

## PENGEMBANGAN METODE ANALISIS BEBAN KERJA WAKTU DALAM INTERPOLASI MENGGUNAKAN PENDEKATAN NON LINIER

*Imron Ade Rangga, Ni Luh Cynthia Chevi Rahayu, Andang Kurniawan,  
Desak Putu Okta Veanti*

*Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan  
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*

---

### ABSTRAK

Waktu komputasi dalam interpolasi spasial merupakan hal yang penting karena berkaitan dengan pengelolaan dan penyediaan informasi meteorologi yang efektif dan efisien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beban kerja waktu komputasi serta mendapatkan fungsi waktu dari parameter-parameter interpolasi spasial dengan memperhatikan nilai angka penting, resolusi, dan jumlah titik data awal. Data yang digunakan berupa data acak yang dihasilkan oleh fungsi *runif* di *R*. Data acak tersebut memiliki 0, 3, dan 6 angka desimal. Jumlah titik yang digunakan yaitu berjumlah 10, 50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 dan 8000 dengan variasi resolusi luaran 0.5, 0.25, 0.05, 0.01 dan 0.005. Data-data ini selanjutnya diolah menggunakan piranti keras dan piranti lunak yang berbeda. Data kemudian dijalankan untuk interpolasi *Inverse Distance Weighted*. Lama waktu suatu pekerjaan interpolasi dapat dihitung melalui nilai jumlah titik (*n*) dan resolusi (*r*). Hasil menunjukkan bahwa nilai waktu (*T*) dapat didekati dengan persamaan: Waktu (*n, r*) =  $C1 * \text{Log}(n) * \text{res}^{-2} + C2 * \text{res}^{-2} + C3 * e^{\text{Log}(n)} + C4$ . Dimana konstanta *C1*, *C2*, *C3* dan *C4* berbeda sesuai dengan spesifikasi perangkat lunak dan perangkat keras. Dengan menggunakan pendekatan ini, standar penyelesaian waktu suatu pekerjaan interpolasi diharapkan dapat dikaji lebih baik.

**Kata kunci** : waktu, beban kerja, interpolasi

### ABSTRACT

Computational time for spatial interpolation is important to manage meteorological information effectively and efficiently. Therefore, this study aims to analyze the workload of computational time and gets the formulation for computational time based on three parameters: important numbers, resolutions, and the number of initial data points. Data used in this study is generated randomly by the 'runif' function in software *R*. The random data has 0, 3, and 6 decimal numbers. The number of points used is 10, 50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 and 8000 with the output resolution varies as follows: 0.5, 0.25, 0.05, 0.01 and 0.005. Consequently, the data are processed using different type of hardwares and softwares, and executed for *Inverse Distance Weighted (IDW)* interpolation. The computational time can be calculated by the point number (*n*) and resolution (*r*) values. The result shows that the time length (*T*) can be approximated by the equation: Time (*n, r*) =  $C1 * \text{Log}(n) * \text{res}^{-2} + C2 * \text{res}^{-2} + C3 * e^{\text{Log}(n)} + C4$ . Where the constants *C1*, *C2*, *C3* and *C4* differ according to software and hardware specifications. Using this approach, the computational time for spatial interpolation is expected to be studied better.

**Keywords** : time ,workload, interpolation

---

## 1. PENDAHULUAN

Penyediaan informasi spasial curah hujan merupakan salah satu tugas dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Pengamatan curah hujan dilakukan oleh Unit Pelaksana Teknis (UPT) dan pos kerjasama BMKG yang tersebar di wilayah Indonesia. Namun jumlah UPT dan pos kerjasama BMKG yang tersedia masih belum mampu untuk mewakili wilayah di Indonesia. Maka dibutuhkan pengembangan teknologi berupa komputasi. Pengkomputasian juga mengalami perkembangan seiring dengan perubahan zaman. Dengan kemajuan teknologi komputasi memberikan peluang dalam memberikan informasi pada wilayah yang tidak terdapat pengamatan. Salah satunya dengan memanfaatkan metode interpolasi spasial yaitu *Inverse Distance Weighted* (IDW). Metode IDW memiliki pengaruh yang bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak yang memberikan bobot yang lebih besar pada titik yang terdekat dibandingkan dengan titik yang lebih jauh (Watson dan Philip, 1985). Selain itu IDW merupakan metode yang membutuhkan input data yang relatif sedikit (Yanto dkk., 2017). Untuk menjalankan metode tersebut kami menggunakan SAGA, perangkat lunak yang menyediakan algoritma spasial (Hengl, 2007). Dalam proses pengolahannya, SAGA membutuhkan piranti lain yaitu R. R menyediakan berbagai aplikasi statistika seperti linear dan non linear *modelling, classical statistical tests, time series analysis, classification, clustering* dan teknik penampilan simulasi grafik (Budiharto dan Rachmawati, 2013).

Komputasi parameter waktu dalam reformasi birokrasi merupakan sesuatu yang harus diefektifkan dan diefisienkan. Untuk itu, jenis *processor* perangkat maupun piranti lunak juga ikut mendukung proses kecepatan dalam menyelesaikan pekerjaan. Dalam usaha meningkatkan kualitas informasi serta efisiensi waktu, diperlukan sebuah pengembangan baik dari segi metode pengolahan data maupun teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa beban waktu yang diperlukan untuk menjalankan interpolasi IDW pada dua perangkat keras yang berbeda dan dua tipe

perangkat lunak yaitu SAGA 32 bit dan 64 bit. Selain menganalisa perbandingan waktu pada perangkat-perangkat tersebut, penelitian ini juga menghasilkan fungsi empiris waktu yang dibutuhkan untuk interpolasi IDW. Kedepannya diharapkan hasil penelitian ini bisa menjadi acuan bagi pembaca dalam menyelesaikan suatu pekerjaan secara efektif dan efisien.

