

Analisis Statistik Ekstrim Kehujanan Menggunakan Data Hujan dari Model Iklim Serantau.

NUR SYAHEERA BINTI ATAN
Kolej Universiti Islam Antarabangsa Selangor
syaheera@kuis.edu.my

ABSTRAK

Perubahan iklim yang berlaku seperti perubahan musim, keadaan cuaca melampau mempunyai risiko untuk berlakunya bencana. Analisis yang tepat sesuatu keadaan cuaca seringkali mengalami masalah atas ketiadaan data cerapan bagi semua tempat di sesebuah kawasan. CORDEX-*Southeast Asia* (SEACLID) telah menghasilkan model RCM IPSL-CM5A-LR bagi menganggar amaun hujan pada resolusi yang lebih tinggi. Justeru, model IPSL-CM5A-LR digunakan untuk mencapai objektif pertama iaitu membandingkan data model yang dijana pada grid bersaiz 0.25° dengan data cerapan hujan bagi 5 stesen di negeri Pahang. Objektif kedua yang digariskan adalah untuk mengkaji keberkesanan pembetulan pincang model dalam menganggar amaun hujan manakala objektif ketiga bertujuan mengesan sebarang perubahan dalam trend bagi indeks kehujanan ekstrim yang dikenalpasti menerusi ETCCDI. Dapatan kajian menunjukkan model IPSL-CM5A-LR dapat menganggar amaun hujan lebih baik setelah pembetulan pincang dilaksanakan selain daripada terdapat beberapa indeks kehujanan ekstrim ETCCDI yang dikenalpasti mempunyai trend menokok.

Kata kunci: Perubahan Iklim, Kehujanan Ekstrim, Model Iklim Serantau, Pembetulan Pincang

ABSTRACT

Climate changes due to seasonal changes have a high-risk occurrence of disaster. Accurate analysis regarding to the climate having problems because of lacking in observation data in all areas. CORDEX-*Southeast Asia* (SEACLID) has introduced RCM IPSL-CM5A-LR model to simulate rainfall data in high resolution. Thus, IPSL-CM5A-LR model will be used to achieve objective one which is to compare gridded size of 0.25° simulation data with rainfall observation data for the five hidrological stations in Pahang. Objective two is to analyse model's bias correction in rainfall simulation while objective three aims to analyse trend in ETCCDI indexes of extreme rainfall. The results show that IPSL-CM5A-LR model simulates rainfall better after the bias correction and there are positive trends found in several ETCCDI indexes.

Keywords: Climate Change, Extreme Rainfall, Regional Climate Model, Bias Correction

PENGENALAN

Perubahan iklim adalah suatu fenomena yang menjadi perhatian umum dan menjadi tarikan kepada para penyelidik untuk menggali ilmu kaji cuaca dengan lebih terperinci. Perubahan yang berlaku seperti perubahan musim, keadaan cuaca melampau mempunyai risiko untuk berlakunya bencana seperti kejadian banjir, kemarau dan ribut. Oleh yang demikian, Pertubuhan Meteorologi Sedunia (WMO) telah mencadangkan perlunya sistem amaran awal bagi mengesan perubahan iklim yang luar biasa dan perubahan cuaca ekstrim bagi menambah baik pengurusan risiko perubahan iklim (Giorgi 2009).

Analisis yang tepat berkenaan sesuatu keadaan cuaca seringkali mengalami masalah atas ketiadaan data cerapan bagi semua tempat di sesebuah kawasan. Oleh yang demikian, beberapa kaedah telah dilaksanakan oleh badan pemantauan iklim dunia untuk menghasilkan data yang mungkin berdasarkan model cuaca sesuatu tempat. CORDEX yang dibina pada tahun 2009 adalah sebuah organisasi yang menjalankan penyelidikan dalam perubahan iklim dengan kerjasama penyelidik di seluruh dunia. CORDEX memperkenalkan 14 rantau (*Domain*) di seluruh dunia. Malaysia adalah sebahagian daripada rantau Asia Tenggara yang dikenali sebagai CORDEX-*Southeast Asia* (SEACLID). Penyelidik di setiap rantau perlu menghasilkan Model Iklim Rantau (RCM) bersesuaian mengikut rantau masing-masing. Setiap rantau yang diperkenalkan CORDEX akan menghasilkan model RCM berbeza. RCM dihasilkan dengan melakukan beberapa teknik penskalaan iklim serantau dengan mempertimbangkan penggabungan Model Iklim Global (GCM) dan beberapa faktor lain.

