



TREND ANALYSIS OF EXTREME RAINFALL FROM 1982 - 2013 AND PROJECTION FROM 2014 - 2050 IN BANDA ACEH AND MEULABOH

Farid Mufti^{1,2}, Nazli Ismail*^{1,3}, Muksin Umar^{1,4}

¹Program Studi Magister Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala

²BMKG Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi Manado, Sulawesi Utara

³Magister Ilmu Kebencanaan, Program Pascasarjana, Universitas Syiah Kuala

⁴Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC), Universitas Syiah Kuala

*Email: nazli.ismail@unsyiah.ac.id

Abstract. Climate change is a global phenomenon that currently and seriously impacts the environment. Increasing concentrations of greenhouse gases have caused changes in extreme climate events. We have studied index rainfall extreme trend at two meteorological stations of Sultan Iskandar Muda in Banda Aceh and Cut Nyak Dien in Meulaboh from 1982-2013. Daily rainfall data were processed using software of RClimDex to obtain the extreme rainfall index. Such indexes are extreme climate index set by the expert team for Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI) including of maximum 1-day and 5-days precipitation amount (RX1day and RX5day), total annual precipitation (PRCPTOT), consecutive dry days (CDD), consecutive wet days (CWD), very wet days (R95p), extremely wet days (R99p) and heavy precipitation days (R20mm). Based on our study, we found that the PRCPTOT tend to decrease, whereas occurrences of RX1day and RX5day increase. The Banda Aceh station which has a monsoonal pattern is characterized by increasing in R95p and R99p as well as but decreasing in R20mm. The CWD and CDD tend to accumulate at once. The Meulaboh station that has the type of equatorial rain show decreasing trend in R95p and R99p, but increasing trend in R20mm. The CWD and CDD occur within some days. The projection Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5 and 8.5 from 2014-2050 showed an increasing pattern frequency of rain in Banda Aceh and a decreasing pattern in Meulaboh.

Keywords: Trend, Extreme Climate Index, Projection

I PENDAHULUAN

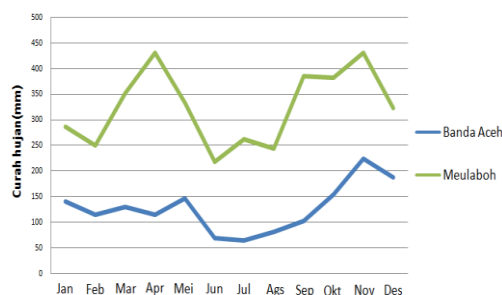
Perubahan iklim merupakan fenomena global yang saat ini sedang berlangsung dan berdampak serius terhadap lingkungan hidup manusia. Berlangsungnya perubahan pola iklim ini telah terjadi semenjak dimulainya aktivitas perindustrian dan aktivitas lain yang menyebabkan penumpukan gas rumah kaca. Berdasarkan Protokol Kyoto, terdapat enam jenis gas-gas rumah kaca yang berpengaruh, yaitu karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogenoksida (N_2O), dan gas-gas industri yang mengandung fluor (HFC, PFC, dan SF_6). Karbondioksida mendominasi 70% dari volume total gas-gas rumah kaca, disusul dengan metana, nitrogenoksida, dan sebagainya [1]. Dewasa ini telah diamati adanya perubahan secara global pada variabel iklim. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca akibat aktivitas antropogenik mendorong terjadinya perubahan frekuensi kejadian ekstrim tersebut [2].

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) telah menyusun beberapa skenario iklim untuk mengetahui proyeksi iklim global dan regional hingga tahun 2100. Skenario iklim merupakan representasi logis mengenai perkembangan masa depan yang koheren dan konsisten terhadap asumsi gas rumah kaca yang akan datang. IPCC sejauh ini telah mengeluarkan 5 buah laporan penilaian (Assignment Report). Dalam laporan penilaian ke-lima, IPCC menggunakan skenario yang disebut dengan Representative Concentration Pathways (RCP) yang menggambarkan radiative forcing yang akan diterima oleh bumi. Menurut Ref. [3], Radiative forcing (RF) adalah ukuran perubahan bersih dalam keseimbangan energi dari sistem bumi dalam menanggapi beberapa gangguan eksternal dalam satuan watt per meter persegi (Wm^{-2}). Pada penelitian ini digunakan RCP 8.5 dan 4.5 untuk proyeksi curah hujan tahun 2014 hingga