Pengelolaan waktu dikatakan penting bilamana jumlah data yang diolah tidak sedikit (WMO, 2009). Mengingat luas wilayah Indonesia dan banyaknya parameter meteorologi yang harus diolah, waktu running merupakan sumber daya yang berharga. Diharapkan, lembaga terkait dapat memanfaatkan penelitian ini untuk mengetahui beban kerja waktu komputasi.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan dua perangkat keras yaitu perangkat yang memiliki spesifikasi prosesor "1.7 GHz RAM 2GB" dan prosesor "3.58 GHz RAM 8GB". Untuk perangkat lunak sendiri digunakan SAGA 32 bit dan SAGA 64 bit. Selanjutnya yang disebut perangkat 1 dalam penelitian ini adalah perangkat yang memiliki spesifikasi prosesor "1.7 GHz RAM 2GB" dan menjalankan perangkat lunak SAGA 32bit, perangkat 2 adalah perangkat yang memiliki spesifikasi prosesor "3.58 GHz RAM 8GB" dan menjalankan perangkat lunak SAGA 32bit, dan perangkat 3 adalah perangkat yang memiliki spesifikasi prosesor "3.58 GHz RAM 8GB" dan menjalankan perangkat lunak SAGA 64bit.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data acak yang dihasilkan oleh fungsi *runif* (Toomet dan Henningsen, 2008) di R dan memiliki 0, 3 dan 6 angka desimal. Lokasi penelitian diambil secara acak yang dihasilkan oleh fungsi *runif* di R yang dibatasi dengan  $90^{\circ}$  -  $140^{\circ}$  BT dan  $8^{\circ}$  LU -  $12^{\circ}$  LS. Jumlah titik yang digunakan yaitu berjumlah 10, 50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 dan 8000 dengan variasi resolusi luaran 0.5, 0.25, 0.05, 0.01 dan 0,005.

Data kemudian diolah untuk proses interpolasi menggunakan *inverse distance weighted* (IDW) dengan *number of interpolation points* = 8 dan *power* = 5 (USAID, 2017). SAGA disetiap perangkat dijalankan dengan aplikasi *command*

*prompt (windows)* (Yang, 2015) agar dapat melakukan modifikasi script dan *running* sekaligus tanpa memberatkan beban komputer untuk menampilkan *graphic user interface (GUI)*. Dalam menjalankan interpolasi, dipasang script untuk mengetahui waktu mulai dan waktu selesai pengerjaan. Data waktu hasil proses ini dicatat, disusun dan diolah dalam *spreadsheet*. Data kemudian di plot untuk mengetahui pola yang dihasilkan.

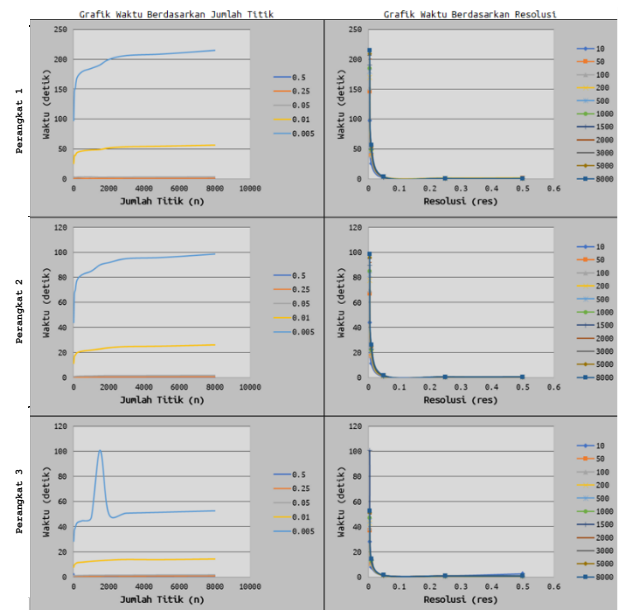
Proses selanjutnya adalah mencari pendekatan fungsi waktu dari variabel jumlah titik dan resolusi. Pendekatan pertama yang dilakukan menggunakan analisis multivariate (Yusuf,2003) yaitu regresi linier berganda. Hasil yang didapat ternyata tidak sesuai terutama pada resolusi besar ( $\leq 0.25$ ). Oleh karena itu penyesuaian diperlukan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode regresi sederhana yang dimodifikasi untuk memperoleh fungsi waktu yang paling mendekati hasil running.

