MODIFIKASI METODE EKSPONEN HURST PADA KASUS DATA CURAH HUJAN

SKRIPSI

Oleh:
Dwi Alfi Rohmatin
NIM 151810101014

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019

MODIFIKASI METODE EKSPONEN HURST PADA KASUS DATA CURAH HUJAN

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Dwi Alfi Rohmatin
NIM 151810101014

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019

PERSEMBAHAN

Dengan nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Ibunda Mumuk Dwi Lestariani dan Ayahanda Muhaidlori yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan, memberikan dukungan, dan semangat yang tiada hentinya. Serta Ayahanda Marihot Silaban yang juga memberikan dukungan serta kasih sayangnya.
2. Kakak Umi Nur Laila dan adik tersayang Rifkun Najib yang selalu menjadi penyemangat selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Seluruh guru TK Khadijah 6 Licin, MI Nahdlatul Wathan Licin, SMPN 2 Srono, dan SMAN 1 Glagah yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
4. Teman-teman "Songong" yang selalu bersedia menjadi tempat berkeluh kesah, dan menjadi penyemangat yang luar biasa selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir.
5. Teman-teman seperjuangan SIGMA'15 yang senantiasa membantu penulis selama masa studi.
6. Semua pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

MOTTO

Dari Anas R.A , dari Nabi SAW, ia bersabda : “Permudahlah dan janga mempersuliit, bergemberilah dan janganlah menakut-nakuti”

(Mutafaq’laih)

“Kenyataannya, tidak ada yang tahu apa yang akan terjadi besok. Hidup adalah pengendara yang gila dan tidak ada yang menjaminnya”

(Eminem)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Dwi Alfi Rohmatin

NIM : 151810101014

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ”Modifikasi Metode Eksponen Hurst pada Kasus Curah Hujan” adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, April 2019

Yang menyatakan,

Dwi Alfi Rohmatin

NIM 151810101014

SKRIPSI

MODIFIKASI METODE EKSPONEN HURST PADA KASUS DATA CURAH HUJAN

Oleh

DWI ALFI ROHMATIN
NIM 151810101014

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Modifikasi Metode Eksponen Hurst pada Kasus Data Curah Hujan", telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si.
NIP. 196908281998021001

Anggota I,

Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si.
NIP. 197006061998031003

Anggota II,

Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si, M.Si
NIP. 197407192000121001

Anggota III,

Dr. Mohamad Fatekurohman, S.Si., M.Si
NIP. 196906061998031001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Modifikasi Metode Eksponen Hurst pada Kasus Data Curah Hujan ; Dwi Alfi Rohmatin, 151810101014; 2019: 38 halaman; Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Analisis data runtun waktu telah banyak dilakukan, dengan tujuan dapat menganalisis data dalam suatu periode yang lampau untuk mengetahui atau meramalkan kondisi masa yang akan datang. Berdasarkan karakteristiknya data runtun waktu merupakan bagian dari fraktal yang memiliki sifat *self-similarity*. Metode eksponen Hurst merupakan metode yang dapat digunakan untuk menentukan pola data runtun waktu berdasarkan nilai eksponen Hurst (H) dan nilai dimensi fraktalnya (FD). Pada penelitian sebelumnya nilai H suatu data runtun waktu hanya dapat ditentukan untuk data-data yang memiliki segmen dengan pembagian data dengan variasi data $2^n, s$ehingga nilai H dan FD untuk variasi data yang lain sulit untuk ditentukan.

Untuk mempermudah perhitungan nilai H dan FD suatu data runtun waktu menggunakan metode eksponen Hurst, maka dilakukan modifikasi eksponen Hurst dengan mengubah cara pembagian segmen datanya dari yang sebelumnya menggunakan pembagi $\frac{N}{2^n}$ menjadi $\frac{N}{p}$ dengan p adalah faktor prima terkecil diri data tersebut. Tahapan awal pada penerapan modifikasi metode eskponen Hurst adalah dengan mengkatagorikan data menjadi beberapa variasi data yang digunakan sebagai data uji. Data uji yang dimaksud merupakan data yang diambil dari data curah hujan Kabupaten Jember. Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan data dengan variasi tipe data yang beragam yang terdiri dari data genap, data ganjil, data 2^n, dan data prima. Nilai eksponen Hurst dicari dengan melihat tingkat kebergantungan nilai rasio perbandingan panjang jangkauan suatu data (R) terhadap nilai standar deviasi data pada rentang tersebut (S) yang dievaluasi untuk masing-masing nilai rentang (n).

Setiap data diberlakukan sama yaitu dengan mencari nilai eksponen Hurst menggunakan ketiga metode diantaranya adalah metode modifikasi eksponen Hurst, metode eksponen Hurst (2^n), dan metode *box counting*. Dimana metode box counting merupakan metode yang digunakan sebagai acuan untuk membandingkan nilai H dan FD dari kedua metode lainnya.

Hasil analisa menggunakan bantuan program Matlab, menunjukkan bahwa metode modifikasi eksponen Hurst dapat digunakan untuk menentukan nilai H maupun nilai FD data runtun waktu pada berbagai variasi jumalah data seperti data genap, data ganjil, maupun data prima. Penerapan metode modifikasi eksponen Hurst pada penentuan nilai H dan FD data yang memiliki banyak data bilangan prima adalah dengan menambahkan satu data *artificial* yang didapat dari rata-rata data itu sendiri. Data curah hujan Kabupaten Jember dilihat dari nilai H nya berada pada rentang 0 sampai 0,5 yaitu 0,2996 dimana data runtun waktu tersebut memiliki karakteristik data *anti persistence.* Artinya data curah hujan tersebut tidak memilki kecenderungan untuk bertahan pada *trend* tertentu dan memiliki efek memori jangka pendek.

PRAKATA

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Modifikasi Metode Eksponen Hurst pada kasus Data Curah Hujan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, serta perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si dan Dr. Mohamad Fatekurohman, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi perbaikan tugas akhir ini;
3. Seluruh dosen dan staf karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Seluruh teman seperjuangan SIGMA’15 Jurusan Matematika Universitas Jember yang telah banyak membantu selama perkuliahan;
5. Teman-teman Kos GH Jawa 4 yang telah menjadi keluarga kedua selama berada di Jember;
6. Teman-teman satu bidang skripsi fraktal yang selalu memberi dukungan dan semangat tanpa henti;
7. Semua pihak yang telah memberikan sumbangan tenaga, semangat, dan pikiran yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga diharapkan adanya kritik dan saran untuk perbaikan selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua.