2050 di wilayah Aceh. Ref. [4] menyebutkan RCP 8.5 merupakan proyeksi iklim dengan skenario tidak ada upaya manusia untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, sedangkan RCP 4.5 merupakan proyeksi iklim dengan skenario ada upaya manusia untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

Provinsi Aceh memiliki topografi datar hingga bergunung. Wilayah dengan topografi daerah datar dan landai sekitar 32% dari luas wilayah, sedangkan berbukit hingga bergunung mencapai sekitar 68% dari luas wilayah. Daerah dengan topografi bergunung terdapat dibagian tengah Aceh yang merupakan gugusan pegunungan bukit barisan dan daerah dengan topografi berbukit dan landai terdapat dibagian utara dan timur Aceh. Secara klimatologi wilayah Aceh umumnya memiliki dua jenis tipe curah hujan yaitu tipe hujan monsunal dan ekuatorial (Gambar 1). Tipe curah hujan monsunal terdapat di sebelah utara hingga timur Aceh, sedangkan curah hujan ekuatorial terdapat di sebelah barat hingga selatan Aceh. Grafik curah hujan bulanan pada gambar menunjukkan bahwa tipe hujan monsunal dicirikan dengan distribusi curah hujan bulanan berbentuk "u atau v" dengan jumlah curah hujan minimum pada bulan Juni, Juli atau Agustus. Tipe hujan dicirikan dengan distribusi curah hujan bulannya mempunyai dua maksimum, jumlah curah hujan maksimum di sekitar ekinoks (posisi semu matahari di ekuator). Pengaruh monsun di daerah

ekuatorial kurang tegas dibandingkan pengaruh insolasi ketika ekinoks dan pengaruh konvergensi ekuator [5]. Data curah hujan bulanan pada gambar menunjukkan bahwa curah hujan Meulaboh lebih besar daripada Banda Aceh. Banda Aceh memiliki pola hujan monsunal terdapat satu puncak hujan. Sedangkan Meulaboh memiliki pola hujan ekuatorial karena memiliki dua puncak hujan.



Gambar 1 Rata-rata Curah hujan bulanan pada station Banda Aceh (garis biru) dan Meulaboh (garis hijau).

Hasil taksiran IPCC (2007) ke depan, secara global, iklim akan semakin ekstrim dan lebih variabel, sementara proyeksi perubahan iklim khususnya curah hujan di wilayah Indonesia yang telah dilakukan belum dapat menunjukkan terjadinya perubahan-perubahan yang lebih rinci dan detil khususnya pada wilayah Aceh, sehingga belum dapat menggambarkan variabilitas maupun tren kondisi ekstrim yang mungkin terjadi.

Tabel 1 Daftar Indeks Hujan Ekstrim

ID	Nama Indikator	Diskripsi	Satuan
PRCPTOT	Annual total wet-day precipitation	Total jumlah curah hujan tahunan (curah hujan ≥ 1 mm).	Milimeter
RX1day	Max 1-day precipitation amount	Jumlah curah hujan maksimum dalam 1 hari.	milimeter
RX5day	Max 5-day precipitation amount	Jumlah curah hujan maksimum dalam 5 hari.	milimeter
CDD	Consecutive Dry Days	Jumlah hari terbanyak ketika curah hujan < 1 mm secara berturut-turut.	Hari
CWD	Consecutive Wet Days	Jumlah hari terbanyak ketika curah hujan ≥ 1 mm secara berturut-turut.	Hari
R95p	Very wet days	Total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan $>$ percentile ke-95.	milimeter
R99p	Extremely wet days	Total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan $>$ percentile ke-99.	milimeter
R20mm	Heavy precipitation days	Total jumlah hari ketika curah hujan ≥ 20 mm.	Hari

Sumber : Ref [6].