Setelah fungsi waktu hasil metode regresi sederhana yang dimodifikasi didapat, selanjutnya dilakukan validasi. Waktu hasil pendekatan fungsi waktu dan waktu hasil running dibandingkan dengan mencari nilai korelasi, *p-value* dan *mean absolute error (MAE)*. Korelasi digunakan untuk mengetahui seberapa erat nilai waktu hasil running dan hasil perhitungan fungsi waktu serta seberapa besar nilai waktu hasil running dapat dijelaskan oleh fungsi waktu. *P-value* menjelaskan apakah korelasi tersebut signifikan secara statistik. Di dalam penelitian ini, *p-value* dibatasi maksimal 0,05 mengingat nilai ini menunjukkan bahwa korelasi signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan MAE merupakan perhitungan statistik yang paling sering digunakan untuk pengukuran akurasi. Analisis MAE digunakan untuk menghitung nilai rata-rata selisih antara nilai prediksi dengan nilai sebenarnya [10]. MAE menghasilkan nilai seminimal mungkin dengan memberikan bobot yang sama untuk seluruh data (tidak memperhatikan outlier). Semakin kecil nilai MAE menandakan semakin akurat prediksi nilai rating (Xue dkk., 2005).

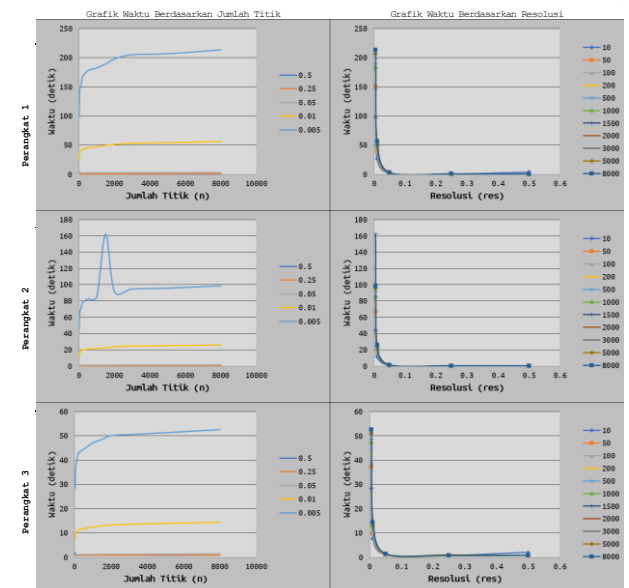
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil running tidak terlihat signifikansi dari angka penting desimal berpengaruh terlalu besar terhadap waktu penyelesaian tugas. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan waktu yang relatif sama untuk setiap angka penting desimal. Data hasil running yang didapat ditunjukkan pada Lampiran 1.

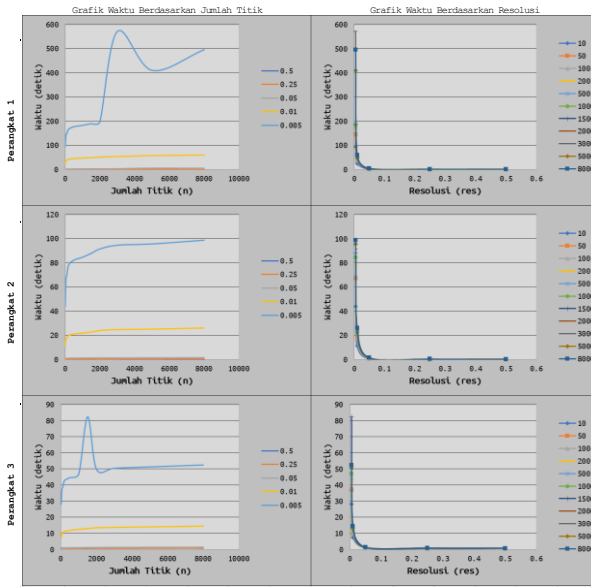
Hasil running 1,2 dan 3 (Gambar 1,2 dan 3) menunjukkan bahwa jumlah titik (*n*) merupakan fungsi logaritmik dan resolusi (*res*) merupakan fungsi eksponensial yaitu  $res^{-2}$ .



Gambar 1. Grafik hasil running ke-1



Gambar 2. Grafik hasil running ke-2



Gambar 3. Grafik hasil running ke-3

Pendekatan fungsi waktu pertama menggunakan regresi linier berganda, data sampel yang digunakan adalah data hasil running ketiga, dikarenakan bahwa hasil running ke-3 cenderung stabil. Dari pendekatan regresi linier berganda, diperoleh persamaan umum sebagai berikut:

$$Waktu(n, r) = C1 * Log(n) + C2 * res^{-2} + C3 \quad (1)$$

Persamaan waktu tersebut kemudian diterapkan pada data acak yang sudah dijelaskan pada bagian Metode. Tabel hasil pendekatan dengan regresi berganda dapat dilihat pada lampiran 2.

Berdasarkan validasi regresi berganda (lampiran 2) diketahui bahwa pendekatan melalui regresi berganda tidak cocok dengan hasil data hasil running (terlalu besar/melampaui nilai data hasil running) terutama pada resolusi besar ( $\leq 0.25$ ). Pendekatan waktu yang dihasilkan, jauh melampaui nilai data yang ada. Pendekatan menggunakan regresi berganda dianggap tidak memenuhi tujuan penelitian ini dan perlu digunakan pendekatan lain yang lebih relevan. Oleh karena itu, kami menggunakan pendekatan persamaan waktu dengan metode lain yaitu