Model iklim seperti GCM banyak digunakan untuk mengkaji ramalan perubahan iklim bagi kawasan 100 km persegi. Kajian berskala besar ini berpotensi mencerap pelbagai kejadian ekstrim seperti banjir dan kemarau bagi sesebuah negara. Walau bagaimanapun, maklumat yang diberikan oleh GCM berskala global. RCM merupakan salah satu model yang mempunyai skala lebih kecil bagi mengesan perubahan iklim. Bagi menganggar amaun hujan pada resolusi yang lebih tinggi, Model Iklim Rantau (RCM) grid 25km digunakan di dalam kaji cuaca ini.

Selain model RCM, CORDEX menghasilkan Unjuran Iklim Rantau (RCP – *Representative Concentration Pathways*). RCP merupakan unjuran iklim rantau yang dibina bagi menilai perubahan iklim akan datang. Terdapat 4 senario unjuran yang diperkenalkan oleh CORDEX iaitu RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 dan RCP 8.5 yang melambangkan kepekatan dan senario GHG yang berbeza. Terdapat dua senario unjuran iklim rantau yang digunakan dalam kajian ini iaitu RCP 4.5 dan RCP 8.5. Kedua-dua unjuran ini disediakan oleh CORDEX-*Southeast Asia* (SEACLID) iaitu sebuah organisasi yang menguruskan, memperbaiki dan menghasilkan pemantauan perubahan iklim beresolusi tinggi dalam skala rantau. Setiap unjuran senario RCP yang dipilih mewakili kemungkinan julat keadaan perubahan yang sederhana (RCP 4.5) dan tertinggi (RCP 8.5) pada masa hadapan berdasarkan pelepasan GHG sektor perindustrian dan peratusan penerokaan tanah yang berbeza-beza. RCP 2.6 merupakan unjuran senario peratusan penerokaan tanah dan pelepasan GHG yang paling rendah manakala RCP 8.5 merupakan unjuran senario peratusan penerokaan tanah dan pelepasan GHG yang paling tinggi.

RCM yang bertindak menganggar amaun hujan masih mempunyai ralat dan pincang dalam output kaji cuaca yang dihasilkan. Menurut Themebl et al. (2010) dan Ahmed et al. (2012), Model Iklim Rantau masih memerlukan pembetulan pincang sebagai input kepada model impak. Secara umumnya, terdapat pelbagai kaedah pembetulan pincang bagi menambah baik simulasi hidrologi seperti Kaedah Perubahan Delta, Penskalaan Linear, Penskalaan Keamatan Tempatan, Penskalaan Varians dan Pemetaan Taburan Kuantil. Langkah mengurangkan pincang data akan memberi kesan optimum untuk mendapatkan amaun anggaran hujan daripada model yang lebih menghampiri nilai sebenar.

Hasil kajian penting bagi mengesan perubahan iklim yang spesifik dan sebagai strategi pengurusan risiko cuaca melampau. Bagi mendapatkan maklumat iklim dan analisa cuaca yang efektif dan tepat di sesuatu kawasan, data cuaca dari berbagai stesen cerapan hujan yang lengkap dan terperinci digunakan. Kedua-dua data dari sumber RCM dan cerapan akan dibandingkan dalam kajian ini.

PENYATAAN MASALAH

Perubahan iklim dan pemanasan global semakin rancak menjadi topik perbincangan dewasa ini. Impak perbuatan manusia terhadap alam sekitar adalah isu utama yang dibangkitkan dalam pemahaman umum berkenaan perubahan iklim. Pelepasan gas rumah hijau terutamanya menjadi punca pemanasan global berlaku rentetan daripada penerokaan dan penebangan hutan. Impak tersebut menyebabkan penduduk makin kerap menghadapi bencana alam seperti banjir, ribut, cuaca panas dan kemarau. Perubahan boleh berlaku dari segi perubahan musim, keadaan cuaca melampau atau mana-mana bahagian iklim seperti suhu, kepanasan cahaya matahari, kelembapan atau angin. Bencana seperti kejadian banjir, kemarau dan ribut boleh berlaku lebih kerap dan boleh memberikan kesan kepada ekonomi negara, kehilangan harta benda dan kematian.

Ramalan perubahan cuaca masa hadapan begitu penting untuk memastikan penduduk lebih bersedia untuk berhadapan dengan bencana seperti ini. Hal ini boleh dilaksanakan dengan mengetahui amaun taburan hujan dan seterusnya mengenal pasti trend beberapa indeks keuhujanan ekstrim. Model iklim seperti Model Iklim Global (GCM) banyak digunakan untuk mengkaji ramalan perubahan iklim bagi kawasan 100km persegi. Bagi menganggar amaun hujan pada resolusi yang lebih tinggi, Model Iklim Rantau (RCM) grid 25km digunakan di dalam kaji cuaca ini. RCM adalah model yang sesuai dalam mengenal pasti perubahan iklim pada skala yang lebih kecil. Walau bagaimanapun, RCM masih mempunyai ralat dalam menganggar amaun hujan. Bagi mengurangkan julat ralat tersebut, pembedahan pincang boleh dilakukan. Penyelidikan yang akan dijalankan akan membandingkan data dari model RCM dengan data lepas dari model cerapan amaun hujan sebelum mengenal pasti ralat di antara kedua-dua data tersebut sebelum dan selepas pembedahan bias dilakukan. Seterusnya, trend bagi indeks keuhujanan ekstrim yang dikenal pasti oleh ETCCDI akan dikesan.

