Homogenisasi Data Unsur Iklim sebagai Tahap Pra-Pemrosesan Kajian Perubahan Iklim dengan Metode ACMANT dan Climatol

Putri Juanita Wahab(1), Sutikno(2), dan Ardhasena Sopaheluwakan(3)
Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: tikno@statistika.its.ac.id (2), ardhasena@bmkg.go.id (3) dan putri.wahab12@mhs.statistika.its.ac.id (1)

Abstrak*— Kesalahan interpretasi hasil kajian perubahan iklim rentan terjadi pada data yang memiliki panjang lebih dari 30 tahun. Kejadian selama 30 tahun pada stasiun-stasiun pengamatan BMKG meliputi pergantian pengamat, pergantian alat, dan perpindahan lokasi stasiun/ alat dapat menyebabkan ketidakkontinuan data yang dinamakan *inhomogenity* data. Oleh karena itu diperlukan metode homogenisasi data unsur iklim, terutama pada data curah hujan dan temperatur, untuk mengurangi kesalahan dalam menginterpretasikan hasil kajian. Beberapa metode homogenisasi yang telah dikembangkan oleh peneliti dunia di antaranya adalah ACMANT dan Climatol. Proses homogenisasi data merupakan bagian dari pengendalian kualitas data. Pada penelitian ini sebelum dilakukan homogenisasi, maka dilakukan pengendalian kualitas *basic* yang terdiri atas *Gross Error Check*, *Tolerance Test*, *Internal Consistency*, *Temporal Coherency*, *Missing Value Check*, dan Pengendalian Kualitas *Visual*. Data hasil pengendalian kualitas *basic* dihomogenkan dengan basis skala waktu harian dan bulanan menggunakan metode ACMANT dan Climatol. Kedua metode menggunakan teori relatifiitas dengan pendekatan yang berbeda yaitu kedekatan lokasi untuk Climatol dan nilai korelasi spasial untuk ACMANT, selain itu algoritma deteksi *break point* keduanya juga berbeda yaitu *single break point* untuk Climatol dan *multiple break point* untuk ACMANT. Perbandingan kedua metode tersebut dilakukan pada data temperatur rata-rata, temperatur maksimum, dan temperatur minimum bulanan. Metode homogenisasi yang lebih baik melakukan homogenisasi yaitu ACMANT karena nilai CRMSE yang didapatkan lebih kecil dan menggunakan deteksi *multiple break point.

***Kata Kunci*— Homogenisasi, temperatur, curah hujan, ACMANT, Climatol.**

I. PENDAHULUAN

Kegiatan rekonstruksi iklim atau kajian perubahan iklim membutuhkan rekaman data lebih dari 30 tahun [1]. Hal tersebut dikarenakan dalam kajian perubahan iklim diperlukan pengamatan terhadap *trend*, pola musiaman, dan kolaborasi dari beberapa data unsur iklim. Apabila data diambil sejak tahun 1980-an di stasiun-stasiun pengamatan BMKG, permasalahan-permasalahan faktor bukan iklim mungkin bisa terjadi. Pergantian pekerja yang melakukan perekaman data dapat menyebabkan kesalahan pencatatan karena persepsi pengambilan data yang berbeda. Pergantian alat menyebabkan terjadinya kalibrasi alat karena alat yang baru memiliki keakuratan yang lebih tinggi. Pergantian lokasi alat/stasiun menyebabkan ketinggian lokasi pengamatan yang berbeda sehingga temperatur yang terukur juga berbeda jauh. Kejadian-kejadian tersebut merupakan penyebab ketidakkontinyuan seri data atau ketidakhomogenan data, sedangkan homogenitas data merupakan salah satu kondisi utama yang diperlukan dalam analisis *trend* dan analisis kajian peubahan iklim lainnya agar hasil penelitian tidak terjadi misinterpretasi. Kegiatan menjaga homogenitas data disebut dengan proses homogenisasi data.

Homogenisasi data merupakan bagian dari kegiatan pra-pemrosesan atau pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas data menurut WMO [2] terdiri dari *gross error check*, *tolerancy test*, *internal consistency*, *temporal coherency*, dan *spasial coherency*. Dua di antara lima tahap tersebut merupakan bagian penting dari metode homogenisasi data yaitu *temporal coherency* dan *spasial coherency*. Penelitian mengenai metode homogenisasi data unsur iklim terus dikembangkan oleh peneliti-peneliti di dunia.