Jember, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Time series atau runtun waktu adalah himpunan observasi data terurut dalam waktu (Hanke & Wichern, 2005). Analisis mengenai data runtun waktu telah banyak dilakukan, dengan tujuan dapat menganalisis data dalam suatu periode yang lampau untuk mengetahui atau meramalkan kondisi masa yang akan datang. Salah satu contoh data runtun waktu adalah data curah hujan. Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Halief dkk, 2011). Pola curah hujan di suatu wilayah seringkali menjadi pertimbangan dalam menentukan arah kebijakan terkait dengan rencana pengembangan kawasan sesuai dengan fungsinya (pemukiman, pertanian, perikanan, peternakan, dan lain-lain). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ruminta (2012) menyebutkan bahwa data curah hujan dan limpase bersifat mono-fraktal, dimana nilai dimensi fraktalnya kurang dari dua $(D < 2)$, sedangkan evapotranspirasi dan kelembaban bersifat multi-fraktal atau dimensi fraktalnya lebih dari dua $(D > 2)$. Sifat mono-fraktal ini penting untuk memperlihatkan pola menyerupai diri (*self-similarity)* dalam data deret waktu. Hal ini menegaskan bahwa perubahan nilai data dengan fluktuasi tinggi tidaklah sepenuhnya acak.

Salah satu karakteristik fraktal adalah sifat *self-similarity*, artinya setiap bagian kecil dalam sebuah fraktal dapat dipandang sebagai replikasi skala kecil dari bentuk keseluruhan. Dalam kajian mengenai fraktal, terdapat beberapa metode untuk menghitung sebuah dimensi fraktal, salah satunya adalah metode eksponen Hurst. Metode eksponen Hurst pertama kali dikenalkan oleh H. E. Hurst pada tahun 1951. Metode ini terbukti dapat digunakan untuk menganalisa data runtun waktu dengan sangat baik, dari nilai eksponen ini akan ditentukan nilai dimensi fraktal suatu data runtun waktu. Dimensi fraktal yang telah dihitung akan digunakan sebagai indikator untuk menguji kemungkinan dapat terprediksinya pola dinamika suatu data. Pola dinamika suatu data ada tiga macam, diantaranya adalah pola acak, pola *persistence*, dan pola *anti persistence. Persistence* yang artinya bila pada periode waktu tertentu curah hujan sangat tinggi maka pada periode waktu berikutnya akan cenderung memiliki curah hujan yang tinggi pula ataupun sebaliknya. *Anti-persistence* artinya apabila pada periode waktu tertentu memiliki curah hujan yang tinggi maka pada periode waktu berikutnya curah hujan yang terjadi sangat rendah dan juga sebaliknya apabila pada periode waktu tertentu curah hujan yang terjadi sangat rendah maka pada periode waktu berikutnya curah hujan yang terjadi sangat tinggi.

Penelitian mengenai pola data curah hujan menggunakan metode eksponen Hurst telah dilakukan sebelumnya, diantaranya oleh Aryani (2014) dan, Zakaria (2016). Kedua penelitian tersebut memiliki kesamaan dalam penerapan metode eksponen Hurst, yaitu pembagian segmen data yang digunakan adalah $\frac{N}{2}$ dengan N adalah banyak data. Pembagian segmen data berguna untuk menentukan ploting dari nilai data yang akan dicari nilai eksponen Hurstnya. Nilai eksponen Hurst dicari dengan melihat tingkat kebergantungan nilai rasio perbandingan panjang jangkauan suatu data (R) terhadap nilai standar deviasi data pada rentang tersebut (S) yang dievaluasi untuk masing-masing nilai rentang (n). metode eksponen Hurst ini, memiliki keterbatasan pada jumlah data yang akan ditentukan nilai eksponen Hurstnya (H) nya, artinya data yang digunakan terbatas pada data yang hanya bisa dibagi 2^n, sehingga untuk data yang tidak dapat dibagi 2^n, tidak dapat ditentukan nilai H. Berdasatkan hal tersebut, peneliti ingin melakukan penelitian mengenai penerapan metode eksponen Hurst pada analisis curah hujan untuk data runtun waktu, yaitu membagi data menjadi beberapa segmen data dengan pembagi yang berbeda berdasarkan faktor prima terkecil. Hal ini dimaksudkan agar nilai eksponen Hurst dari berbagai variasi tipe data tetap dapat ditentukan nilai eksponen Hurst (H) nya sehingga dapat diketahui pula pola datanya.

Selain nilai eksponen Husrt, (H) pola suatu data dapat ditentukan dengan mencari nilai dimensi fraktalnya (FD). Nilai dimensi fraktal dapat ditentukan menggunakan metode *box counting*. Metode ini adalah metode yang lazim digunakan untuk mencari nilai dimensi suatu fraktal. Melihat dari hubungan antara nilai dimensi fraktal dan nilai eksponen Hurst, maka metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan pola dari suatu data. Pada penelitian yang ditulis Exsa (2016) dengan judul Analisis Statistik dan Dimensi Fraktal Sinyal Elektrokardiografi, menyimpulkan bahwa metode *box counting* lebih akurat untuk menganalisis sinyal elektrocardiografi melalui perhitungan dimensi fraktal dibandingkan kedua metode lainnya. Sehingga metode *box counting* akan digunakan sebagai acuan pada penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

a. Bagaimana hasil penerapan metode eksponen Hurst pada kasus curah hujan menggunakan pembagian data menjadi beberapa segmen dengan pembagi yang berbeda berdasarkan faktor prima terkecil ?
b. Bagaimana pola pergerakan data curah hujan Kabupaten Jember berdasarkan nilai eksponen Hurst?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah data yang digunakan berupa data curah hujan Kabupaten Jember pada tahun 2005-2017.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mengetahui hasil penerapan eksponen Hurst pada kasus curah hujan menggunakan pembagian segmen data dengan pembagi yang berbeda berdasarkan faktor prima terkecil yang dapat membagi
b. Mendapatkan hasil prediksi pola pergerakan data curah hujan Kabupaten Jember.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu, menambah pengetahuan mengenai matematika di bidang fraktal, selain itu diharapakan dapat digunakan untuk mempermudah dalam perhitungan nilai eksponen menggunakan berbagai variasi data.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fraktal

Benoit Mandelbrot adalah orang pertama yang mencetuskan kata fraktal pada tahun 1975, dalam makalahnya yang berjudul "*A Theory of Fractal Set"*. Fraktal sendiri berasal dari bahasa latin yaitu *franger* yang berarti terbelah menjadi fragmen-fragmen yang tidak teratur. Dari beberapa definisi mengenai fraktal, dapat diambil pengertian bahwa fraktal adalah sebuah kajian dalam ilmu matematika yang mempelajari bentuk atau geometri yang di dalamnya menunjukkan sebuah proses pengulangan tanpa batas. Geometri yang dilipat gandakan tersebut memiliki kemiripan bentuk satu sama lain (*self-similarity*) (Hasang & Supardjo, 2012). Fraktal ini banyak ditemukan di alam, seperti pada pola yang terdapat di daun dan ranting pohon, pada sayur brokoli, di gugusan awan putih, dalam riak ombak, pada detail yang bisa dilihat di kepingan salju, dan banyak lagi bila ingin diperlihatkan secara teliti di sekitar kita.