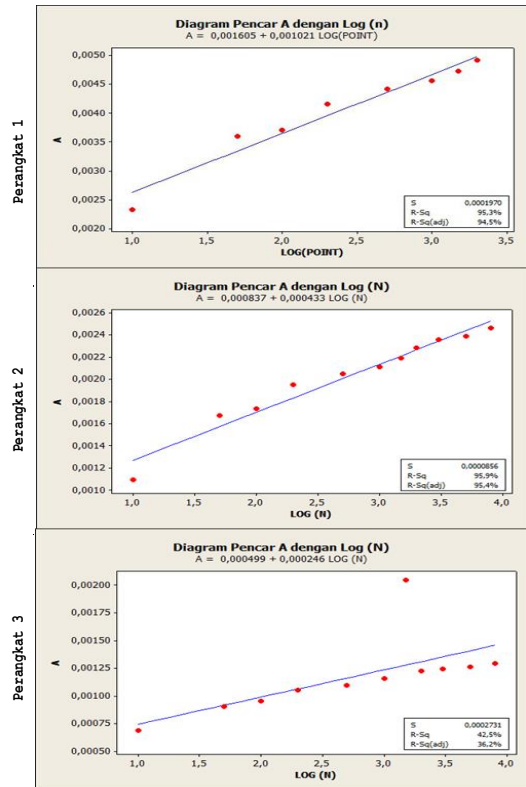
metode regresi sederhana yang dimodifikasi. Rumus regresi sederhana tersebut adalah sebagai berikut :

$$Waktu = A * res^{-2} + B \quad (2)$$

dengan A dan B merupakan sebuah angka atau fungsi lain dari sebuah variabel. Dalam penelitian ini A dan B merupakan fungsi dari sebuah variabel lain. A merupakan fungsi dari variabel log (n) dengan fungsi sebagai berikut :

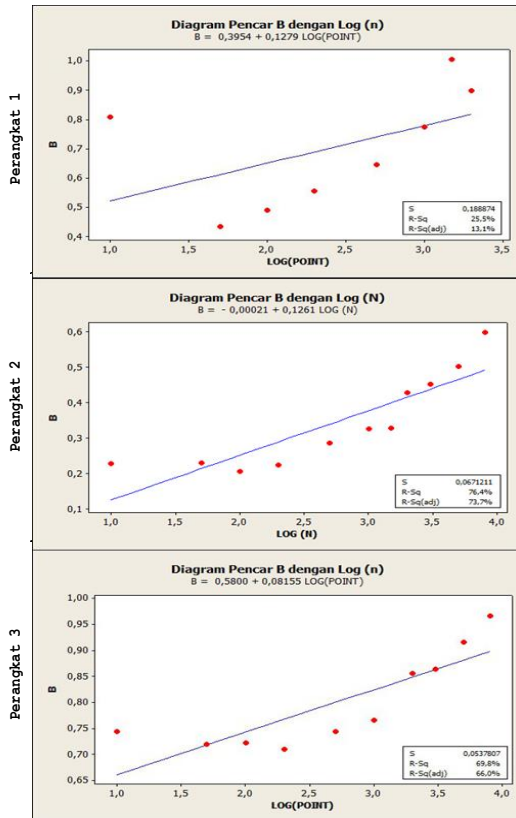
$$A = C1 * Log(n) + C2 \quad (3)$$

Semua nilai indeks A hasil regresi pada fungsi (1) diturunkan menjadi fungsi yang memiliki indeks C1 dan C2. Kecocokan data data hasil running dan garis regresinya dapat dilihat pada gambar 4. Persebaran data terletak disekitar garis regresi yang menghasilkan korelasi yang tinggi.



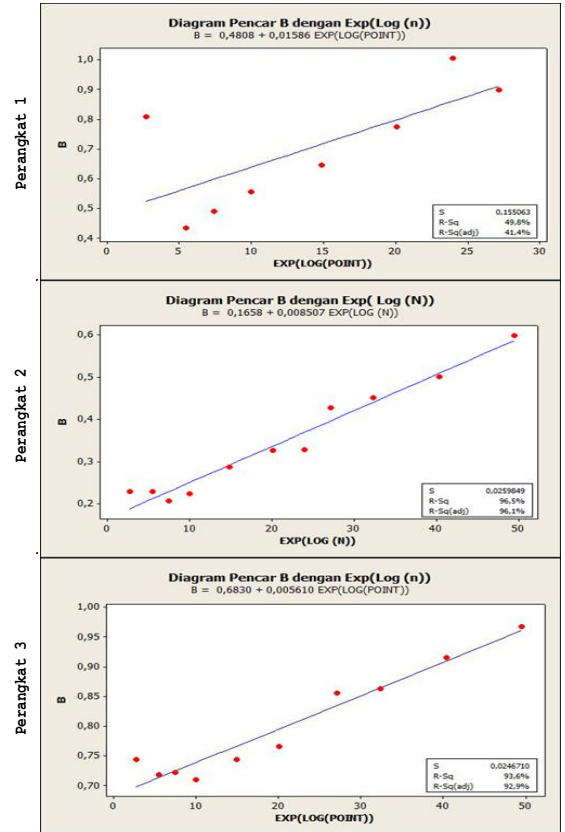
Gambar 4. Diagram Pencar A dengan log (n)

Indeks B pada awalnya diasumsikan sebagai fungsi dari log (n). Akan tetapi, setelah dilakukan pencocokan, titik-titik data data hasil *running* kurang sesuai terhadap garis regresi sehingga perlu ditransformasikan terlebih dahulu. Persebaran data dengan menggunakan fungsi log (n) pada Gambar 5 terlihat cenderung menyebar menjauhi garis regresi sehingga korelasi yang dihasilkan lebih kecil.