II METODOLOGI

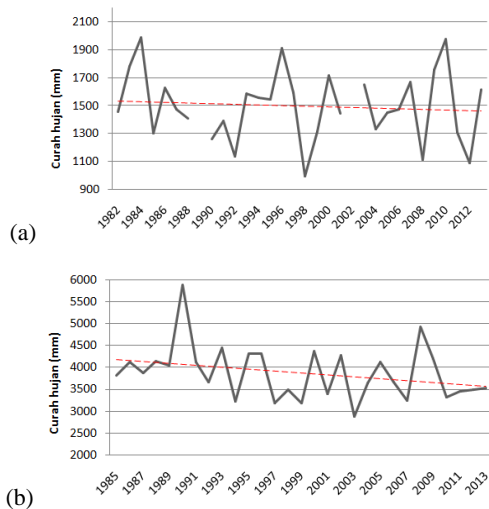
Data yang digunakan adalah data harian curah hujan hasil observasi di stasiun Sultan Iskandar Muda dan Cut Nyak Dien, mulai dari tahun 1982-2013 yang bersumber dari (<http://dataonline.bmkg.go.id/>). Selain itu data

bulanan *Historical* GCM periode Januari 1982 hingga Desember 2005 yang akan digunakan sebagai pembanding dengan data observasi dan data *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan 8.5, dan periode Januari 2014 hingga Desember 2050 untuk pembuatan proyeksi hujan yang bersumber dari

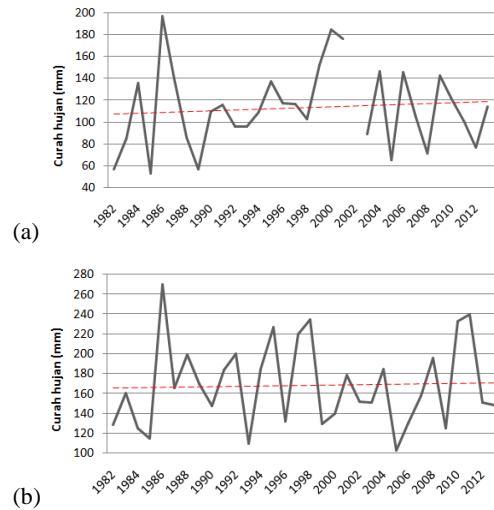
(<http://cordex-ea.climate.go.kr/>). Data diolah dengan menggunakan software *RCLimDex* untuk menentukan indeks kondisi iklim yang ditetapkan oleh ETCCDMI (*Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices*). *RCLimDex* adalah program yang dijalankan dalam software R untuk perhitungan indeks-indeks iklim. Selanjutnya akan dianalisis menggunakan metode tren yaitu arah pergerakan *time series* dalam jangka panjang, yang dapat naik ataupun turun. Selain itu untuk mengetahui bagaimana pola bulanan masing-masing data digunakan metode rata-rata. Tabel 1 menampilkan daftar indeks hujan ekstrim yang digunakan didalam penelitian ini.

III HASIL PENELITIAN

Gambar 2 menampilkan total curah hujan tahunan (PRCPTOT) pada kedua stasiun. Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa total curah hujan daerah Meulaboh lebih tinggi jika dibandingkan dengan curah hujan di daerah Banda Aceh. Terlihat pula tren penurunannya pada indeks total curah hujan setiap tahunnya. Total curah hujan tahunan di Banda Aceh tertinggi terjadi pada tahun 1984 yakni sebesar 1988 mm dan Meulaboh pada tahun 1992 sebesar 5875 mm. Hasil analisa lebih lanjut dari kedua data tersebut, terlihat pada Gambar 3 bahwa selama periode tahun 1982 hingga 2013 jumlah curah hujan maksimum 1 hari mengalami peningkatan. Curah hujan tertinggi di Banda Aceh sebesar 197 mm terjadi pada tanggal 6 Mei 1986 dan yang tertinggi kedua sebesar 185 mm yang terjadi pada tanggal 23 Nopember 2000. Untuk daerah Meulaboh nilai tertinggi adalah 270 mm pada tahun 1986.