Peterson [3] telah merangkum beberapa metode homogenisasi dari peneliti-peneliti dunia dan meyatakan bahwa ketidakhomogenan data (*inhomogenity data*) dapat menyebabkan kesalahan dalam menginterpretasikan hasil analisis iklim. Pemaparan dari Aguiler [2], yang melanjutkan kajian oleh Peterson, telah menjelaskan secara terperinci perkembangan metode–metode homogenisasi melalui publikasi *World Meteorological Organization* (WMO) WCDMP (*World Climate Data and Monitoring Programme*). Ulasan kusus untuk metode–metode homogenisasi data curah hujan juga telah dilakukan oleh Beaulieu [4] yang menyatakan bahwa homogenisasi data curah hujan harus dilakukan, terutama jika data tersebut digunakan untuk mengkaji perubahan iklim yang berkaitan dengan pengaruh lingkungan dan kehidupan sosial–ekonomi masyarakat. Terakhir pada tahun 2011, Venema merangkum karakteristik utama dari metode–metode homogenisasi yang dipublikasikan oleh WMO [10], diantaranya adalah ACMANT, Climatol, MASH, Prodigde, USHCN, Rhtest, dan HOMER.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan lembaga yang bertanggungjawab atas informasi dan penelitian di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika di Indonesia [9]. Proses pengendalian kualitas yang dilakukan oleh BMKG sebatas sampai pada tahap *temporal coherency*, sedangkan unsur spasial belum diperhatikan. Oleh karena itu diperlukan metode homogenisasi untuk mengendalikan kualitas data unsur iklim di Indonesia.

Penilaian mengenai metode terbaik menurut Venema [5] dan Ribeiro [6] menghasilkan suatu kesimpulan bahwa metode homogenisasi yang dapat mendetaksi beberapa *break point* secara bersamaan cenderung memiliki keunggulan dibandinggan dengan metode homogenisasi yang hanya melakukan deteksi *single break point.* Pada penelitian ini dilakukan homogenisasi dengan menggunakan dua metode yang memiliki kemampuan mendeteksi *break point* yang berbeda yaitu ACMANT memiliki kemampuan mendeteksi *multiple break point* dan Climatol memiliki kemampuan mendeteksi *single break point*. Hasil dari penelitian ini bisa direkomendasikan kepada BMKG dalam melaksanakan pengandalian kualitas data temperatur dan curah hujan.

II. TINJUAN PUSTAKA

A. *Pengendalian Kualitas*

Pengendalian kualitas ialah kegiatan yang digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi kesalahan-kesalahan yang terjadi pada proses perekaman, pembulatan angka, pengaturan, dan penyimpanan data [2]. Prosedur pengendalian kualitas data unsur iklim yang direkomendasikan oleh GCOS *Climate Monitoring Principles* yaitu meliputi:

a. *Gross error checking*: mendeteksi nilai-nilai yang tampak jelas merupakan nilai *error* dengan menggunakan beberapa nilai *threshold* yang sudah ditentukan
b. *Tolerance tests*: mendeteksi adanya nilai *outlier* dengan menentukan batas toleransi untuk setiap data
c. *Internal consistency check*: mendeteksi data unsur iklim yang memiliki keterkaitan antara eleman data rekaman yang terkait
d. *Temporal coherency*: mendeteksi apakah nilai-nilai yang diamati konsisten, sesuai dengan pengulangan waktu
e. *Spatial coherency*: Mendeteksi apakah nilai-nilai yang diamati konsisten dengan nilai-nilai pada stasiun lain pada waktu yang sama.

B. *Metode Homogenisasi Relatif*

Metode relatif menggunakan data dari stasiun sekitarnya (stasiun referensi) untuk menghomogenkan stasiun kandidat [6].

C. *Multiple Break Point dan Single Break Point*

Permasalahan mendasar dari metode homogenisasi data adalah terdapat lebih dari satu *break point* dalam data *time series* [5]. Pendeteksian *single break point* biasa dilakukan dengan mengulang algoritma untuk setiap bagian dari data atau dapat dinotasikan dengan persamaan 1.

$$y_i = \begin{cases} y_i^* - \delta_{p_1}\sigma, & i = 1, \dots, p_1 - 1 \\ y_i^*, & i = p_1, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

dengan

y_i : observasi atau data seri ke-i yang tidak homogen dengan panjang data sampai n
y_i^*: observasi atau data seri ke-i yang homogen
σ : menunjukkan nilai standar deviasi dari segmen data terakhir seri data ke-i
p_1 : letak perpotongan
δ_{p_1} : jarak sampai titik perpotongan.