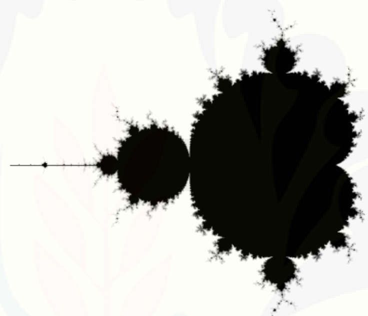
Fraktal mempunyai dua ciri khas, yaitu *self-similarity* dan *infinite detail*. *Self-similarity* merupakan keadaan objek yang dibangun secara berulang dengan mengganti suatu gambar dengan yang sebangun, tetapi berukuran lebih kecil dari asalnya. Artinya sekecil apapun gambar tersebut apabila diperbesar hasilnya akan sama. Sedangkan *infinite detail* merupakan objek fraktal yang memiliki bentuk dasar yang seakan-akan tidak habis-habis apabila diperhatikan. Contohnya kurva Koch apabila diperbesar dengan tak terhingga akan mempunyai ketidakrataan yang sama (Santosa, 1994).

Fraktal menurut keserupaan dirinya terbagi menjadi tiga macam, yaitu serupa diri secara persis, serupa diri sebagian, dan serupa diri secara statistik.

a) Serupa diri secara persis, artinya memiliki struktur fraktal yang sangat identik di segala skala. Karakteristik seperti ini biasanya terjadi pada bentuk fraktal yang terdefinisi secara matematika seperti segitiga *Sierpinski*. Bentuk segitiga *Sierpinski* dapat dilihat pada Gambar 2.1.

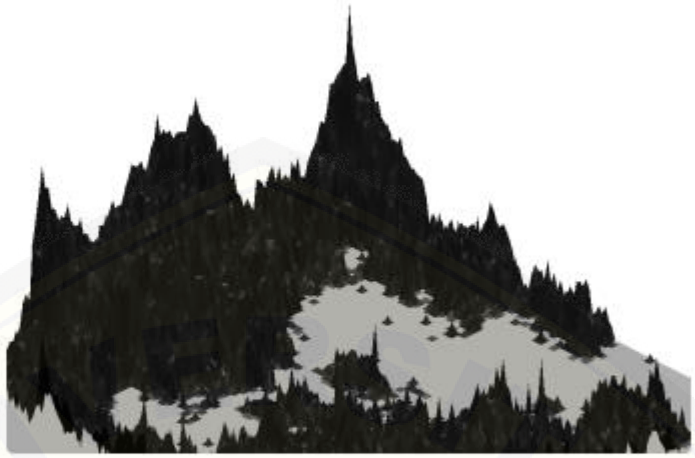
Gambar 2.1 Segitiga *Sierpinski*
(Sumber: Pratomo, 2014)

b) Karakteristik yang kedua adalah serupa diri sebagian. Fraktal jenis ini memiliki keserupaan yang tidak terlalu mirip jika diubah skalanya. Contohnya dari fraktal jenis tersebut adalah Himpunan Mandelbrot (*Mandelbrot set*). Gambar dari Himpunan Mandelbrot dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Himpunan Mandelbrot (*Mandelbrot set)*
(Sumber: Ashlock dan Jamiesen,s 2007)

c) Serupa diri secara statistik. Keserupaan dirinya bersifat statistik pada skala tertentu, jenis ini memiliki tingkat keserupaan yang paling lemah. Contoh dari fraktal yang serupa diri secara statistik adalah lanskap fraktal (Subiantoro, 2005). Contoh dari fraktal serupa statistik dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lanskap Fraktal
(Sumber : Turner, 1998)

Geometri fraktal dengan konsep-konsep serupa diri dan dimensi pecahan telah diterapkan secara meluas dalam mekanika statistika yang membahas sistem-sistem fisik dengan sifat-sifat yang terlihat acak. Sebagai contoh, simulasi fraktal telah digunakan untuk menggambar distribusi gugusan galaksi di seluruh alam semesta dan untuk mengkaji masalah-masalah yang berkaitan dengan gerak tak beraturan fluida. Geometri fraktal juga telah memberikan sumbangan pada grafik komputer. Algoritma fraktal telah memungkinkan pembuatan gambar Hidup dengan komputer dari objek-objek alam yang sangat tak beraturan dan rumit, seperti lereng pegunungan berbatu dan sistem lapisan kulit pohon yang rumit (Sahid, tanpa tahun).

2.2 Dimensi Fraktal

Selain memiliki sifat menyerupai diri, fraktal juga memiliki karakteristik lain, yaitu sebuah parameter yang disebut dimensi fraktal. Tidak seperti dimensi dalam geometri Euclid, titik merupakan dimensi nol, garis merupakan dimensi satu, bidang merupakan dimensi dua dan ruang merupakan dimensi tiga. Dimensi fraktal (FD) umumnya dinyatakan dengan bilangan bukan bulat yakni berupa bilangan pecahan.

Terdapat dua konsep dimensi yang berkaitan dengan karakteristik objek fraktal yaitu dimensi topologi dan dimensi Hausdorff. Dimensi topologi dilambangkan dengan D_τ dan dimensi Hausdorff dilambangkan dengan D. Dimensi topologi ini sesuai dengan dimensi menurut Euclid, yakni nilainya selalu berupa bilangan bulat. Besarnya dimensi topologi suatu objek di ruang R^n adalah bilangan bulat antara 0 dan n (Mandelbrot, 1983)

Suatu fraktal didefinisikan sebagai Himpunan yang mana dimensi Hausdorff lebih kuat dari pada dimensi topologinya. Dengan kata lain dimensi pada fraktal merupakan dimensi Hausdorff, yang memiliki nilai bukan bilangan bulat. Dimensi Hausdorff dilambangkan dengan D, banyaknya subunit atau subsegmen Hasil iterasi dari suatu objek fraktal dilambangkan dengan N, sedangkan panjangnya subsegmen tersebut dilambangkan dengan r, sehingga hubungan antara D, N dan r dinyatakan dengan persamaan $N = \left(\frac{1}{r}\right)^D$ (Mandelbrot,1983), dengan mengambil logaritma kedua ruas, maka dimensi suatu fraktal dapat dicari dengan persamaan (2.1) sebagai berikut

$$D = \frac{\log(N)}{log\left(\frac{1}{r}\right)} \tag{2.1}$$

2.3 Metode Eksponen Hurst

Metode eksponen Hurst pertama kali dikenalkan oleh H. E. Hurst pada tahun 1951. Metode ini terbukti dapat digunakan untuk menganalisa data runtun waktu dengan sangat baik (Mandelbrot, 1983). Nilai eksponen Hurst berada dalam rentang antara 0 dan 1. Dimensi fraktal suatu data runtun waktu dapat ditentukan melalui nilai eksponen Hurstnya. Dimensi fraktal yang telah dihitung dapat digunakan sebagai indikator untuk menguji kemungkinan dapat terprediksinya pola dinamika suatu data (Sampurno, 2011).