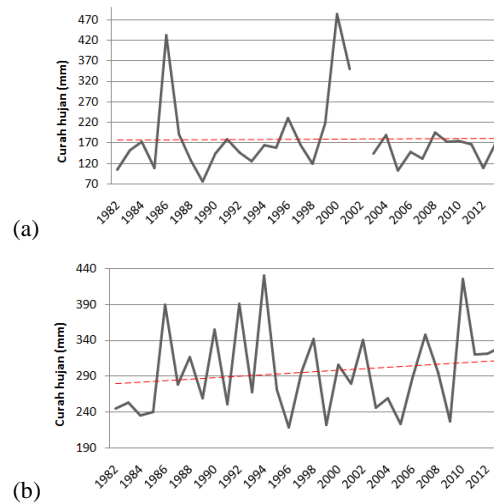


Gambar 2 Total Curah hujan tahunan pada stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh



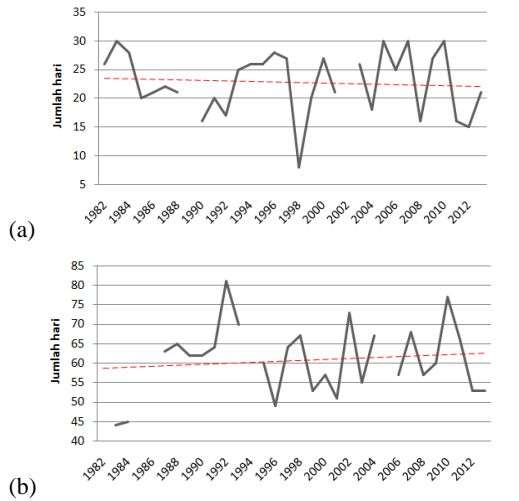
Gambar 3 Jumlah hujan maksimum dalam 1 hari pada stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh

Gambar 4 menunjukkan data jumlah hujan maksimum dalam 5 hari. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa selama periode 1982 hingga 2013 jumlah curah hujan maksimum dalam 5 hari mengalami tren peningkatan. Curah hujan tertinggi di Banda Aceh sebesar 483 mm terjadi pada tahun 2000. Meulaboh tertinggi 430 mm tahun 1994. Data jumlah hari ketika hujan ≥ 20 mm ditampilkan pada Gambar 5.



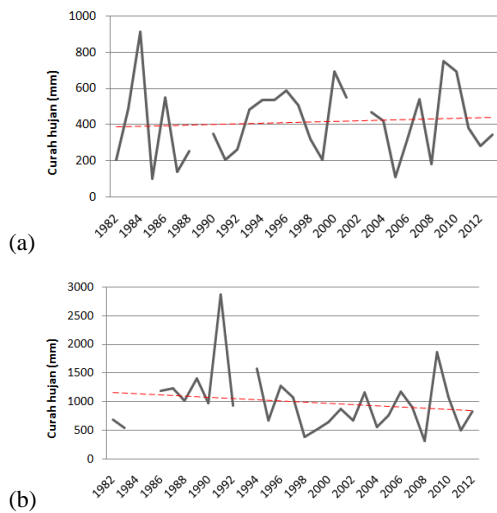
Gambar 4 Jumlah hujan maksimum dalam 5 hari di stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh

Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa terjadi tren penurunan pada indeks jumlah hari ketika curah hujan ≥ 20 mm di stasiun Sultan Iskandar Muda Banda Aceh. Sedangkan pada stasiun Cut Nyak Dien Meulaboh, indeks jumlah hari ketika curah hujan ≥ 20 mm, mengalami tren peningkatan.



Gambar 5 Jumlah hari ketika curah hujan ≥ 20 mm pada stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh

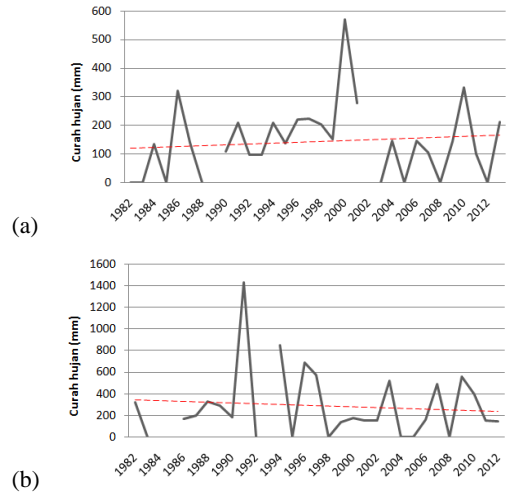
Gambar 6 menunjukkan total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan > percentile ke-95. Dari data tersebut ditunjukkan bahwa terjadi tren naik pada indeks total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan > percentile ke-95 di Banda Aceh. Hal yang berbeda terjadi penurunan tren di Meulaboh. Jumlah curah hujan diatas persentil-95 tertinggi di Banda Aceh terjadi pada tahun 1984 dengan jumlah hujan sebesar 911 mm dan Meulaboh tertinggi pada tahun 1992 berjumlah 2873 mm.