Deteksi *multiple break point* adalah metode yang mampu mendeteksi beberapa *break point* secara bersama-sama, dan tidak langkah-demi-langkah. *Multiple break point* dapat dinotasikan dengan persamaan 2 (dimisalkan terdapat dua per-potongan):

$$y_i = \begin{cases} y_i^* - \delta_{p_1}\sigma, & i = 1, \dots, p_1 - 1 \\ y_i^* - \delta_{p_2}\sigma, & i = p_1, \dots, p_2 - 1 \\ y_i^*, & i = p_2, \dots, n \end{cases} \quad (2)$$

dengan

y_i : observasi ke-i data yang tidak homogen dengan panjang data sampai n
y_i^*: observasi ke-i data yang homogen
σ : menunjukkan nilai standar deviasi dari segmen data terakhir seri data ke-i
p_1 : letak perpotongan pertama
p_2 : letak perpotongan kedua
δ_{p_1}: jarak antara data pertama sampai titik perpotongan pertama
δ_{p_2}: jarak antara titik perpotongan pertama sampai titik perpotongan kedua.

D. *ACMANT*

Adapted Caussian-Mestre Algorithm for homogenising Networks of Temperature series (ACMANT) adalah metode homogenisasi otomatis yang diusulkan oleh Domonkos sejak tahun 2011 dan terus dikembangkan hingga tahun 2014. ACMANT dapat diaplikasikan pada data unsur iklim dengan basis skala waktu harian, bulanan, maupun tahunan [7] dengan menggunakan pendeteksian *multiple break point* dan proses homogenisasi dangat bergantung pada unsur spasial dan temporal dari data di stasiun-stasiun pengamatan. Hubungan antar stasiun pengamatan dihitung dengan menggunakan nilai korelasi spasial, secara umum didapatkan dari perhitungan Moran's I.

Ketentuan untuk menentukan stasiun-stasiun pengamatan memiliki hubungan dilihat dari jumlah stasiun-stasiun yang memiliki nilai korelasi mendekati 0,4 yaitu minimal 50 persen dari jumlah stasiun-stasiun [7].

Penilaian terhadap reliabilitas data hasil homogenisasi ditunjukkan pada index yang terdiri dari 0-9, dengan masing-masing index memiliki arti dan maksud sebagai berikut.

0– nilai pengamatan yang tidak lengkap, diluar periode pengamatan
1 – nilai yang terhomogenisasi
2 – nilai pengamatan, bukan yang terhomogenisasi
3 – nilai hasil interpolasi dari sebagian besar nilai-nilai lainnya, didalam periode waktu yang terhomogenisasi
4 - nilai hasil interpolasi dari sebagian besar nilai-nilai lainnya, diluar periode waktu yang terhomogenisasi
period
5 – nilai hasil interpolasi dari sebagaian kecil nilai-nilai lainnya, didalam periode waktu yang terhomogenisasi
6 – nilai hasil interpolasi dari sebagaian kecil nilai-nilai lainnya, diluar periode waktu yang terhomogenisasi
7 – nilai interpolasi, dengan menggunakan nilai pengamatan dengan kode reabilitas 1
8 – *missing value* yang disubtitusikan dengan nilai normal
9 – *missing data*

E. Climatol

Climatol adalah metode homogenisasi otomatis yang disusun oleh Gujirro[8]. Climatol menggunakan pendeteksian *single break point* dan analisis persamaan karakteristik antar stasiun pengamatan dengan menggunakan Dendogram. Proses menghomogenkan data temperatur dan curah hujan untuk saat ini hanya dapat dilakukan dengan basis skala waktu bulanan.

Pengisian data kosong dilakukan dengan menggunakan nilai rata-rata dari data stasiun referensi yang telah dikalikan dengan pembobot. Stasiun referensi tidak ditentukan oleh nilai korelasi antar stasiun, tetapi dapat dinyatakan oleh peneliti sendiri bahwa stasiun-stasiun di wilayah pengamatan adalah homogen. Pembobotan pada Climatol dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.

$$w_{x,y} = \frac{1}{(1+d^2/h^2)} \quad (3)$$

dengan

$x =$ variabel dari stasiun pertama
$y =$ variabel dari stasiun kedua
$w_{x,y} =$ bobot pada stasiun pertama dan kedua
$d =$ invers dari jarak
$h =$ jarak antar stasiun

Perhitungan bobot dilakukan terhadap data yang sudah dinormalkan. Deteksi *outlier* dan *shift* dilakukan setelah proses pengisian data kosong. Data pengamatan dikatakan *outlier* apabila berada bernilai lebih dari lima kali nilai standar deviasi, kemudian data tersebut akan dihapus. Deteksi *shift* atau *break point* dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode SNHT.

F. Penilaian Metode Terbaik

Untuk menguji metode dengan performa terbaik digunakan perhitungan RMSE dengan persamaan 4.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \hat{x_i})^2} \quad (4)$$

dengan

$n =$ jumlah data pengamatan
$x_i =$ data ke-i dari variabel stasiun

Selain nilai RMSE Selain nilai RMSE dapat digunakan pula nilai *Centered Root Mean Square Error* (CRMSE). Pengukuran CRMSE sama dengan nilai standar deviasi dari hasil pengurangan data asli dengan data hasil homogenisasi [5].