Terdapat tiga objektif yang digariskan dalam kajian ini iaitu:

- i. Membandingkan data model yang dijana pada grid bersaiz 0.25° dengan data cerapan hujan bagi 5 stesen di Pahang.
- ii. Mengkaji keberkesanan pembedahan pincang model dalam menganggar amaun hujan.
- iii. Mengesan sebarang perubahan dalam trend bagi indeks keuhujanan ekstrim yang dikenalpasti ETCCDI.

SOROTAN KAJIAN

Unjuran yang tepat mengenai iklim masa depan adalah penting untuk kesihatan ekosistem, ekonomi, dan masyarakat. Banyak kajian terdahulu menggunakan Model Iklim Global (GCM) untuk menganggarkan iklim masa hadapan. Namun, Model Iklim Rantau (RCM) banyak digunakan untuk membuat unjuran iklim masa hadapan pada skala serantau dan tempatan kerana GCM tidak mampu menyelesaikan masalah iklim berskala lebih kecil. Menurut Mehran et al. (2014), kebanyakan model GCM kurang berkesan menganggar amaun hujan di kawasan

yang mempunyai topografi kompleks. Oleh yang demikian, RCM pada resolusi grid 25km digunakan dalam kajian data kaji cuaca ini.

Kesesuaian model RCM menganggar amaun hujan bagi mewakili amaun hujan serantau dinilai bagi membolehkan unjuran iklim akan datang dianggarkan. Desari et al. (2014) dan Bucchignani et al. (2014) telah menggunakan kaedah min pincang, min ralat mutlak dan punca min kuasa dua dalam kajian mereka berkaitan perbandingan perubahan iklim data grid model dan data stesen cerapan. Tambahan lagi, Ngai et al. (2020) turut menggunakan pekali korelasi dan punca min ralat kuasa dua dalam penyelidikannya.

Ralat atau pincang merupakan perbezaan nilai sebenar dan nilai yang dikenal pasti daripada sesuatu pengukuran. Ralat sistematik terhasil daripada kelemahan pengukuran yang tidak tepat menggunakan alat ketika pengukuran dilaksanakan. Model Iklim Rantau menghasilkan output anggaran hujan yang masih mempunyai ralat disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Wilcke (2014) di dalam buku yang ditulis oleh Ngai et al. (2020), terdapat pelbagai faktor penyumbang ralat sistematik berlaku dalam model RCM seperti pemparameteran fizikal yang diperlukan, keadaan sempadan sisi yang tidak terajuri dan proses-proses lain yang tidak dapat disempurnakan. Pembetulan pincang dilakukan untuk mengurangkan berlakunya pincang dalam penganggaran hujan. Menurut Themebl et al., (2010) dan Ahmed et al. (2012), Model Iklim Rantau masih memerlukan pembetulan pincang sebagai input kepada model impak.