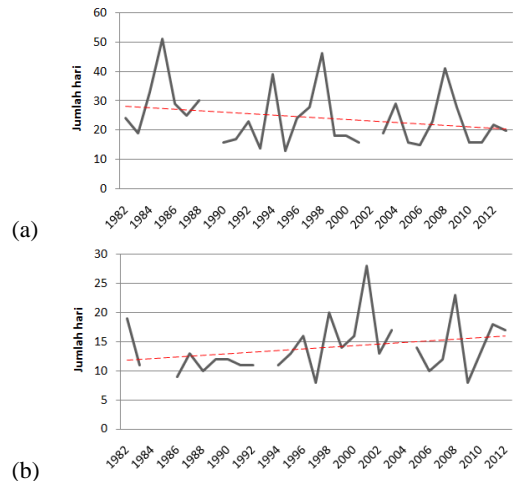
Gambar 6 Total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan > percentile ke-95 pada stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh

Seperti halnya yang terjadi pada indeks R95p, begitu juga pada indeks R99p menunjukkan bahwa Banda aceh mengalami tren peningkatan, sedangkan Meulaboh sebaliknya.

Total jumlah curah hujan dengan kategori hujan diatas persentil ke-99 tertinggi di Banda Aceh terjadi pada tahun 2000 sebesar 570 mm dan Meulaboh pada tahun 1992 berjumlah 1429 mm (Gambar 7).



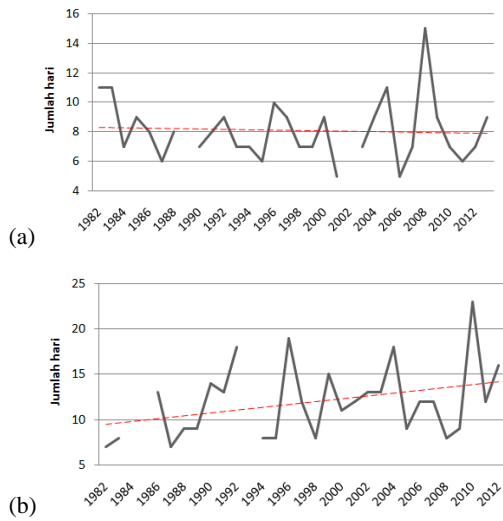
Gambar 7 Total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan > percentile ke-99 pada stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh



Gambar 8 Jumlah hari terbanyak ketika curah hujan < 1mm secara berturut-turut pada stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh

Indeks CDD didiskripsikan sebagai jumlah hari terpanjang ketika tidak terjadi hujan atau hujannya < 1 mm secara berturut-turut dalam setiap tahun atau disebut hari tanpa hujan. Gambar 8 memperlihatkan Banda Aceh mengalami tren penurunan, sedangkan Meulaboh mengalami tren peningkatan pada setiap tahunnya. Hari tanpa hujan terpanjang di Banda Aceh terjadi pada tahun 1985 selama 51 hari dan Meulaboh pada tahun 2002 selama 28 hari berturut-turut. Oleh sebab itu dapat juga disimpulkan bahwa hari tanpa hujan di Banda Aceh cenderung terakumulasi pada suatu

waktu, sedangkan Meulaboh cenderung terjadi dalam beberapa hari berturut-turut.