G. Data Unsur Iklim

Dua unsur iklim yang dijadikan sebagai prediktor perubahan iklim yaitu temperatur udara dan curah hujan [1]. Temperatur udara diukur dengan menggunakan satuan derajat Celcius sedangkan curah hujan dihitung dengan menggunakan satuan mm. Perekaman data tempertur udara dan curah hujan dilakukan oleh stasiun-stasiun meteorologi, klimatologi, dan geofisika di seluruh wilayah Indonesia. Perhitungan nilai Tarat menggunakan persemaan 5.

$$Trata = \frac{2\times T7+T13+T18}{4} \quad (5)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan dan temperatur yang diperoleh dari BMKG Jakarta Pusat, dengan periode waktu antara bulan Januari 1972–Desember 2012. Unit observasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah empat stasiun di wilayah Surabaya yakni Stamet Juanda, Stamet Perak I, Stamet Perak II, dan Stamet Kalianget Madura.

B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan adalah curah hujan (CH), temperatur rata-rata (Trata), temperatur maksimum (Tmaks), dan temperatur minimum (Tmin) di empat stasiun meteorologi di wilayah Surabaya. Pada penelitian ini basis skala waktu yang digunakan adalah harian dan bulanan.

C. Langkah Penelitian

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis secara deskriptif untuk mengetahui karakteristik variabel
2. Melakukan pengendalian kualitas *basic* meliputi proses:
   a. *Gross Error Checking* terdiri dari eliminasi nilai *abberant value* (berada diluar batas *trashehold* yaitu lebih kecil dari 5^0C dan lebih besar dari 40^0C untuk data temperatur dan >500mm untuk data curah hujan) dan pemeriksaan *consistency of calendar dates* (jumlah data sesuai dengan jumlah hari per bulan dan per tahun)
   b. *Tolerance Test* terdiri dari eliminasi nilai temperatur yang berada di luar batas interval dan eliminasi data berulang selama empat hari atau lebih
   c. *Internal Consistency* terdiri dari eliminasi nilai Tmaks yang kurang dari nilai Tmin atau sebaliknya
   d. *Temporal Coherency* terdiri dari eliminasi nilai yang berselisih 10 derajat Celcius antara dua data pada hari yang berurutan
   e. *Missing Value Check* terdiri dari perhitungan banyaknya data *missing*
   f. Pengendalian kualitas secara visual terdiri dari pemeriksaan plot seri data yang menunjukkan adanya *phisical relevance* (data kosong yang terlalu banyak, pembulatan pada angka tertentu, dan *trend* turun/degradasi kualitas alat)
3. Mempersiapkan data harian dan bulanan sebagai input
4. Menghomogenkan data harian dan bulanan dengan ACMANT
5. Menghomogenkan data bulanan dengan Climatol
6. Menganalisis *output* dari ACMANT dan Climatol serta data hasil homogenisasi
7. Membandingkan nilai RMSE dari hasil homogenisasi ACMANT dan Climatol
8. Menyimpulkan hasil homogenisasi kedua metode dan perbandingan kedua metode.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengendalian kualitas terdiri dari pengendalian kualitas *basic* dan pengendalian kualitas lanjutan (homogenisasi). Pengendalian kualitas *basic* dilakukan pada data dengan basis skala waktu harian, yaitu data awal dari masing-masing stasiun. Homogenisasi dilakukan pada data dengan basis skala waktu harian dan bulanan, yaitu data setelah dilakukan pengendalian kualitas *basic*. Berikut merupakan pembahasan untuk kedua pengendalian kualitas data unsur iklim tersebut.

A. Pengendalian Kualitas Basic

Pengendalian kualitas *basic* merupakan pemeriksaan terhadap kesalahan yang tampak secara jelas sehingga pada tahap ini dilakukan secara manual. Berikut merupakan hasil pengendalian kualitas *basic* untuk masing-masing proses.

1. *Groos Error Check*

Tidak ditemukan adanya *abberant value* atau nilai yang keluar dari batas *thrashold*, yaitu kurang dari 5^0C dan lebih dari 40^0C untuk data temperatur dan lebih dari 500 mm untuk data curah hujan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 yaitu nilai minimum data temperatur adalah $16{,}4^0$C dan nilai maksimum data temperatur adalah $28{,}8^0$C. Berdasarkan pemeriksaan *consistency of calendar dates* diketahui bahwa jumlah data per bulan dan per tahun adalah sesuai.

2. *Tolerance Test*

Pemeriksaan nilai data temperatur yang berada di luar batas interval dilakukan pada setiap variabel di masing-masing stasiun pengamatan. Nilai batas interval didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata yang dijumlahkan/dikurangi dengan tiga kali nilai standar deviasi. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa variabel dengan rata-rata persentase tertinggi adalah Trata sedangkan stasiun dengan rata-rata persentase tertinggi terjadi pengulangan data adalah Stamet Kalianget Madura.