Gambar 5. Diagram pencar B dengan log (n)

Variabel log (n) kemudian ditransformasikan menjadi  $e^{\log(n)}$ . Setelah dilakukan pencocokan terhadap garis regresi, persebaran data yang dihasilkan relatif sesuai dengan garis regresi (Gambar 6). Terlihat bahwa persebaran data berada di sekitar garis regresi sehingga menghasilkan nilai korelasi lebih tinggi dari sebelumnya.



Gambar 6. Diagram pencar B dengan exp (log (n))

Dari proses pencocokan tersebut, diperoleh keputusan bahwa B merupakan fungsi dari exp (log (n)). Sehingga, fungsi B dinyatakan sebagai berikut :

$$B = C3 * e^{\text{Log}(n)} + C4 \quad (4)$$

Selanjutnya, gabungan persamaan (2), (3) dan (4) menghasilkan persamaan umum sebagai berikut :

$$\text{Waktu} = C1 * \text{Log}(n) * \text{res}^{-2} + C2 * \text{res}^{-2} + C3 * e^{\text{Log}(n)} + C4 \quad (5)$$

Regresi sederhana yang telah dimodifikasi dengan cara yang sama kemudian diterapkan pada seluruh hasil *running* untuk memastikan bahwa Persamaan (5) dapat mendekati waktu yang diperoleh hasil *running* tersebut. Hasil Persamaan (5) yang diterapkan pada hasil *running* pertama, kedua dan ketiga dapat dilihat pada Lampiran 3.

Selanjutnya dihitung nilai korelasi dari data data hasil *running* dan hasil fungsi waktu dari pendekatan regresi sederhana yang sudah dimodifikasi. Nilai korelasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil Korelasi

Hasil Korelasi			
	Perangkat 1	Perangkat 2	Perangkat 3
Running 1	0.999004	0.999002	0.944052
Running 2	0.999004	0.965419	0.999496
Running 3	0.920166	0.998993	0.972875

Tabel 8 menunjukkan bahwa hasil korelasi dari rumus pendekatan waktu memiliki nilai  $r \geq 0,84$  dan bertanda positif. Ini artinya hasil pendekatan waktu dengan data hasil *running* memiliki hubungan berbanding lurus. Jika hasil pendekatan waktu meningkat maka waktu hasil *running* juga meningkat, dan sebaliknya.

Untuk mengetahui apakah hasil pendekatan fungsi waktu signifikan secara statistik, digunakan *p-value* dengan nilai  $\alpha=0,05$ . Jika nilai *p-value* lebih kecil atau sama dengan  $\alpha$  artinya hasil pendekatan waktu secara statistik berarti signifikan, dan sebaliknya. Hasil analisis *p-value* dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil *p-value*

Hasil Tes <i>p-value</i> Pendekatan Waktu dengan Hasil Running			
	Perangkat 1	Perangkat 2	Perangkat 3
Running 1	5.07E-74	3.09E-73	3.38E-27
Running 2	2.87E-73	1.28E-32	4.26E-81
Running 3	3.08E-23	3.86E-73	2.26E-35

Berdasarkan Tabel 9, semua nilai *p-value*  $\leq 0,05$  sehingga semua korelasi antara hasil pendekatan fungsi waktu dengan waktu hasil *running* bersifat signifikan.

Untuk mengetahui akurasi dari fungsi waktu hasil pendekatan regresi linier sederhana yang dimodifikasi, nilai MAE dihitung. Hasil analisis MAE dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil MAE

Hasil MAE Pendekatan Waktu dengan Hasil Waktu Running		
Perangkat 1	Perangkat 2	Perangkat 3
8.692732	1.372377	1.157723

Dari perhitungan akurasi dengan MAE didapat bahwa perangkat 1 memiliki kesalahan 17.2% terhadap rata-ratanya, perangkat 2 sebesar 9.3% dan perangkat 3 sebesar 6.5%. Sehingga berdasar nilai koreksi tersebut dapat dikatakan bahwa perangkat 3 memiliki akurasi yang tinggi karena memiliki nilai koreksi MAE paling rendah. Ini dapat dipahami mengingat perangkat 3 memiliki spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang paling baik.

Dari hasil *running* dan pendekatan rumus waktu diperoleh bahwa perangkat 3 melakukan proses komputasi lebih cepat 41.6% dibanding perangkat 2. Hal ini dikarenakan versi 64bit mentransfer data lebih banyak dari 32bit saat melakukan proses komputasi pada saat waktu yang bersamaan sehingga saat program dijalankan data yang diolah pada 64bit lebih banyak dari 32 bit. Hal ini akan mempersingkat waktu proses komputasi yang dilakukan (Shelly dan Vermaat, 2011). Perangkat 2 melakukan proses komputasi lebih cepat 57.9% terhadap perangkat 1 hal ini dikarenakan perbedaan prosesor yang digunakan. Perbedaan prosesor yang digunakan ini mengakibatkan perbedaan teknologi yang diterapkan pada prosesor tersebut sehingga kemampuan perangkat 2 dan perangkat 3 lebih unggul dari perangkat 1 yang mengakibatkan proses komputasi pada perangkat 2 dan 3 lebih cepat.