Nilai Eksponen Hurst dihitung dengan cara melihat tingkat kebergantungan nilai rasio perbandingan panjang jangkauan suatu data (R) terhadap nilai standar deviasi data pada rentang tersebut (S) yang di evaluasi untuk masing-masing nilai rentang (n). Nilai komponen n didapatkan dengan membagi banyaknya data (N)

dengan beberapa pembagi tetap ($n = \frac{N}{2}, \frac{N}{4}, \ldots\ldots$). Hurst menemukan bahwa skala perbandingan nilai $\frac{R}{S}$ meningkat seiring dengan bertambahnya nilai n melalui suatu Hubungan seperti pada Persamaan (2.2) (Selvi dkk, 2011):

$$\left(\frac{R(n)}{S(n)}\right) = cn^H \tag{2.2}$$

dengan :

R: Panjang jangkauan data

S: Standar deviasi

n: Panjang rentang data dengan ($n = \frac{N}{2}, \frac{N}{4}, \ldots\ldots$). dengan N banyak data pada setiap segmen data

c: Konstanta

H: Nilai eksponen Hurst

Analisis $\frac{R}{S}$ (*Rescaled Range Analysis*) mampu membedakan data runtun waktu acak dengan runtun waktu tidak acak, tanpa memperhatikan distribusi data runtun waktu tersebut (Yao dkk, 1999). Prosedur estimasi melibatkan tiga langkah dasar yaitu:

a. Menghitung nilai komulatif pada setiap titik waktu (Kale dan Butar, 2011)

$$\Gamma_{N,k} = \sum_{i=1}^{k}(F_i - \mu_N), \text{ dengan } (k = 1,2, \ldots \ldots N) \tag{2.3}$$

dengan:

$\Gamma_{N,n}$ = nilai komulatif pada setiap titik waktu

F_i = Nilai data pada waktu ke-i

μ_N = Rata-rata data

N = Banyak data

Selisih antara nilai komulatif maksimum dengan minimum, dinotasikan dengan :

$$R = Maks\left(\mathbb{\Gamma}_{N,k}\right) - Min\left(\mathbb{\Gamma}_{N,k}\right) \qquad (2.4)$$

dengan

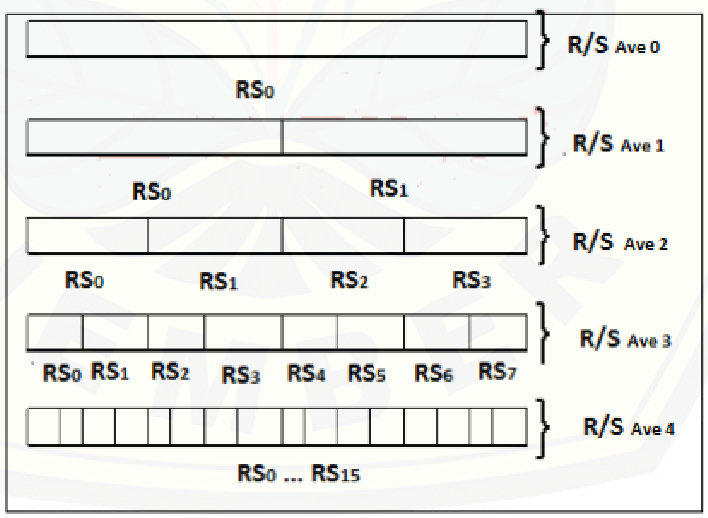
$Maks\left(\mathbb{\Gamma}_{N,k}\right)$ = nilai maksimum pada $(\mathbb{\Gamma}_{N,k})$

$Min\left(\mathbb{\Gamma}_{N,k}\right)$ = nilai minimum pada $(\mathbb{\Gamma}_{N,k})$

Kemudian menghitung standar deviasi, sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(F_i - \mu_N)^2} \qquad (2.5)$$

b. Selanjutnya menghitung nilai $\frac{R}{S}$ untuk $n = \frac{N}{2}$. Nilai $\frac{R}{S}$ dihitung sesuai dengan langkah pertama untuk pembagian menjadi dua segmen. Kemudian dihitung rata-rata dari nilai $\frac{R}{S}$. Langkah ini diulangi secara bersamaan pada interval yang lebih kecil untuk membagi data selanjutnya, pembagian setiap segmen yang diperoleh dari setiap langkah akan dihitung kembali nilai $\frac{R}{S}$ untuk setiap segmennya untuk memperoleh nilai rata-rata $\frac{R}{S}$. Pembagian segmen data eksponen Hurst dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses Analisis $\frac{R}{S}$ Untuk Estimasi Eksponen Hurst
(Sumber: Zakaria, 2016)

c. Nilai eksponen Hurst diestimasi dengan memplot nilai-nilai log $\frac{R}{S}$ dengan $\log N$. Kemiringan garis regresi dari kurva linier ini kemudian diaproksimasi sebagai nilai eksponen Hurst seperti persamaan (2.6) berikut:

$$log\left(\frac{R}{S}\right) = \log(c) + H\ log\ N \tag{2.6}$$

dengan *c* adalah konstanta, dan H adalah nilai eksponen Hurst

d. Menghitung dimensi fraktal didapat sesuai dengan persamaan (2.7).

$$D = 2 - H \tag{2.7}$$

Estimasi nilai eksponen Hurst (H) diperoleh dengan melakukan perhitungan slope grafik $log\ \frac{R}{S}$ terhadap masing-masing nilai $log\ N$ menggunakan regresi. Kemiringan garis regresi dari kurva linear ini diaproksimasi sebagai nilai H. Nilai H ini akan berada pada rentang antara 0 dan 1 $(0 < H < 1)$.