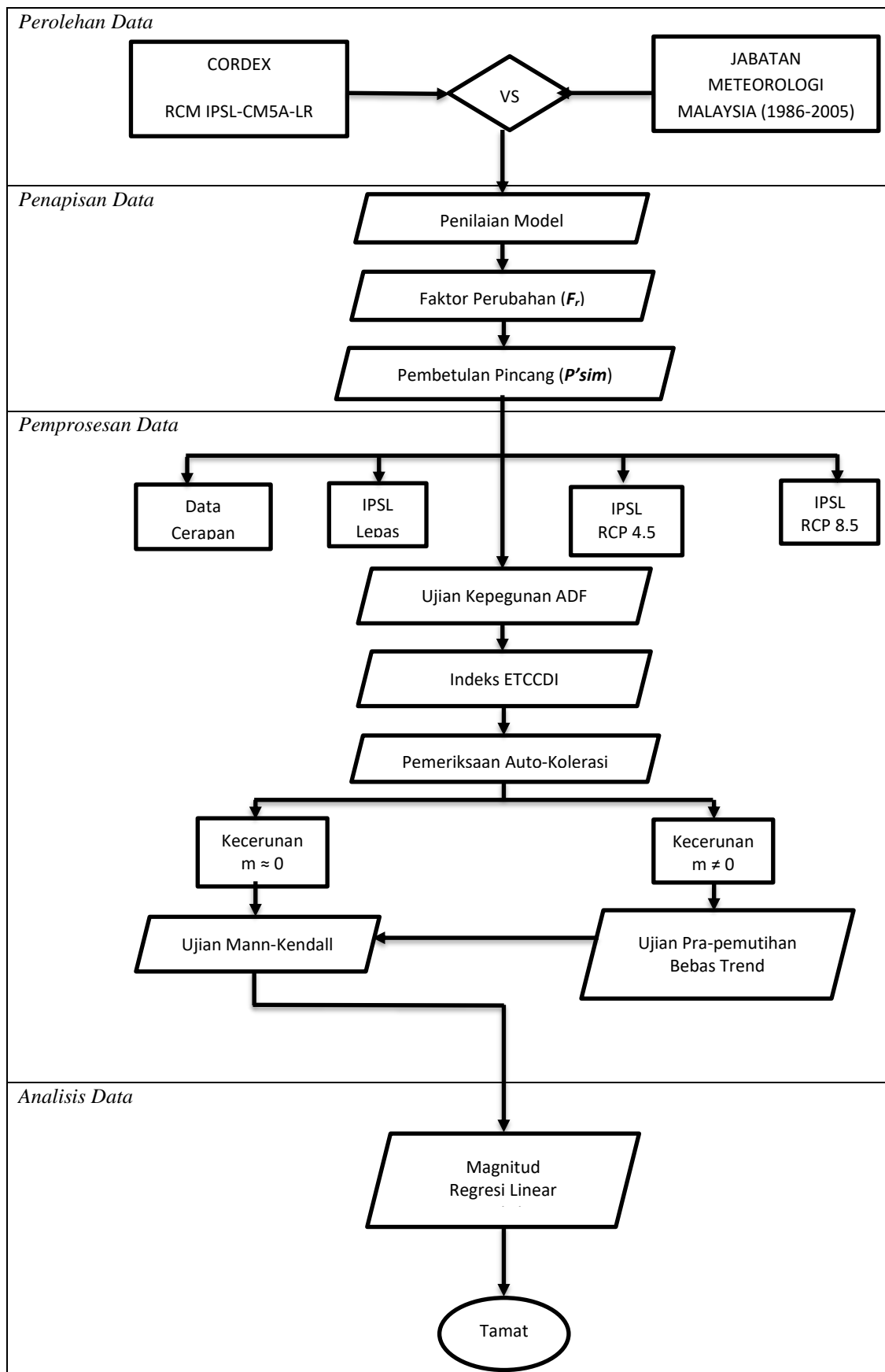
Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDI) telah memperkenalkan beberapa indeks keujanan ekstrim untuk digunakan dalam kajian perubahan iklim. Indeks ETCCDI yang dibina merangkumi indeks berkaitan pengesanan perubahan iklim yang membekalkan indeks berdasarkan penyelarasan antarabangsa. Terdapat 27 indeks iklim melampau yang dicipta berkaitan suhu dan data kerpasan. Indeks ETCCDI ini banyak digunakan dalam kajian keujanan ekstrim. Penyelidikan perubahan cuaca ekstrim adalah penting bagi mengesan sebarang perubahan trend. Menurut Ngai et al. (2020), indeks ETCCDI banyak digunakan oleh saintis seperti Cannon et al. (2015) dan Dosio (2016) dalam kajian penyelidikan mereka. Menurut Chandler & Scott (2011), analisis trend ialah satu kajian yang menggunakan pendekatan empirikal untuk menghitung dan menerangkan perubahan dalam sistem pada sesuatu tempoh masa tertentu. Antara tujuan lain dalam menggunakan analisis trend adalah untuk menjelaskan tingkah-laku data siri masa lalu terhadap sesuatu peristiwa yang ingin dikaji.

Ujian Mann-Kendall telah diperkenalkan oleh Mann (1945) dan diolah oleh Kendall (1975). Ujian ini merupakan salah satu ujian tak berparameter yang sering digunakan oleh penyelidik dalam menganalisis trend. Ujian ini sesuai digunakan dalam menentukan trend ekanada, iaitu trend menokok atau menyusut secara konsisten. Selain itu, ujian ini tidak memerlukan maklumat berkaitan jenis taburan bagi populasi kajian. Kebiasaannya, data meteorologi tidak memenuhi andaian normal, secara tidak langsung menjadi pilihan para penyelidik dalam mengaplikasi ujian Mann-Kendall dalam kajian dan penyelidikan mereka.