#### 4. KESIMPULAN

Pendekatan melalui regresi berganda terlalu besar dan tidak sesuai pada resolusi besar ( $\leq 0.25$ ) karena menghasilkan waktu yang jauh melampaui data yang ada. Namun pada metode regresi sederhana yang dimodifikasi didapat persamaan umum sebagai berikut :

$$Waktu(n,r) = C1 * Log(n) * res^{-2} + C2 * res^{-2} + C3 * e^{Log(n)} + C4$$

Dari rumus pendekatan waktu tersebut memiliki nilai korelasi  $\geq 0,84$  dan bertanda positif yang artinya hasil pendekatan waktu dengan data hasil *running* memiliki hubungan berbanding lurus. Berdasarkan tabel, semua perangkat memiliki nilai *p-value*  $\leq 0.05$  sehingga semua korelasi signifikan. Dan didapat bahwa perangkat 1 memiliki kesalahan 17.2% terhadap rata-ratanya, sedangkan perangkat 2 sebesar 9.3% dan perangkat 3 sebesar 6.5%. Secara keseluruhan koreksi MAE dapat diterima

namun perangkat 3 memiliki akurasi yang tinggi karena nilai galat yang dihasilkan paling rendah.

Selain itu terlihat bahwa semakin banyak jumlah titik dan semakin besar resolusi yang digunakan maka waktu *running* yang dibutuhkan akan semakin besar maka dari itu jenis perangkat juga mempengaruhi. Setiap perangkat dan set *running* memiliki nilai  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , dan  $C_4$  yang berbeda-beda. Sehingga jika rumus ini diaplikasikan untuk perangkat lain, nilai-nilai tersebut perlu dihitung terlebih dahulu. Dengan menggunakan pendekatan ini, standar penyelesaian waktu suatu pekerjaan interpolasi diharapkan dapat dikaji lebih baik. Metode regresi yang digunakan dalam penelitian ini dapat diaplikasikan untuk penelitian lain. Mengingat selama ini metode yang diaplikasikan pada beberapa kasus terlalu sederhana.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Himpunan Taruna Meteorologi dan Klimatologi (HTMK) yang telah membuat program Kelompok Kerja Ilmiah Mahasiswa (KKIM) sebagai wadah pengembangan bakat dan minat dalam menulis. Tak lupa juga kami berterima kasih kepada Bapak Drs. Soetamto, M.si yang memberikan bekal pengetahuan dan menginspirasi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Watson D.F., dan Philip G.M. 1985. *A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation*. Geo-Processing Vol 2 No 4: 315-327.
- Yanto, B. L., dan Balaji R. 2017. *Development of A Gridded Meteorological Dataset Over Java Island, Indonesia 1985-2014*. Scientific Data
- Hengl, T. 2007. *A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables*
- Widodo, B., dan Ro'fah N. R. 2013. *Pengantar Praktis Pemrograman R untuk Ilmu Komputer*. Jakarta Barat: Halaman Moeka Publishing.
- WMO/ TD No. 1188. 2009. *Handbook on CLIMAT and CLIMAT TEMP Reporting*.
- Ott, T., dan Henningsen, A. 2008. Sample Selection Models in R: Package sampleSelection. *Journal of Statistical Software*
- Badan Pembangunan Internasional Amerika Serikat (USAID). 2017. *Modul Pelatihan Software QGIS dan Plugin Otoklim*. Stasiun Klimatologi Malang: BMKG.
- Yang, Z. 2015. *Getting Started with Windows Command Prompt*. University College London
- Naufal Yusuf, M. 2003. *Modul terapan: Analisis Data Multivariat Konsep dan Aplikasi Regresi Linear Ganda*. Depok.
- Xue, G. 2005. Scalable Collaborative Filtering Using Cluster-based Smoothing. *Proceeding of the 2005 ACM SIGIR Conference*, Salvador, Brazil: 114-121.
- Shelly, dan Vermaat. 2011. *Discovering Computers Complete*. United States of America: CoursePort Universal Gradebook.
- GOSoftware. 2014. Difference Between Core i3, Core i5 and Core i7. South Australia.

LAMPIRAN 1

**Tabel 1.** Hasil running ke-1



	Jumlah Titik/ Resolusi	0.5	0.25	0.05	0.01	0.005
Perangkat 1	10	1.0975	0.5000	1.8525	25.4725	97.1400
	50	0.9425	0.5450	3.2900	39.3175	146.3975
	100	0.4650	0.5400	2.5525	38.8950	151.5525
	200	1.3000	1.0425	3.0150	43.8400	169.4550
	500	0.4850	0.6225	3.1900	46.6600	179.6750
	1000	0.5575	0.6275	3.2750	48.4250	184.9600
	1500	0.5050	0.5550	2.7050	49.0875	190.8275
	2000	0.6075	0.5850	2.8450	51.7075	199.9600
	3000	0.5775	0.6225	3.0025	53.5700	206.6075
	5000	0.6025	0.6875	3.1375	54.5950	209.0900
Perangkat 2	8000	0.7000	0.7775	3.3875	56.5100	215.2125
	10	0.2075	0.2300	0.7075	11.1600	44.0100
	50	0.2025	0.2850	0.8700	17.0550	67.1975
	100	0.2525	0.2100	0.9375	17.6650	69.7100
	200	0.2275	0.2525	1.0400	19.7425	77.8000
	500	0.2425	0.2400	1.1350	21.0450	82.2875
	1000	0.2725	0.2775	1.1975	21.9075	84.8800
	1500	0.3775	0.3150	1.3450	22.7625	89.9075
	2000	0.2450	0.3275	1.3825	23.7300	91.7700
	3000	0.2925	0.3100	1.4000	24.6650	94.9125
Perangkat 3	5000	0.3175	0.3925	1.4825	25.0450	95.8275
	8000	0.3500	0.3900	1.5875	26.0725	98.5475
	10	2.4875	0.7650	1.0275	7.7800	28.2775
	50	0.6775	0.7075	1.0625	9.7700	37.1725
	100	0.7075	0.6950	1.0850	10.2900	38.9050
	200	0.6925	0.6975	1.1325	11.3450	42.9025
	500	0.6975	0.7100	1.1875	11.8075	44.5750
	1000	0.7000	0.7150	1.2625	12.5025	46.9450
	1500	0.7075	0.7225	1.2700	13.0500	100.8000
	2000	0.7400	0.7750	1.3325	13.4825	49.8600
3000	0.7325	0.7425	1.3400	14.0225	50.5975	
5000	0.7550	0.7650	1.4200	13.9075	51.3450	
8000	0.7800	0.8100	1.4600	14.4500	52.5575	

