.
- Stanski, H.R, Laurence, J.W, William, R.B., 1989. *Survey of Common Verification Methods in Meteorology*. Atmospheric Research, Research Report No.(MSRB) 89-5, Atmospheric Environment Service, Environment Canada.
- Zhou L, Dickinson RE, Tian Y, Fang J, Li Q, Kaufman RK, Tucker TH and Myneni RB., 2004. Evidence for a significant urbanization effect on climate in China. *PNAS* Vol. 101 No. 26 : 9540-9544.
- Zhang, X and Yang, F. 2004. *User Manual RclimDex (1.0)*. Climate Research Branch, Environment Canada, Downsview, Ontario, Canada.