METODOLOGI

Kajian ini menggunakan set data yang diperoleh daripada Jabatan Meteorologi Malaysia sebagai data cerapan amaun hujan harian. Kawasan kajian hanya tertumpu di negeri Pahang iaitu negeri yang kerap berhadapan dengan bencana banjir. Sebanyak lima buah stesen hidrologi sekitar negeri Pahang dipilih untuk kajian ini dan dinyatakan dalam Jadual 1. Stesen-stesen terpilih merupakan stesen yang masih aktif beroperasi dan juga mempunyai data hujan selama 20 tahun bermula dari tahun 1986 hingga 2005. Metodologi yang digunakan dalam kajian ini diperincikan dalam carta alir Rajah 1.

Rajah 1: Carta Alir Kajian



Jadual 1: Nama stesen serta kedudukan geografi (latitud dan longitud)

No	Nama stesen	Latitud	Longitud
1	P.P. Tanaman Kampong Awah	3.48°	102.52°
2	Felda Kampong New Zealand	3.64°	102.86°
3	Felda Sungai Pancing Selatan	3.80°	103.17°
4	Kuantan	3.76°	103.21°
5	Mardi Sungai Baging	4.08°	103.39°

ANALISIS DAN HASIL DAPATAN

Model IPSL-CM5A-LR disesuaikan dengan membandingkan data Model IPSL-CM5A-LR dengan data cerapan bagi lima stesen yang terdapat di sekitar Pahang. Data-data amaun hujan ini melalui proses analisis pincang dan ralat bagi mengenalpasti kesesuaian model tersebut menganggar amaun hujan. Terdapat beberapa kaedah analisis pincang dan ralat yang digunakan dalam kajian ini bagi menilai prestasi model IPSL-CM5A-LR. Analisis ralat dan pincang yang digunakan adalah min pincang, min ralat mutlak dan punca min ralat kuasa dua. Dapatan analisis diperincikan dalam Jadual 2.

Jadual 2: Analisis pincang dan ralat amaun hujan harian bagi tahun 1986 hingga 2005 di setiap stesen kawasan kajian

	P.P. Tanaman Kampong Awah	Felda Kampong New Zealand	Felda Sungai Pancing Selatan	Kuantan	Mardi Sungai Baging
Min pincang	-0.35	-0.99	-3.77	-5.27	-4.55
Min ralat mutlak	7.74	8.08	9.87	9.09	8.69
Punca min ralat kuasa dua	13.87	14.94	20.76	23.16	21.59

Berdasarkan Jadual 2, Min pincang (MBE) bagi stesen P.P. Tanaman Kampong Awah menunjukkan min pincang terendah iaitu -0.35 berbanding stesen-stesen yang lain. Manakala, stesen Kuantan mencatat min pincang tertinggi dengan nilai -5.27. Bagi min ralat mutlak, stesen P.P. Tanaman Kampong Awah turut mencatat nilai terendah dengan nilai 7.74 berbanding nilai min ralat tertinggi di stesen Felda Sungai Pancing Selatan. Punca min ralat kuasa dua pula mencatat nilai terendah di stesen P.P. Tanaman Kampong Awah iaitu sebanyak 13.87 berbanding nilai punca min ralat kuasa dua tertinggi di stesen Kuantan iaitu sebanyak 23.16. Berdasarkan nilai yang diperolehi, model IPSL-CM5A-LR didapati menganggar amaun hujan dengan ralat dan pincang yang lebih rendah di stesen P.P. Tanaman Kampong Awah berbanding stesen-stesen yang lain.

Walau bagaimanapun, Model Iklim Rantau menghasilkan output anggaran hujan yang masih mempunyai ralat disebabkan oleh beberapa faktor. Pembetulan pincang dilakukan untuk mengurangkan berlakunya pincang dalam penganggaran hujan. Kaedah pemetaan kuantil dipilih bagi mengurangkan ralat bentuk taburan data yang dimodelkan. Data purata hujan bulanan bagi semua stesen dan jumlah hujan bulanan bagi bulan tertentu dikira. Faktor perubahan dikenalpasti untuk digunakan dalam penyesuaian nilai yang dimodelkan menggunakan persamaan $F_r = P_{obs}(r) / P_{sim}(r)$. Faktor perubahan diperolehi daripada hasil bahagi data cerapan dengan data simulasi dalam kuantil yang sama. Faktor perubahan tersebut seterusnya didarabkan dengan data yang dimodelkan daripada kuantil serupa yang berada di luar tempoh rujukan menggunakan persamaan $P'_{sim}(r) = F_r \times P_{sim}(r)$. P_{obs}

merupakan data cerapan hujan, P_{sim} adalah data simulasi hujan sebelum pembedulan pincang, P'_{sim} merupakan data simulasi hujan selepas pembedulan pincang manakala r adalah r kuantil dalam pertimbangan. Data amaun hujan bulanan bagi model IPSL-CM5A-LR RCP 8.5 kemudiannya dianalisis dengan kaedah statistik min pincang, min ralat mutlak dan punca min ralat kuasa dua.