3. *Internal Consistency*

Eliminasi data yang tidak konsisten terhadap data lain yang berkaitan yaitu antara Tmaks dan Tmin, tidak ditemukan untuk semua untuk semua variabel di empat stasiun pengamatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa keterkaitan antar variabel pengamatan sudah sesuai.

4. *Temporal Coherency*

Eliminasi nilai yang berselisih 10 derajat Celcius antara dua data pada hari yang berurutan tidak ditemukan untuk semua variabel di empat stasiun pengamatan.

5. *Missing Value Check*

Tidak terdapat variabel dari keempat stasiun pengamatan yang memiliki persentase *missing value* lebih dari 20 persen seperti ditunjukan pada Tabel 3 sehingga dapat dilakukan proses homogenisasi untuk semua variabel di empat stasiun pengamatan.

6. Pengandalian kualitas secara visual

Pengendalian kualitas secara visual diasumsikan sudah terpenuhi agar apabila terdapat kesalahan pada proses homogenisasi data analisis secara visual dapat dijadikan sebagai teori pendukung.

B. Homogenisasi

Homogenisasi dilakukan dengan menerapkan metode relatif dengan pengontrolan unsur spasial dan temporal. Periode waktu yang digunakan adalah selama 30 tahun yaitu dari tahun 1983

Tabel 1.
Rata-Rata mean dan varian data temperatur dan curah hujan serta nilai minimum dan maksimum

Stasiun	Rata-rata	Varian	Minimum	Maksimum
----------Temperatur(^{0}C) ----------				
Perak I	28,1	1,7	18,1	**38,8**
Juanda	27,8	1,7	**16,4**	37,4
Perak II	28,7	1,8	19,0	38,0
Kalianget	27,8	1,4	18,2	35,8
-------Curah hujan (mm/hari) --------				
Perak I	4,48	138,6	0	190,0
Juanda	5,78	215,4	0	159,3
Perak II	4,22	129,0	0	142,5
Kalianget	3,73	124,2	0	**247,0**

Tabel 2.
Persentase nilai variabel yang keluar BI/mengalami pengulangan

Nama Stasiun	BI		Persentase Data (%)*	
	BB	BA	di Luar BI	Berulang
----------Temperatur Rata-Rata----------				
Perak I	24,4	31,4	0,33	0,03
Juanda	24,0	31,0	0,13	0,00
Perak II	24,8	32,4	0,17	0,00
Kalianget	24,4	31,1	0,14	0,00
----------Temperatur Maksimum----------				
Perak I	27,9	37,3	0,53	0,00
Juanda	28,5	36,2	0,60	0,51
Perak II	29,0	37,2	0,44	0,03
Kalianget	27,5	34,9	0,62	***11,24**
----------Temperatur Minimum----------				
Perak I	20,5	28,0	**0,80**	0,00
Juanda	19,2	28,0	**0,53**	0,03
Perak II	20,8	28,7	**0,74**	0,00
Kalianget	21,4	28,4	**0,67**	***9,46**
----------Curah Hujan----------				
Perak I	-	-	-	0,00
Juanda	-	-	-	0,00
Perak II	-	-	-	0,00
Kalianget	-	-	-	6,06

Tabel 3.
Persentase *missing value* Trata, Tmaks, Tmin, dan CH

Nama Stasiun	Panjang Data	Persentase *Missing Data* (%)				Rata-rata
		Trata	Tmaks	Tmin	CH	
Perak I	41	0,39	1,47	0,86	0,69	0,85
Juanda	32	0,29	0,57	0,53	0,00	0,35
Perak II	32	1,48	1,74	2,05	0,00	1,32
Kalianget	33	2,95	3,18	3,21	2,03	2,82

Tabel 4.
Korelasi antar stasiun pengamatan untuk CH basis skala waktu harian dan bulanan

	Perak I	Juanda	Perak II	Kalianget
----------Curah Hujan Harian----------				
Perak I	0,000			
Juanda	0,490	0,000		
Perak II	0,836	0,489	0,000	
Kalianget	*0,384	*0,317	*0,407	0,000
----------Curah Hujan Bulanan----------				
Perak I	0,000			
Juanda	0,490	0,000		
Perak II	0,836	0,489	0,000	
Kalianget	*0,384	*0,317	*0,407	0,000

Keterangan:
*nilai korelasi mendekati 0,40

sampai 2012. Hal tersebut dikarenakan pada proses pengendalian kualitas data ditemukan adanya pembulatan dan pengulangan data yang cukup panjang dari tahun 1981 sampai 1982 pada salah satu stasiun pengamatan. Karena antara metode ACMANT dan Climatol mengharuskan adanya periode waktu yang sama antara stasiun, maka digunakan periode tahun 1983-2012. Homogenisasi menggunakan ACMANT dan Climatol adalah sebagai berikut.