**Tabel 2.** Hasil running ke-2

	Jumlah Titik/ Resolusi	0.5	0.25	0.05	0.01	0.005
Perangkat 1	10	3.9125	0.5275	1.9700	26.4750	98.1550
	50	0.5050	0.5775	2.9775	39.3375	150.1100
	100	0.5300	0.6800	2.8425	39.7025	149.3175
	200	0.4450	0.5000	2.2450	42.5050	167.1950
	500	0.6575	0.5025	2.4775	45.5800	177.8400
	1000	0.4925	0.5350	2.5450	46.9250	182.7950
	1500	0.5450	0.5675	2.7050	49.1450	189.3500
	2000	0.5175	0.5875	2.8375	51.1750	198.0225
	3000	0.5500	0.6300	3.0050	53.1950	205.2375
	5000	0.6000	0.7000	3.1350	54.1900	207.0200
Perangkat 2	8000	0.6875	0.7775	3.4375	56.2475	213.5625
	10	0.1825	0.2000	0.6325	11.1975	44.1700
	50	0.1850	0.2175	0.8975	17.0150	67.2775
	100	0.1625	0.2150	0.9025	17.6450	69.5150
	200	0.1775	0.2500	1.0275	19.6900	77.7000
	500	0.2275	0.2100	1.1000	20.9675	82.5500
	1000	0.1850	0.2525	1.2175	21.8575	84.7325
	1500	0.2125	0.3325	1.2400	22.5325	162.2500
	2000	0.2200	0.2900	1.3075	23.6975	91.7650
	3000	0.2575	0.2775	1.3350	24.6000	94.8150
Perangkat 3	5000	0.2650	0.2825	1.4150	25.0850	95.8325
	8000	0.3325	0.3600	1.5325	26.0100	98.8050
	10	2.0050	0.7250	1.0150	7.6525	28.3600
	50	0.7225	0.7250	1.0500	9.8000	37.1175
	100	0.6875	0.7200	1.0775	10.3800	38.9175
	200	0.7175	0.6975	1.1275	11.3025	42.7750
	500	0.7050	0.6975	1.2225	11.8050	44.5100
	1000	0.7625	0.7425	1.2250	12.5200	47.0800
	1500	0.8150	0.7200	1.2925	12.9850	48.5250
	2000	0.7500	0.7450	1.3225	13.3650	50.0375
3000	0.7775	0.7350	1.3350	13.6050	50.4925	
5000	0.7600	0.9625	1.3825	14.0025	51.2650	
8000	0.7825	0.7925	1.5150	14.4325	52.5175	

**Tabel 3.** Hasil running ke-3

	Jumlah Titik/ Resolusi	0.5	0.25	0.05	0.01	0.005
Perangkat 1	10	1.1700	0.4350	1.3825	24.6525	93.8250
	50	0.4250	0.4625	1.9025	36.4125	144.2075
	100	0.4375	0.4775	2.0025	37.7600	148.9025
	200	0.4450	0.5075	2.2325	42.4750	166.9125
	500	0.5325	0.5075	2.4050	45.2925	177.2675
	1000	0.4725	0.5250	2.5125	47.3525	182.9725
	1500	0.7525	0.7925	3.0125	48.8575	189.8925
	2000	0.5175	0.5925	2.8400	51.1850	197.4450
	3000	0.5200	0.7275	3.1275	53.2875	571.0875
	5000	1.5025	1.4250	5.0175	57.4075	410.6375
Perangkat 2	8000	0.8275	1.1600	4.6400	59.6850	496.0500
	10	0.1850	0.2525	0.7075	11.1900	44.0650
	50	0.2200	0.2050	0.9100	17.0500	67.1850
	100	0.1850	0.2150	0.9300	17.5925	69.6425
	200	0.1625	0.2000	1.0325	19.8425	78.1450
	500	0.2275	0.2575	1.0975	20.9925	82.3050
	1000	0.2375	0.2325	1.1725	21.7525	84.7475
	1500	0.1875	0.2750	1.1950	22.5800	87.9175
	2000	0.2450	0.2325	1.3175	23.8375	91.5375
	3000	0.2600	0.2825	1.3650	24.6325	94.6875
Perangkat 3	5000	0.2675	0.3250	1.4050	25.0375	95.7500
	8000	0.2750	0.3750	1.6025	25.9725	98.8300
	10	0.7900	0.7300	1.0225	7.5750	28.1900
	50	0.7075	0.7275	1.0750	9.8275	36.9950
	100	0.6875	0.6875	1.1300	10.3350	38.8175
	200	0.6850	0.6950	1.1300	11.3225	42.8000
	500	0.7125	0.7075	1.1875	11.8325	44.6125
	1000	0.6950	0.7075	1.2375	12.5175	46.9650
	1500	0.7150	0.8025	1.3200	12.9800	82.4675
	2000	0.7475	0.7450	1.3400	13.4350	49.7600
3000	0.7425	0.7425	1.3550	13.6550	50.4825	
5000	0.7925	0.7625	1.4125	13.9550	51.3125	
8000	0.7675	0.8200	1.4525	14.4250	52.5100	