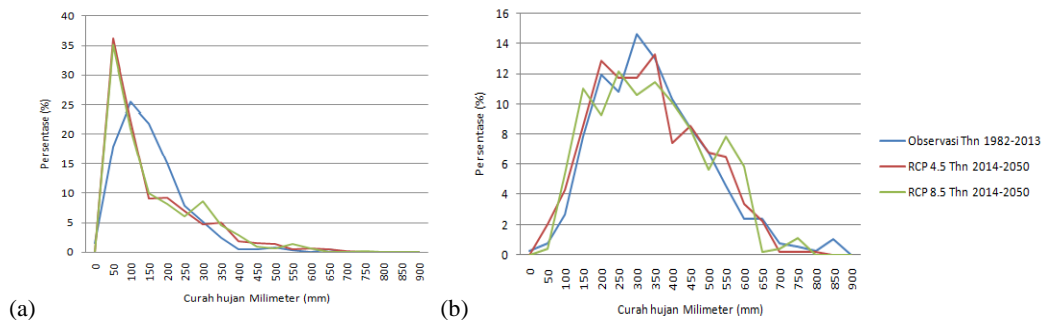


Gambar 9 Jumlah hari terbanyak ketika curah hujan ≥ 1 mm secara berturut-turut pada stasiun (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh

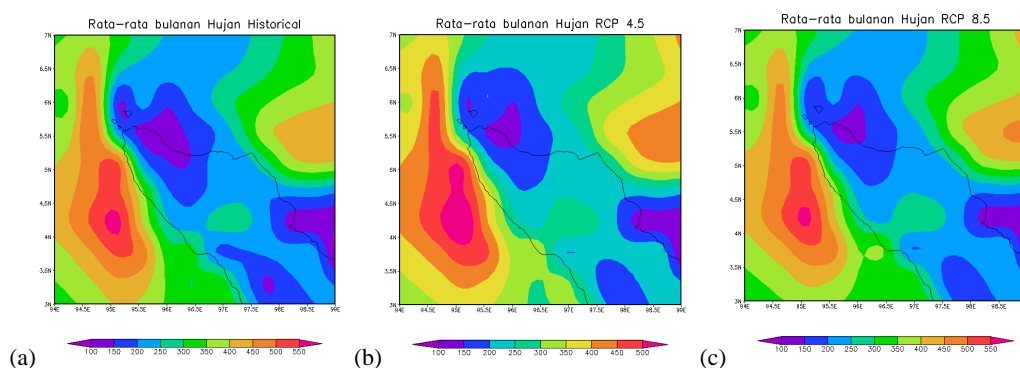
Hal yang sama dengan indeks CDD juga terlihat pada indeks CWD. Gambar 9 menunjukkan indeks CWD di Banda Aceh yang mengalami tren penurunan, sedangkan di Meulaboh mengalami tren peningkatan pada setiap tahunnya. Indeks CWD atau hari hujan terpanjang di Banda Aceh terjadi pada tahun 2008 selama 15 hari dan Meulaboh pada tahun 2011 selama 23 hari secara berturut-turut. Oleh sebab itu dapat juga disimpulkan bahwa hari hujan di Banda Aceh cenderung terakumulasi pada suatu waktu, sedangkan di Meulaboh cenderung terjadi dalam beberapa hari berturut-turut. Secara sederhana, kenaikan suhu bumi sebagai akibat dari pemanasan global akan

menyebabkan curah hujan yang turun di daerah tropis cenderung berkurang.

Akan tetapi curah hujan akan menjadi lebih lebat dan dalam periode waktu yang lebih pendek atau dengan kata lain intensitas hujan yang turun menjadi lebih besar. Curah hujan di wilayah Banda Aceh dan Meulaboh selama periode 1982-2013 cenderung mengikuti tren tersebut. Analisis- analisis tren indeks hujan ekstrim yang menunjukkan hal tersebut antara lain bahwa tren jumlah curah hujan tahunan (PRCPTOT) cenderung mengalami penurunan. Sedangkan jumlah curah hujan maksimum dalam satu dan lima hari (Rx1day, Rx5day) cenderung mengalami peningkatan. Kecenderungan penurunan jumlah curah hujan di daerah tropis ini disebabkan karena bertambah luasnya daerah tropis atau terbentuknya daerah tropis baru sementara jumlah uap air sebagai pembentuk curah hujan jumlahnya relatif tetap, seperti hasil analisis [7]. Penurunan curah hujan tahunan juga sangat signifikan terjadi pada saat munculnya fenomena atmosfer global: dipole mode positif (DMI+) tahun 1994 dan El Nino 1997, yang pada dasarnya kedua fenomena atmosfer tersebut menggambarkan pengaruh suhu permukaan laut khususnya yang berada di Samudera Hindia terhadap curah hujan di wilayah Aceh. Perubahan-perubahan indeks curah hujan ekstrim yang terjadi di wilayah Aceh tidak terlepas dan adanya variabilitas pola sirkulasi atmosfer pada skala 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. Perlu adanya kajian lanjutan untuk memahami hal tersebut