1. ACMANT

Homogenisasi keempat variabel pengamatan dengan ACMANT dilakukan pada data dengan basis skala waktu harian dan bulanan. Variabel penelitian yang dapat dihomogenkan adalah Trata, Tmaks, dan Tmin, sedangkan untuk variabel CH tidak dapat dilakukan karena koheresi spasial dan temporal tidak cukup, yang dapat dilihat dari nilai korelasi pada Tabel 4.

Sebanyak 50% nilai korelasi untuk masing-masing variabel adalah mendekati 0,40, maka variabel dikatakan tidak mengandung unsur spasial (Domoskos, 2014). Dengan kata lain variabel CH di stasiun Kalianget tidak memiliki hubungan dengan variabel CH di stasiun pengamatan lainnya.

Pada data hasil homogensasi dihitung persentase data asli yang masih terdapat pada data hasil homogenisasi. Diketahui bahwa dari Gambar 1, rata-rata persentase data asli terbanyak yaitu pada stasiun Juanda yaitu sebesar 48,06 persen. Selain itu, data asli selalu berada pada akhir seri sehingga pada metode ACMANT data pada tahun terakhir dijadikan sebagai referansi.

Data hasil homogenisasi untuk variabel Trata memiliki selisih nilai rata-rata keseluruhan sebesar 0,1 derajat terhadap nilai rata-rata keseluruhan data asli sebelum dilakukan pengendalian kualitas. Untuk Tmaks dan Tmin juga memiliki selisih sebesar 0,1 derajat Celcius.

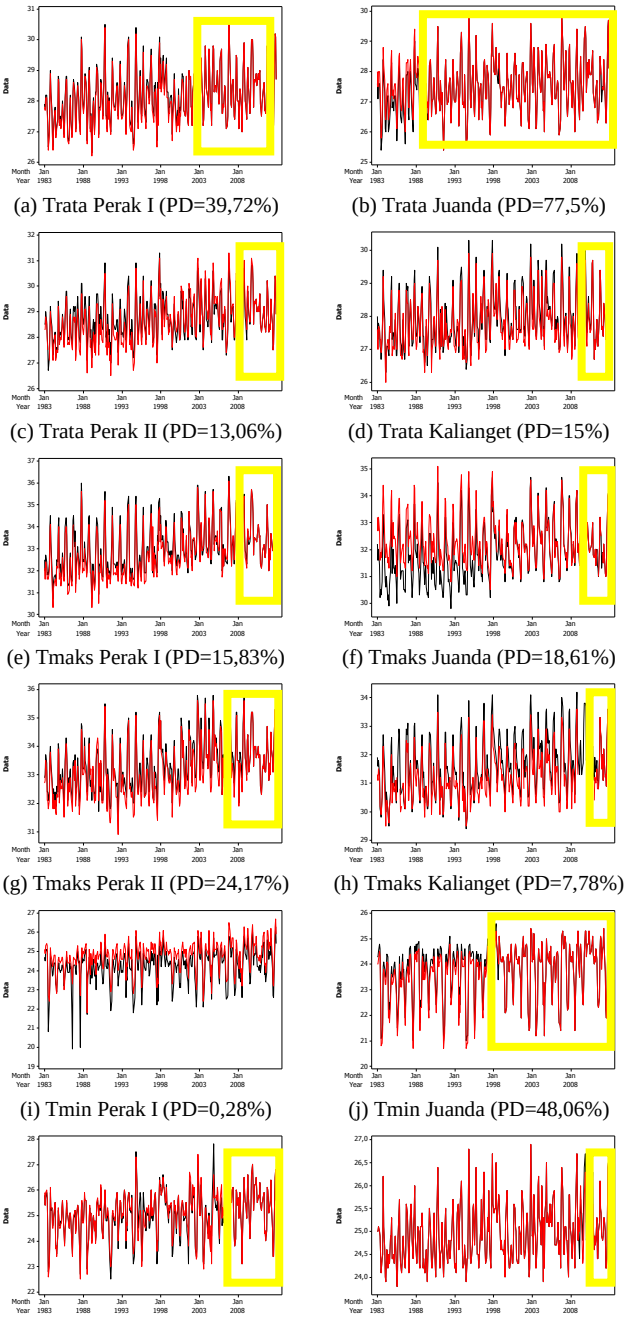
2. Climatol

Homogenisasi keempat variabel pengamatan dengan menggunakan Climatol dilakukan pada data dengan basis skala waktu bulanan. Hubungan kedekatan karakteristik antar stasiun pengamatan digambarkan melalui Dendogram.