Berdasarkan nilai eksponen Hurst, suatu data runtun waktu dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Barbulescu, dkk, 2007):

a. Eksponen Hurst yang bernilai 0,5 (H = 0,5) menunjukkan bahwa data runtun waktu tersebut bersifat acak.
b. Eksponen Hurst yang bernilai antara 0 dan 0,5 (0 < H < 0,5) menunjukkan bahwa data runtun waktu tersebut bersifat *antipersistence*, artinya meningkatnya nilai data pada suatu waktu tertentu akan cenderung diikuti oleh menurunnya nilai data pada waktu berikutnya dan sebaliknya.
c. Eksponen Hurst yang bernilai antara 0,5 dan 1 (0,5 < H < 1) menunjukkan bahwa data runtun waktu tersebut bersifat *persistence* yang berarti bahwa meningkat atau menurunnya amplitudo nilai data pada suatu waktu tertentu akan cenderung diikuti oleh data berikutnya.

Nilai eksponen Hurst (H) menggambarkan probabilitas bahwa dua *event* konsekutif atau kejadian yang berurutan dapat muncul. Jika nilai H = 0,5, maka data deret waktu bertipe acak, terdiri atas event-event yang tidak independen, artinya tidak ada hubungan antara perubahan nilai dan perubahan waktu (nilai data tidak bergantung pada waktu). Pada kasus seperti inilah dinamika perubahan suatu data tidak dapat diramalkan, ketika 0 < H < 0,5 sistem yang diteliti merupakan *antipersistence* dengan frekuensi pembalik yang tinggi dan volatilitas yang tinggi, artinya penurunan nilai data pada waktu tertentu akan cenderung diikuti peningkatan nilai pada waktu berikutnya dan sebaliknya. Untuk nilai H yang berada pada rentang 0,5 < H < 1 memiliki pola data *persistence* dan adanya *trend* yang ditunjukkan oleh efek ingatan jangka panjang *(long memory effects)*, artinya arah perubahan data pada waktu tertentu akan cenderung diikuti oleh data berikutnya sehingga proses dinamika perubahan datanya menjadi mungkin untuk diramalkan. Suatu data akan dapat diramalkan atau tidak bergantung pada seberapa besar nilai H. Semakin rendah nilai H, lebih banyak *noise* pada sistem dan deret lebih mendekati keacakan.

Bersesuaian dengan nilai eksponen Hurst, jika dimensi fraktal suatu data runtun waktu bernilai 1,5 maka dapat diartikan bahwa proses perubahan nilai data setiap waktunya bersifat acak. Jika nilai dimensi fraktal berada pada rentang antara 1,5 dan 2 maka dapat disimpulkan bahwa proses pergerakan nilai data bersifat *anti-presistence*. Selanjutnya jika nilai dimensi fraktal suatu data runtun waktu berada pada rentang 1 sampai 1,5 maka nilai dimensi fraktal pada rentang ini menunjukkan bahwa data runtun waktu tersebut bersifat *persistence* (Rangarajan dan Sant, 2004).

2.4 *Box counting*

Selain eksponen Hurst, dimensi fraktal juga dapat dicari menggunakan metode *box counting*. Metode *box counting* merupakan salah satu metode yang umumnya telah dikenal untuk menghitung dimensi fraktal suatu citra. Suatu citra fraktal diletakkan pada suatu luasan bidang kotak, selanjutnya dihitung dengan seberapa banyak kotak yang diperlukan untuk menutup seluruh bagian fraktal tersebut.

Kemudian untuk menghitung dimensi *box counting* ini dihitung kembali banyaknya jumlah kotak yang berubah ketika ukuran kotak tersebut diperkecil hingga panjang sisi ε mendekati 0 (Sampurno, 2011).

Metode *box counting* atau yang sering dikenal dengan metode perhitungan kotak ini, merupakan metode yang digunakan untuk membagi suatu objek menjadi beberapa bagian kotak dengan berbagai variasi ukuran. Langkah –langkah bekerja dengan metode *box counting* adalah sebagai berikut:

a. Mengambil citra suatu objek fraktal yang akan dihitung dimensi fraktalnya
b. Membagi citra tersebut menjadi kotak-kotak dengan variasi ukuran yang berbeda
c. Menghitung banyaknya kotak yang berisi bagian objek pada citra N
d. Menghitung besarnya dimensi dengan persamaan (2.7) (Putra, 2009)

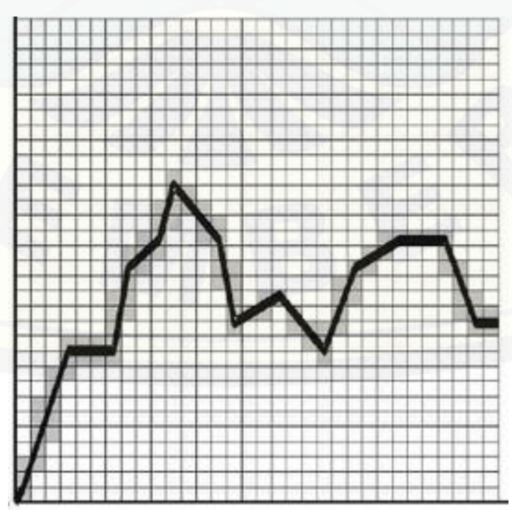
$$D(r) = \frac{\log N(r)}{\log \frac{1}{r}} \tag{2.7}$$

dengan:

D = Dimensi fraktal

N = Banyaknya kotak yang terisi objek

r = Variasi ukuran kotak



Gambar 2.5 Pebagian kotak pada metode *box counting*
(Sumber: Zeng,dkk. 1999)

Gambar 2.5 adalah ilustrasi untuk pembagian kotak suatu citra pada metode *box counting*. Gambar 2.5 menunjukkan pembagian variasi kotak dengan mengunakan r sebesar $\frac{1}{32}$ banyak kotak yang terisi adalah 92 kotak. Sehingga nilai dimensi fraktal sesuai persamaan 2.7 adalah $D = \frac{log\ 92}{log\frac{1}{1/_{32}}}$ = 1,30471250 . Nilai dimensi fraktal akan cenderung berbeda pada setiap variasi kotak yang dicoba akan tetapi setelah pembagi kotak ukurannya menjadi semakin besar, nilai dari dimensi fraktal mulai menuju ke suatu nilai yang tetap (meskipun nilainya tidak sama persis). (Zakaria, 2016).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari penelitian Yudistira (2017) yaitu data curah hujan Kabupaten Jember mulai Januari 2005 sampai Desember 2016 dan juga data curah hujan 2017 yang didapat dari penelitian Nikmatillah (2018).

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Penelitian modifikasi metode eksponen Hurst pada kasus curah hujan dengan pembagian segmen menggunakan faktor prima terkecil sebagai pembagi adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan literatur dan mempelajari teori-teori mengenai fraktal dan penerapannya khususnya yang berkaitan dengan penerapan eksponen Hurst. Literatur yang digunakan didapat dari berbagai sumber baik buku, jurnal, artikel, maupun bahan-bahan lain yang diperoleh dari internet.

b. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data dari penelitian sebelumnya yaitu oleh Yudistira (2017) dan Nikmatillah (2018).

c. Melakukan analisis $\frac{R}{S}$ menggunakan pembagian segmen data $n = \frac{N_i}{P_i}$, dimana N merupakan banyak data dan p adalah pembagi yang berupa faktor prima terkecil yang mungkin membagi.