Gambar 10 Frekuensi Curah hujan pada (a) Banda Aceh dan (b) Meulaboh



Gambar 11 Rata-rata spasial curah hujan (a) Historical (b) RCP 4.5 dan (c) RCP 8.5

Gambar 10 menunjukkan Banda Aceh mengalami penurunan variasi hujan namun meningkat pada frekuensinya, sedangkan Meulaboh terjadi peningkatan variasi hujan namun turun frekuensi rata-rata curah hujannya. Pada gambar 12 terlihat intensitas curah hujan tertinggi (250–400) milimeter berada pada wilayah Aceh bagian barat dan untuk curah hujan intensitas terendah (0–200) milimeter berada pada Aceh bagian utara. Gambar 11 menunjukkan rata-rata spasial curah hujan historis, RCP 4.5 dan RCP 8.5

KESIMPULAN

Hasil kajian curah hujan dari stasiun Sultan Iskandar Muda Banda Aceh dan stasiun Cut Nyak Dien Meulaboh menunjukkan penurunan tren pada indeks total curah hujan tahunan (PRCPTOT), sedangkan peningkatan terjadi pada indeks RX1day, RX5day. Stasiun Sultan Iskandar Muda yang memiliki pola hujan musonal menunjukkan tren peningkatan pada indeks hujan sangat lebat(R95p) dan ekstrim(R99p) sedangkan tren penurunan pada indeks R20mm, serta terindikasi bahwa hari hujan (CWD) dan hari tanpa hujan (CDD) cenderung terakumulasi pada suatu waktu. Stasiun Meulaboh yang memiliki tipe hujan ekuatorial menunjukkan penurunan tren pada indeks hujan sangat lebat(R95p) dan ekstrim(R99p) sedangkan terjadi peningkatan tren pada indeks R20mm, serta terindikasi bahwa hari hujan (CWD) dan hari tanpa hujan (CDD) terjadi dalam beberapa hari berturut-turut. Hasil proyeksi RCP 4.5 dan 8.5 tahun 2014-2050 di Banda Aceh mengalami penurunan variasi hujan namun meningkat pada frekuensinya, sedangkan Meulaboh terjadi peningkatan variasi hujan namun turun frekuensi rata-rata curah hujannya.

REFERENSI

1. Lutgens. F.K. and Tarbuck. E.J. 2004. *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology*. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
2. Ratag, M.A., Halimurrahman, Juaeni, I., Siswanto, B., dan N., Adikusumah. 2002. *Perubahan Iklim : Basis Alamiah dan Dampaknya*. Bandung, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
3. IPCC, 2013. *Climate Change*. World Meteorological Organization. Switzerland.
4. Nuraini, Ida Sartika. 2014. *Analisis dan Proyeksi Trend Temperatur dan Curah Hujan untuk Mendeteksi Perubahan Iklim (Studi Kasus Provinsi Kalimantan Barat)*. STMKG, Tangerang Selatan.
5. Sulistya, W., Swarinoto, T.S., Zakir, A., Riyanto, H., dan B., Ridwan. 1998. *The Impact of El Nino 1997/98 over Indonesia Region*. Jakarta: *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, No 4, Desember.
6. Zhang, X., and Feng Yang, 2004. *RClimDex User Manual*. Climate Research Branch, Environment Canada, Downsview, Ontario, Canada.
7. Aldrian, E., 2007 *Perubahan iklim global dan dampak terhadap iklim benua mantim di laut dan di daratan* Prosiding Jumal Club Tahun 2007. Badan Meteorologi dan Geofisika. ISBN:978-979-1241-11-3