Jadual 3: Perbandingan ralat dan pincang model sebelum dan selepas pembedulan pincang

Model IPSL-CM5A-LR RCP 8.5	Min pincang	Min ralat mutlak	Punca min ralat kuasa dua
Sebelum pembedulan pincang	-79.01	105.39	148.92
Selepas pembedulan pincang	6.174	10.41	18.04

Berdasarkan Jadual 3, dapatan analisis min pincang, min ralat mutlak dan punca min ralat kuasa dua bagi data model dapat dilihat sebelum dan selepas pembedulan pincang dilakukan. Min pincang bagi data model sebelum pembedulan pincang adalah -79.01. Walau bagaimanapun, nilai min pincang selepas pembedulan adalah jauh lebih baik dengan mencatat nilai 6.174. Nilai min ralat mutlak dan punca min ralat kuasa dua juga menunjukkan penambahbaikan yang ketara. Dapatan ini merumuskan bahawa prestasi model selepas pembedulan pincang bertambah baik dan menghasilkan data model yang lebih baik.

Seterusnya, analisis trend kehujanan ekstrim dilakukan melalui perisian RClimDex. Pendekatan nilai purata digunakan bagi mewakili amaun hujan kelima-lima stesen hidrologi. Data hujan yang terdiri daripada amaun hujan harian data cerapan, data grid IPSL-CM5A-LR, data unjuran RCP 4.5 dan data unjuran RCP 8.5 bermula 1986 hingga 2050 telah diindekskan menggunakan indeks ETCCDI (*Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices*). Terdapat 27 indeks iklim melampaui berkaitan suhu dan data kerpasan, tetapi hanya 7 indeks digunakan dalam kajian ini iaitu indeks yang berkaitan dengan data kerpasan. Analisis trend kemudiannya dilakukan ke atas data yang telah diindekskan. Namun, data yang digunakan perlu dipastikan tiada korelasi yang wujud bagi menghasilkan analisis trend yang lebih tepat. Data indeks kehujanan ekstrim seterusnya melalui Ujian Pra-Pemutihan Bebas Trend bagi menyingkirkan pengaruh autokorelasi dalam data. Bagi data yang mempunyai korelasi yang signifikan, pembedulan data perlu dilakukan. Data indeks ETCCDI yang tiada korelasi dan data indeks yang telah disingkirkan auto-korelasi kemudiannya diuji menggunakan Ujian Mann-Kendall dan regresi linear.

Jadual 4: Nilai β_1 dan nilai-p statistik-t regresi linear bagi indeks ETCCDI

Indeks ETCCDI	Cerapan	IPSL-CM5A-LR		
		Lepas	Unjuran 4.5 Unjuran 8.5	
Jumlah hujan tahunan	-	-	5.754 (0.003)	5.754 (0.003)
Bilangan hari dengan amaun hujan harian melebihi 10 mm	-	-	0.2547 (0.0095)	0.2547 (0.0085)
Bilangan hari dengan amaun hujan harian melebihi 20 mm	-	-	0.0639 (0.0540)	0.0639 (0.0540)
Amaun hujan harian melebihi purata persentil 95 semasa sesuatu rentetan basah	-	-	3.551 (0.0156)	3.594 (0.0144)

Amaun hujan harian melebihi purata persentil 99 semasa sesuatu rentetan basah	-	-	2.1 (0.0307)	-
Amaun hujan maksimum sehari	-	-	-	-
Amaun hujan maksimum dalam jangka masa 5 hari	-	-	-	-

Berdasarkan Jadual 4, nilai- p pengujian statistik-t dan nilai β_1 dapat dilihat sebagai dapatan kepada pemodelan regresi linear yang dijalankan terhadap nilai indeks ETCCDI. Kebanyakan indeks ETCCDI kehujanan ekstrim merekod nilai- p yang bererti kecuali bagi indeks bilangan hari dengan amaun hujan harian melebihi 20 mm bagi kedua-dua data senario RCP 4.5 dan RCP 8.5. Walaupun terdapat trend wujud dikenalpasti melalui ujian Mann-Kendall, analisis pemodelan regresi linear menunjukkan tiada trend menokok atau menyusut dikenalpasti. Oleh yang demikian, tiada trend wujud bagi indeks tersebut. Bagi indeks ETCCDI kehujanan ekstrim yang merekod nilai- p yang bererti, β_1 didapati positif. Oleh yang demikian, dapat dirumuskan bahawa indeks ETCCDI tersebut mempunyai trend menokok.