Homogenisasi dengan Climatol menghasilkan beberapa seri data baru untuk setiap variabel, jumlah seri data baru yang dihasilkan adalah berbeda-beda, tergantung banyaknya *shift* yang terdeteksi. Seperti pada Gambar 2, menunjukkan bahwa deteksi *single break point* pada variabel Tmin di stasiun Perak II terjadi sebanyak 4 kali sehingga data baru yang didapatkan adalah 5.

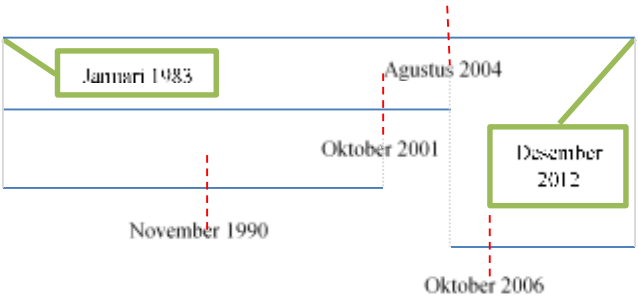
Karena data hasil homogenisasi tidak tunggal, maka dilakukan pemilihan data terhomogenisasi oleh metode Climatol, yaitu dengan menggunakan kriteria penilain. Kriteria penilaian diusahakan mirip dengan karakter data hasil homogenisasi ACMANT, diantaranya yaitu data asli berada di akhir seri, persentase data asli terbanyak, dan nilai RMSE terkecil. Misalnya seperti pada Gambar 3, dihasilkan dua seri data Tmin stasiun Perak II maka diketahui bahwa data asli berada di akhir terdapat pada data Perak II-2, sedangkan persentase data terbesar juga berada pada data Perak II-2 sehingga data homogen yang terpilih adalah Perak II-2.

Tabel 5 menunjukkan data homogen yang terpilih untuk masing-masing variabel di setiap stasiun pengamatan. Data hasil homogenisasi untuk variabel Trata dan Tmaks tidak memiliki selisih nilai rata-rata keseluruhan terhadap nilai rata-rata keseluruhan data asli.

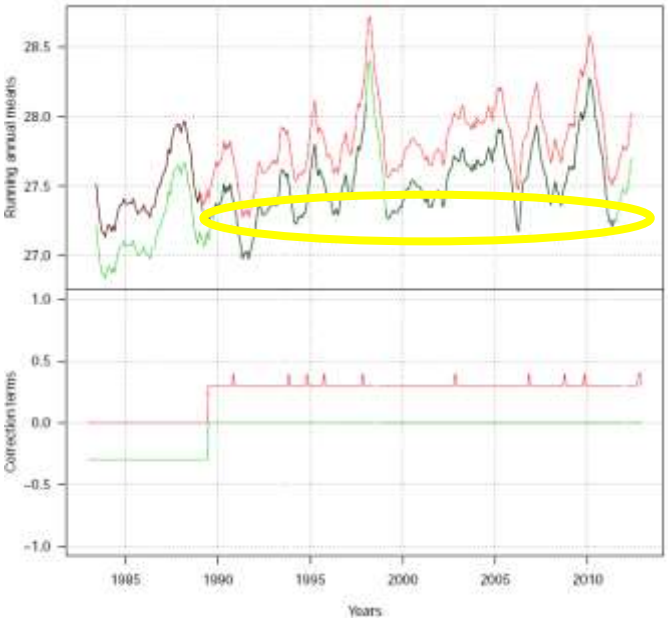


(a) Trata Perak I (PD=39,72%) (b) Trata Juanda (PD=77,5%)
(c) Trata Perak II (PD=13,06%) (d) Trata Kalianget (PD=15%)
(e) Tmaks Perak I (PD=15,83%) (f) Tmaks Juanda (PD=18,61%)
(g) Tmaks Perak II (PD=24,17%) (h) Tmaks Kalianget (PD=7,78%)
(i) Tmin Perak I (PD=0,28%) (j) Tmin Juanda (PD=48,06%)
(k) Tmin Perak II (PD=41,34%) (l) Tmin Kalianget (PD=93,33%)

Gambar. 1. Plot data hasil homogenisasi Acmant, dengan garis hitam adalah data asli, garis merah adalah data yang homogen, dan kotak berwarna kuning adalah letak data asli berada di akhir seri



Gambar. 2. Deteksi *single break point* pada data Tmin stasiun Perak II.



Gambar. 3. Plot data hasil homogensasi Climatol.