1. Menghitung total komulatif pada setiap titik waktu:

$$\mathbb{\Gamma}_{N,k} = \sum_{i=1}^{k}(F_i - \mu_N), \text{ untuk } 0 < k < N \quad (3.1)$$

dimana F_i merupakan nilai data runtun waktu pada waktu ke-i

2. Menghitung selisih antara total komulatif terbesar dan terkecil menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = Maks\left(\mathbb{\Gamma}_{N,k}\right) - Min\left(\mathbb{\Gamma}_{N,k}\right) \tag{3.2}$$

3. Menghitung standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(F_i - \mu_N)^2} \tag{3.3}$$

4. Melakukan pembagian segmen data dengan pembagi yang berbeda berdasarkan faktor prima terkecil.
5. Memplot nilai-nilai $\log(\frac{R}{S})$ dengan $\log(N)$
6. Membuat persamaan regresi linier sederhana berdasarkan nilai-nilai $\log(\frac{R}{S})$ dengan $\log(N)$
7. Menghitung nilai eksponen Hurst (H) berdasarkan kemiringan dari garis regresi yang diaproksimasi
8. Menentukan nilai dimensi fraktal (FD) sesuai dengan persamaan (2.7)

d. Pembuatan Program

Pada langkah ini, Program yang akan dibuat meliputi program untuk metode modifikasi eksponen Hurst, metode eksponen Hurst (2^n), dan metode *box counting*. Skrip program berupa tampilan GUI yang dibuat menggunakan software MATLAB.

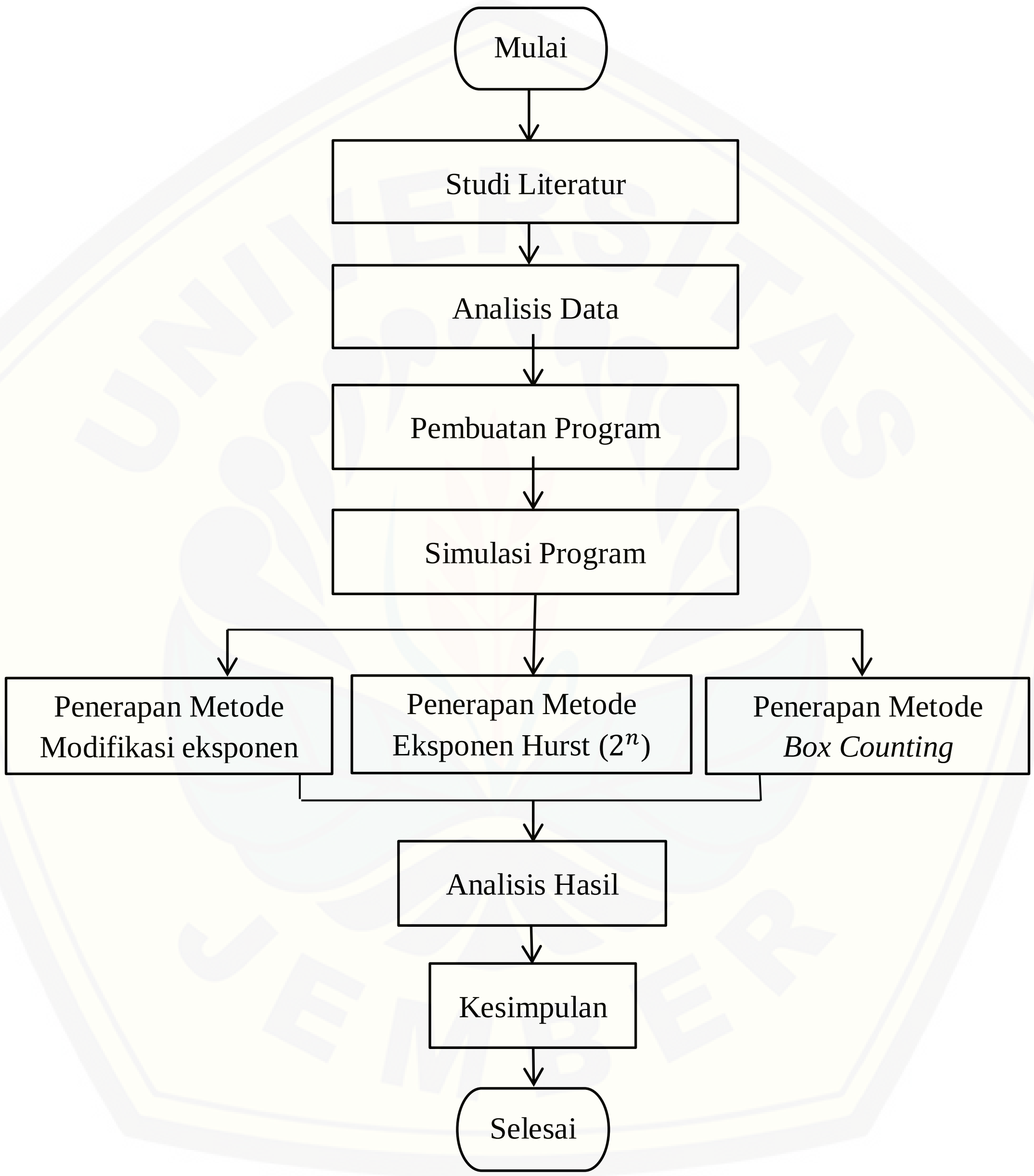
e. Simulasi Program

Simulasi program dilakukan dengan menguji coba program yang telah dibuat menggunakan aplikasi MATLAB pada data yang telah dipilih. Selanjutnya masing-masing data akan diproses menggunakan ketiga metode yaitu metode eskponen Hurst (faktor prima), metode eksponen Hurst (2^n), dan metode *box counting* .

f. Analisis Hasil

Nilai eksponen Hurst (H) dan dimensi fraktal (FD) yang diperoleh menggunakan metode eksponen Hurst (faktor prima) akan dibandingkan dengan hasil dari metode eksponen Husrt (2^n) dan metode *box counting*

Langkah-langkah penelitian di atas dapat digambarkan melalui skema diagram alur pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Skema Diagram Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan data maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

a. Metode modifikasi eksponen Hurst dapat digunakan untuk memperoleh nilai eksponen Hurst (H) dalam berbagai tipe data, seperti data genap, data ganjil, maupun data prima. Sebelumnya metode eksponen Hurst (2^n) hanya dapat digunakan untuk memperoleh nilai eksponen Hurst (H) untuk data yang hanya dapat dibagi (2^n) .

b. Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai eksponen Hurst (H) dari data curah hujan Kabupaten Jember berada pada rentang 0 sampai 0,5 dimana data runtun waktu tersebut memiliki karakteristik data *anti persistence*. Artinya data curah hujan tersebut tidak memilki kecenderungan untuk bertahan pada *trend* tertentu dan memiliki efek memori jangka pendek.