KESIMPULAN DAN CADANGAN

Kajian ini telah dijalankan dengan membandingkan data cerapan amaun hujan harian dan data model RCM IPSL-CM5A-LR bagi melihat kesesuaian model RCM menganggar amaun hujan di negeri Pahang. Model RCM IPSL-CM5A-LR adalah model yang dihasilkan melalui simulasi. Berdasarkan nilai yang diperolehi, model IPSL-CM5A-LR didapati menganggar amaun hujan dengan menghasilkan ralat dan pincang yang paling rendah di stesen P.P. Tanaman Kampong Awah berbanding stesen-stesen yang lain. Model IPSL-CM5A-LR bagi stesen tersebut mencatat ralat dan pincang terendah bagi ketiga-tiga nilai min pincang, min ralat mutlak dan nilai ralat punca kuasa dua min. Seterusnya, proses pembetulan pincang melibatkan proses penskalaan semula output model IPSL-CM5A-LR dijalankan melalui kaedah pemetaan kuantil dengan tujuan mengurangkan kesan ralat sistematik dalam model IPSL-CM5A-LR. Faktor perubahan dikira untuk digunakan dalam penyesuaian nilai yang dimodelkan. Data amaun hujan bulan tertentu bagi model IPSL-CM5A-LR RCP 8.5 sebelum dan selepas pembetulan pincang kemudiannya dianalisis dengan kaedah statistik min pincang, min ralat mutlak dan punca min ralat kuasa dua. Dapatan kajian merumuskan bahawa pembetulan pincang mampu menurunkan ralat dan pincang model dengan ketara dan membuktikan prestasi model bertambah baik selepas pembetulan pincang dijalankan.

Kajian ini juga telah menggunakan 7 indeks ETCCDI bagi mengesan kewujudan sebarang trend amaun hujan melampau sepanjang tahun kajian. Analisis Mann-Kendall dan regresi linear digunakan untuk mengenal pasti sebarang trend yang wujud dalam indeks ETCCDI. Hasil kajian mendapati tiada sebarang trend yang wujud bagi indeks kehujanan ekstrim data cerapan dan data lepas model IPSL-CM5A-LR. Walau bagaimanapun, bagi indeks kehujanan ekstrim senario RCP unjuran 4.5, terdapat 4 daripada 7 indeks menunjukkan trend menokok iaitu bagi indeks jumlah hujan tahunan, indeks bilangan hari dengan amaun hujan harian melebihi 10 mm, indeks amaun hujan harian melebihi purata persentil 95 semasa sesuatu rentetan basah dan indeks amaun hujan harian melebihi purata persentil 99 semasa sesuatu rentetan basah. Bagi indeks kehujanan ekstrim senario RCP unjuran 8.5, terdapat 3 daripada 7 indeks menunjukkan trend menokok iaitu bagi indeks jumlah hujan tahunan, indeks bilangan hari dengan amaun hujan harian melebihi 10 mm dan indeks amaun hujan harian melebihi purata persentil 95 semasa sesuatu rentetan basah.

Secara keseluruhan, dapatan kajian dapat merumuskan model IPSL-CM5A-LR dapat menganggar amaun hujan lebih baik setelah pembetulan pincang dilaksanakan selain daripada membuktikan kebarangkalian lebih tinggi peristiwa ekstrim berlaku pada masa hadapan jika

senario pelepasan GHG dan peraturan penerokaan tanah mencapai tahap yang dijangkakan bagi senario unjuran 8.5.