Tabel 5.
Perhitungan nilai persentase data asli dan RMSE data hasil homogenisasi Climatol

Nama Stasiun	Kriteria Penilaian		
	Letak data asli	Data asli (%)	RMSE
----------Temperatur Rata-Rata----------			
Perak I	v	40	0,18
Juanda	v	77	0,33
Perak II	v	8	0,20
Kalianget	v	99	0,37
----------Temperatur Maksimum----------			
Perak I	v	42	0,46
Juanda	v	55	0,39
Perak II	v	41	0,29
Kalianget	x	58	0,28
----------Temperatur Minimum----------			
Perak I	x	65	0,30
Juanda	v	99	0,57
Perak II	v	20	0,27
Kalianget	v	93	0,56
----------Curah Hujan----------			
Perak I	v	98	47,6
Juanda	v	100	92,4
Perak II	v	99	48,3
Kalianget	v	99	70,0

Tabel 6.
Perhitungan nilai persentase data asli dan RMSE dan CRMSE data hasil homogenisasi Climatol

Metode	RMSE	CRMSE
---------Temperatur Rata-rata---------		
ACMANT	0,05	**1,66**
Climatol	0,05	1,67
-------Temperatur Maksimum-------		
ACMANT	0,18	3,36
Climatol	**0,10**	**3,35**
--------Temperatur Minimum--------		
ACMANT	**0,10**	**2,43**
Climatol	0,11	2,46

C. Perbandingan Metode Homogenisasi ACMANT dan Climatol

Perbandingan kedua metode homogenisasi dilakukan dengan melihat nilai RMSE dan CRMSE pada Tabel 6. Metode ACMANT memiliki nilai CRMSE yang lebih kecil untuk variabel Trata dan Tmin sehingga homogenisasi data dengan ACMANT lebih baik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel penelitian yang dihomogenkan dengan ACMANT yaitu Trata, Tmaks, Tmin dengan basis skala waktu harian dan bulanan. Untuk variabel CH tidak dapat dihomogenkan karena tidak ditemukannya unsur spasial dan temporal. Selisih nilai rata-rata keseluruhan sebesar 0,1 derajat Celcius lebih besar dari pada rata-rata keseluruhan data asli sebelum dikendalikan.
2. Variabel penelitian yang dihomogenkan dengan Climatol yaitu Trata, Tmaks, Tmin, dan CH dengan basis skala waktu bulanan. Untuk variabel dengan basis skala waktu harian tidak dapat dilakukan. Nilai rata-rata keseluruhan data hasil homogeniasi adalah sama dengan nilai rata-rata keseluruhan dat asli.
3. Metode homogenisasi yang lebih baik melakukan homogenisasi data unsur ikilim bulanan yaitu ACMANT karena nilai CRMSE yang didapatkan lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Taufik, M. (2010). *Analisa Tren Iklim dan Ketersediaan Air Tanah di Palembang, Sumatra Selatan*. Jurnal Agromet 24 (1), hal: 42 – 49.

[2] Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C., Wieringa, J. (2003). Guidelines on Climate Metadata And Homogenization. *In. Llansó, Paul (Ed.), WMO/TD* No. 1186, WCDMP No. 53. *Geneva: World Meteorogical Organization*.

[3] Peterson, Thomas C., Easterling, D. R., Karl, T. R., Groisman, P., Nicholls, N., Plummer, N., dkk. (1998). Homogeneity Adjustments of in Situ Atmospheric Climate Data: A Review. *International Journal Climatol* 18: 1493–1517.

[4] Beaulieu, C., Seidou, O., Ourada, T. B. M. J., Zhang, X., Boulet, G., & Yagouti, A . (2008). Intercomparison of Homogenization Techniques for Precipitation Data. *Water Re-sources Research* VOL. 44, W02425, doi:10.1029/2006WR005615, 2008.

[5] Venema, V. K. C., Mestre, O., Aguilar, E., Auer, L., Guijarro, J.A., Domonkos, P., dkk . (2012). Benchmarking Homogenization Algorithms for Monthly Data. *Clim. Past*, 8, 89–115, 2012.

[6] Ribeiro, S., Caineta J., Costa, A.C. (2015). Review and Discussion of Homogenisation Methods for Climate Data. *Journal Physics and Chemistry Earth* (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2015.08.007.

[7] Domonkos, P. (2014). *Homogenization of precipitation time series with ACMANT*. Diakses 1 Februari 2015 dari http://dx.doi.org/10.1007/s00704-014-1298-5.

[8] Guijarro, Jose A. (2014). *User's Guide to Climatol*. Diakses 1 Februari 2015 dari State Meteorological Agency (AEMET), Balearic Islands Office, Spain website: http://www.climatol.eu/index.html

[9] WMO. (2016). *Web Site of The Task Team on Homogenization*. Diakses pada 1 Februari 2010 dari www.climatol.eu/DARE

[10] BMKG. (2014). *Tugas dan Fungsi BMKG*. Diakses pada 1 Februari 2010 dari website www.bmkg.go.id