5.2 Saran

Penelitian tentang modifikasi metode eksponen Hurst pada kasus data curah hujan terbukti dapat digunakan untuk menentukan pola data pada kasus curah hujan di Kabupaten Jember dengan berbagai tipe data. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan data runtun waktu selain data curah hujan. Bisa menggunkan data runtun waktu penjualan saham atau data runtun waktu yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Ashlock, D dan Jamiesen, B. 2007. Evolutionary Cumputation to Search Mandelbrot Sets for Aesthetic Image. *Journal of Mathematics and Arts*. Vol 1: 147-158

Aryani, D. 2014. *Aplikasi Metode Eksponen Hurst dalam Analisis Fraktal Curah Hujan Bulanan di Beberapa Daerah Pulau Lombok Tahun 2008-2012*. Skripsi. Mataram: Universitas Mataram

Barbulescu, A., Cristina, S, dan Cermen, M. 2007. Evaluation of Exponent for Precipitation Time Series. *Latest Trends on Computers*. Vol. 2: 590-595

Exsa, Rizki Yara N. 2016. *Analisis Statistik Dan Dimensi Fraktal Sinyal Elektrokardiografi*.Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Bandar Lampung

Hanke, J.E. dan Wichern, D. W (2005). *Business Forcasting Eight Edition*. New Jersey: Parson Prentice Hal

Hasang, S. dan Supardjo, S. 2012. Geometri Fraktal dalam Rancangan Arsitektur. *Jurnal Matematika*. Vol. 9 (1): 111-116.

Kale, M. and Butar, F. B. 2011. Fractal Analysis of Times Series and Distribution Properties of Hurst Eksponent. *Journal of Mathemathical Sciences and Mathematics Education*. Vol 5 (1).

Mandelbrot, B. B. 1983. *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W.H Freeman and Company.

Muharam, H dan Muhammad, P. 2008. Multifraktalitas dan Studi Komparatif Prediksi Indeks Dengan Metode Arima dan *Artificial Neuron Networks* (ANN). *Journal The Winners*, Vol. 9 (2): 112-123

Halief, K., R. D. P. Ningsih, dan Nuryanto. 2011. Pengembangan Teknik Bioretention dalam Mengatasi Limpasan Air Hujan. *Proceeding PESAT (Psikologi Ekonomi, Sastra, Arsitektur dan Sipil)*. ISSN:1858-255. 4(1).

Nikmatillah, V. M. 2018. Prediction Interval Pada Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) Untuk Peramalan Curah Hujan dan Kekeringan. *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember

Pratomo, A.B. 2014. *Penerapan Rekursi dalam Pembuatan Segitiga Sierspinski dengan Menggunakan Action Script 3*. Bandung: Program studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung.

Putra, K. G. D. 2009. Sistem Verifikasi Biometrika Telapak Tangan dengan Meteode Dimensi Fraktal dan Lacunarity. *Teknologi Elektro*. **8**(2): 1-6.

Rangarajan, G. dan Sant, D. A. 2004 *:* Fractal Dimensional Analysis of India Climatic Dynamics. *Chaos, Solution and Fractal*. Vol 19: 285-291.

Rani, Manta, Raiz Ul Haq, dan Deepak Kuman Verma. 2012. *Variants of Koch Curve: A Review*. Malaysia: Universiti Malaysia Pahang

Ruminta, 2012. Sifat Fraktal dan Siklus Hidrometeorologi Daerah Aliran Sungai Citarum. Universitas Padjajaran. http://blogs.unpad.ac.id/ruminta/files/2012/07/Jurnal_JTM.pdf. [13 September 2018]

Sahid. *Fraktal-Kurva yang Menyerupai Diri Sendiri*. Lab Komputer Jurdik Matematika FMIPA UNY. http://staffnew.uny.ac.id/upload/131930136/penelitian/Fractal.pdf. [20 Mei 2018].

Sampurno, J. 2011. Analisis Fraktal Curah Hujan Bulanan Kota Pontianak Dengan Metode Eksponen Hurst. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol. 1 (3): 128-131.

Santosa, P. I. 1994. *Grafika komputer dan Antarmuka Grafis Teknik Penyusunan Program Aplikasi Berbasis Grafis yang Profesional*. Yokyakarta: Andi Offset.

Selvi, S., Tamil, Selvaraj, R., Samuel. 2011. Fractal Dimention Analysis of Northeast Monsoon of Tamil Nadu. *Universal Journal of Enviromental Research and Tecnology*. Vol. 1 (2): 2019-221

Subiantoro, N. 2005. *Penentuan Dimensi Objek Fraktal dengan Metode Box Counting*. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Tuner, M. 1998. *Modelling Nature With Fractals*. Imaging Research Center, De Monfort University

Yao, J., Lim Tan,C., dan Jean-Lee, P. (1999). Neural networks for technical analysis: A study on KLCI. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*. Vol 2 (2): 221-241

Yudistira, I. 2017. Pengelompokan Stasiun Hujan Melalui Variabel Geografis Pada Pemodelan GSTAR Musiman untuk Peramalan Curah Hujan di Kabupaten Jember. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember

Zakaria, A. F. 2016. *Penerapan Metode Eksponen Hurst dan Box Counting Pada Kasus Curah Hujan*. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

Zeng. X., L.Koechl, C.Vasseur. 1999. Design and Implementation of an Estimator of Fractal Dimention Using Fuzzy Techniques. *The Journal of The Pattern Recognition Socity*. Vol (34) 151-169

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Data Curah Hujan Kabupaten Jember

	Data Curah Hujan (mm)											
Bulan / Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2005	153,935	220,545	246,156	188,870	8,896	53,389	48,675	13,337	11,506	111,766	141,961	532,909
2006	369,325	305,662	318,792	256,922	155,545	8,883	1,168	0,194	1,701	3,701	88,831	243,974
2007	114,104	272,948	213,169	214,948	101,883	61,584	16,376	7	0,142	56,232	192,455	470,039
2008	258,961	299,714	415,429	118,844	70,831	7,519	0	17,207	0,285	180,273	325,039	431,117
2009	292,338	269,792	163,974	97,7273	140,870	44,454	26,493	0,805	11	38,363	149,156	157,688
2010	375,61	287,545	283,377	321,468	245,078	91,7273	100,377	48,961	212,623	204,237	257,753	265,455
2011	306,909	224,416	241,338	273,974	132,130	7,168	3,753	0	3,8961	67,7532	260,039	384,481
2012	394,403	298,558	287,974	167,831	101,597	14,039	60,610	0	0,701	58,090	153,532	339,948
2013	508,377	239,247	192,078	208,416	188,299	146,117	77,519	2,4026	0,350	50,295	282,403	469,779
2015	241,455	304,883	256,948	260,416	69,2078	20,233	4,688	0	0	0,207	105,571	246,104
2016	215,273	446,052	192,974	210,234	213,792	172,221	93,415	69,727	136,39	278,792	356,675	364,130
2017	294,182	205,740	239,104	245,143	82,454	60,194	6,636	2,571	26,779	131,377	359,494	329,494