Rujukan

- Ahmad Susanto, Teori Belajar Dan Pembelajaran Di Sekolah Dasar,(Jakarta: Kencana Prenada Media Group, 2013). 2015. No Title Preparation of Activated Carbon from Furfural Residues by Phosphorical Acid Activation.*Biomass Chem Eng* 49(23–6): 22–23.
- Berenson, M. L., Levine, D. M. & Krehbiel, T. C. 2012. Basic business statistics : concepts and applications. New Jersey: Prentice Hall.
- Boer, R., Aldrian, E. & Latifah, A.L. 2019. Comparison Performance of the Multi-Regional Climate Model (RCM) in Simulating Rainfall and Air Temperature in Batanghari Watershed Comparison Performance of the Multi-Regional Climate Model (RCM) in Simulating Rainfall and Air Temperature in Batanghari Watershed(July).
- Change, C. (n.d.). Probability Distributions for a Quantile Mapping Technique for a Bias Correction of Precipitation Data : A Case Study to Precipitation Data Under.
- Climate, P., Consortium, I. & Columbia, B. 2015. Bias Correction of GCM Precipitation by Quantile Mapping: How Well Do Methods Preserve Changes in Quantiles and Extremes?(2012): 6938–6959.
- Duzenli, E., Tabari, H., Willems, P. & Yilmaz, M.T. 2018. Decadal variability analysis of extreme precipitation in Turkey and its relationship with teleconnection patterns. *Hydrological Processes* 32(23): 3513–3528.
- Fowler, H.J. & Kilsby, C.G. 2007. Using regional climate model data to simulate historical and future river flows in northwest England. *Climatic Change* 80(3–4): 337–367.
- Friederichs, P. & Sep, A.P. (n.d.). Forecast verification for extreme value distributions with an application to probabilistic peak wind prediction: 1–26.
- Giorgi, F., Jones, C. & Asrar, G. R. 2009. Addressing Climate Information Needs at The Regional Level: The Cordex Framework 58(July): 175-183.
- Hasbullah, Z.B. 2017. Application of Bias Correction In Climate Prediction(June).
- Jaiswal, A., Samuel, C. & Kadabgaon, V.M. 2018. Statistical trend analysis and forecast modeling of air pollutants. *Global Journal of Environmental Science and Management* 4(4): 427–438.
- Lazoglou, G. & Anagnostopoulou, C. 2017. An Overview of Statistical Methods for Studying the Extreme Rainfalls in Mediterranean. *Proceedings* 1(5): 681.
- Maraun, D. 2016. Bias Correcting Climate Change Simulations - a Critical Review. *Current Climate Change Reports*: 211–220.
- Modala, N.R. 2017. Assessing the impacts of climate change on cotton production in the Texas High Plains and Rolling Plains(December 2014).
- Murata, A., Nakano, M., Kanada, S., Kurihara, K. & Sasaki, H. 2012. Summertime Temperature Extremes over Japan in the Late 21st Century Projected by a High-Resolution Regional Climate Model. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 90A(0): 101–122.
- Mohd Sani, S.F. & Rindam Main. 2011. Analisis taburan hujan dan impaknya kepada sumber air di Pulau Pinang. *Malaysian Journal of Society and Space* 7(1): 53–63.
- Najim, M.M.M. 2014. Simulation model for generating rainfall data(January 2003).
- Ngai, S.T., Tangang, F. & Juneng, L. 2017. Bias correction of global and regional simulated daily precipitation and surface mean temperature over Southeast Asia using quantile mapping method. *Global and Planetary Change* 149: 79–90.
- Ngailo, T.J., Reuder, J. & Rutalebwa, E. 2016. Modelling of Extreme maximum Rainfall using Extreme Value Theory for Tanzania 4(3): 34–45.
- Ntegeka, V. & Willems, P. 2008. Trends and multidecadal oscillations in rainfall extremes,

- based on a more than 100-year time series of 10 min rainfall intensities at Uccle, Belgium. *Water Resources Research* 44(7): 1–15.
- Salem Nashwan, M., Shahid, S. & Wang, X. 2019. Uncertainty in Estimated Trends Using Gridded Rainfall Data: A Case Study of Bangladesh. *Water* 11(2): 349.
- Switanek, M.B., Troch, P.A., Castro, C.L., Leuprecht, A. & Chang, H. 2017. Scaled distribution mapping: a bias correction method that preserves raw climate model projected changes: 2649–2666.
- Tabari, H. & Willems, P. 2018. Lagged influence of Atlantic and Pacific climate patterns on European extreme precipitation. *Scientific Reports* 8(1): 1–10.
- Tan, M.L., Samat, N., Chan, N.W., Lee, A.J. & Li, C. 2019. Analysis of Precipitation and Temperature Extremes over the Muda River Basin, Malaysia: 1–16.
- Tieh, S., Juneng, L., Tangang, F., Xiang, J., Salimun, E., Leong, M. & Amalia, S. 2020. Future projections of Malaysia daily precipitation characteristics using bias correction technique. *Atmospheric Research* 240(February): 104926.
- Unggul Handoko, Akhmad Faqih, Rizaldi Boer, Dan W.S.H. 2014. Evaluasi Model Iklim Regional Regcm3 untuk Rekonstruksi Data Iklim Historis. *Limnotek Perairan Darat Tropisdi Indonesia* 21(2): 168–176.
- Willems, P. & Vrac, M. 2011. Statistical precipitation downscaling for small-scale hydrological impact investigations of climate change. *Journal of Hydrology* 402(3–4): 193–205.
- Wu, H., Li, X. & Qian, H. 2017. Detection of anomalies and changes of rainfall in the Yellow River Basin, China, through two graphical methods. *Water (Switzerland)* 10(1).
- Zalina, M.D., Desa, M.N.M., Nguyen, V.T. V & Kassim, A.H.M. 2002. Selecting a probability distribution for extreme rainfall series in Malaysia. *Water Science and Technology* 45(2): 63–68.