Lampiran B Nilai Eksponen Hurst Data Prima Untuk Data 149

Nilai Eksponen Hurst (H)						
No	Data	Modifikasi eksponen Hurst		Eksponen Hurst ((2^n))		Box counting
		Nilai (H)	Titik regresi	Nilai (H)	Titik regresi	
1.	149	Tidak dapat ditentukan	-	Tidak dapat ditentukan	-	0,3835
2.	149+	0,12345	4	0,02735	2	

Lampiran C Nilai Eksponen Hurst Data Prima Untuk Data 139

Nilai Eksponen Hurst (H)						
No	Data	Modifikasi eksponen Hurst		Eksponen Hurst ((2^n))		Box counting
		Nilai (H)	Titik regresi	Nilai (H)	Titik regresi	
1.	139	Tidak dapat ditentukan	-	Tidak dapat ditentukan	-	0,3932
2.	139+	0,27814	4	0,061097	3	

Lampiran D Nilai Eksponen Hurst Data Prima Untuk Data 137

Nilai Eksponen Hurst (H)						
No	Data	Modifikasi eksponen Hurst		Eksponen Hurst ((2^n))		Box counting
		Nilai (H)	Titik regresi	Nilai (H)	Titik regresi	
1.	137	Tidak dapat ditentukan	-	Tidak dapat ditentukan	-	0,3943
2.	137+	0,084423	3	0,045146	2	

Lampiran E. Skrip Progam Metode Eksponen Hurst (2^n)

```
function [interval lon lors xy xkuad a b D
cek]=exponen_hunst2(data,ave)
n=length(data);
y=1;
for j=1:ave
    w=1;
    t=zeros(1,1);T=zeros(1,1);RS=zeros(1,1);
    ce=mod(n,y);
   if ce==0
        g=(n/y);
        nbaru=(n/y);
        interval(j)=nbaru;
        kp=n/interval(j);
        cek=0;
    else
        cek=1;
        break
    end
    %PEMBAGIAN DATA
    for i=1:y
        dat=data(w:g);
        Mn=sum(dat)/length(dat);
        t(1)=dat(1)-Mn;
        T(1)=(t(1))^2;
        jml=T(1);
        for z=2:nbaru
            w=w+1;
            t(z)=(t(z-1)+dat(z))-Mn;
            T(z)=(t(z))^2;
            jml=jml+T(z);
        end
        w=w+1;
        g=g+nbaru;
        %STANDART DEVIASI
        R=max(t)-min(t);
        S=sqrt(jml/(nbaru-1));
        RS(i)=R/S;
    end
```

```
%EKSPONENT HUNST
    Ave(j)=sum(RS)/y;
    lon(j)=log10(interval(j));
    lors(j)=log10(Ave(j));
    y=2^(j);
end
xy=lon.*lors;
xkuad=lon.*lon;
y=lors;
x=lon;
a=(sum(y)*sum(xkuad)-
(sum(x)*sum(xy)))/(ave*sum(xkuad)-(sum(x))^2);
b=(ave*sum(xy)-(sum(x)*sum(y)))/(ave*sum(xkuad)-
(sum(x))^2);
D=2-b;
```

Lampiran F. Skrip Program Metode Modifikasi Eksponen Hurst

```
function [interval lon lors xy xkuad a b
D]=exponen_hunst(data)
n=length(data);
fs=[1 faktorprima(n)];
n2=length(fs);
fs=fs(1:n2-1);
ave=length(fs);
nbaru=n;
y=fs(1);
for j=1:ave
    w=1;
    t=zeros(1,1);T=zeros(1,1);RS=zeros(1,1);
    if cek3(fs)==1
            if j>1
                y=y*fs(j);
            end
            ce=mod(n,y);
            if ce==0
                g=(n/y);
                nbaru=(n/y);
                interval(j)=nbaru;
                kp=n/interval(j);
                cek=0;
            else
                cek=1;
                break
            end
    else
            y=fs(j);
            g=(nbaru/y);
            nbaru=(nbaru/y);
            interval(j)=nbaru;
            kp=n/interval(j);
    end
```

```
%PEMBAGIAN DATA
    for i=1:y
        dat=data(w:g);
        Mn=sum(dat)/length(dat);
        t(1)=dat(1)-Mn;
        T(1)=(t(1))^2;
        jml=T(1);
        for z=2:nbaru
            w=w+1;
            t(z)=(t(z-1)+dat(z))-Mn;
            T(z)=(t(z))^2;
            jml=jml+T(z);
        end
        w=w+1;
        g=g+nbaru;
        %STANDART DEVIASI
        R=max(t)-min(t);
        S=sqrt(jml/(nbaru-1));
        RS(i)=R/S;
    end
    %EKSPONENT HUNST
    Ave(j)=sum(RS)/y;
    lon(j)=log10(interval(j));
    lors(j)=log10(Ave(j));
end
xy=lon.*lors;
xkuad=lon.*lon;
y=lors;
x=lon;
a=(sum(y)*sum(xkuad)-(sum(x)*sum(xy)))/(ave*sum(xkuad)-
(sum(x))^2);
b=(ave*sum(xy)-(sum(x)*sum(y)))/(ave*sum(xkuad)-
(sum(x))^2);
D=2-b;
```

Lampiran G. Skrip Program Metode *Box Counting*

```
function [g D h]=box_count(b,L)
L=2^L;
[m n]=size(b);
T=L;
lbr=floor(n/L);
tinggi=floor(m/T);
t=1;r=0;yy=0;in=0;
for j=1:T
    op=1;
    for i=1:L
        yy=yy+1;
        mat=b(t:tinggi*j,op:lbr*i);
        op=op+lbr;
        cek=cek1(mat);
        if cek==1
            in=in+1;
            r=r+1;
            Dx(in)=yy;
            Dy(in)=-(log10(r)/log10(1/L));
        end
    end
    t=t+tinggi;
end
D=-(log10(r)/log10(1/L));
g=log10(r);
h=-log10(1/L);
```