LAMPIRAN 2

**Tabel 4.** Hasil pendekatan waktu pada metode regresi berganda

	Jumlah Titik/ Resolusi	0.5	0.25	0.05	0.01	0.005
Perangkat 1	10	33.4438	383.6860	11591.4348	291785.1559	1167390.5344
	50	33.4482	383.6904	11591.4392	291785.1603	1167390.5388
	100	33.4501	383.6923	11591.4411	291785.1622	1167390.5407
	200	33.4520	383.6942	11591.4430	291785.1641	1167390.5426
	500	33.4545	383.6967	11591.4455	291785.1666	1167390.5451
	1000	33.4564	383.6986	11591.4474	291785.1685	1167390.5470
	1500	33.4575	383.6997	11591.4485	291785.1696	1167390.5481
	2000	33.4583	383.7005	11591.4493	291785.1704	1167390.5489
	3000	33.4594	383.7016	11591.4504	291785.1715	1167390.5500
	5000	33.4608	383.7030	11591.4518	291785.1729	1167390.5514
8000	33.4621	383.7043	11591.4531	291785.1742	1167390.5527	
Perangkat 2	10	5.9585	59.8337	1783.8378	44883.9399	179571.7592
	50	5.9600	59.8351	1783.8392	44883.9413	179571.7606
	100	5.9606	59.8357	1783.8398	44883.9420	179571.7612
	200	5.9612	59.8363	1783.8404	44883.9426	179571.7618
	500	5.9620	59.8371	1783.8412	44883.9434	179571.7626
	1000	5.9626	59.8377	1783.8418	44883.9440	179571.7632
	1500	5.9630	59.8381	1783.8422	44883.9443	179571.7636
	2000	5.9632	59.8383	1783.8424	44883.9446	179571.7639
	3000	5.9636	59.8387	1783.8428	44883.9449	179571.7642
	5000	5.9640	59.8391	1783.8432	44883.9454	179571.7647
8000	5.9644	59.8396	1783.8436	44883.9458	179571.7651	
Perangkat 3	10	3.7200	33.2914	979.5761	24636.6935	98565.1852
	50	3.7208	33.2922	979.5769	24636.6943	98565.1861
	100	3.7212	33.2926	979.5773	24636.6947	98565.1864
	200	3.7216	33.2929	979.5776	24636.6950	98565.1868
	500	3.7220	33.2934	979.5781	24636.6955	98565.1872
	1000	3.7224	33.2938	979.5785	24636.6958	98565.1876
	1500	3.7226	33.2940	979.5787	24636.6960	98565.1878
	2000	3.7227	33.2941	979.5788	24636.6962	98565.1879
	3000	3.7229	33.2943	979.5790	24636.6964	98565.1881
	5000	3.7232	33.2946	979.5793	24636.6966	98565.1884
8000	3.7234	33.2948	979.5795	24636.6969	98565.1886	

LAMPIRAN 3

**Tabel 5.** Hasil pendekatan waktu umum running ke-1

	Jumlah Titik/ Resolusi	0.5	0.25	0.05	0.01	0.005
Perangkat 1	10	1.0579	1.0910	2.1507	28.6430	111.4314
	50	1.0626	1.1036	2.4169	35.2492	137.8499
	100	1.0651	1.1096	2.5321	38.0948	149.2283
	200	1.0681	1.1160	2.6477	40.9409	160.6072
	500	1.0732	1.1256	2.8017	44.7044	175.6503
	1000	1.0781	1.1339	2.9193	47.5524	187.0311
	1500	1.0816	1.1394	2.9886	49.2190	193.6890
	2000	1.0844	1.1436	3.0382	50.4018	198.4132
	3000	1.0889	1.1501	3.1085	52.0694	205.0721
	5000	1.0956	1.1593	3.1982	54.1714	213.4624
Perangkat 2	8000	1.1030	1.1690	3.2820	56.1066	221.1835
	10	0.2076	0.2229	0.7099	12.8853	50.9334
	50	0.2346	0.2535	0.8574	15.9557	63.1380
	100	0.2531	0.2736	0.9278	17.2850	68.4011
	200	0.2779	0.3000	1.0046	18.6206	73.6705
	500	0.3243	0.3484	1.1196	20.3997	80.6499
	1000	0.3737	0.3994	1.2210	21.7599	85.9439
	1500	0.4102	0.4368	1.2878	22.5631	89.0484
	2000	0.4403	0.4675	1.3395	23.1372	91.2551
	3000	0.4895	0.5177	1.4191	23.9532	94.3723
Perangkat 3	5000	0.5652	0.5945	1.5330	24.9948	98.3130
	8000	0.6512	0.6816	1.6542	25.9696	101.9553
	10	0.6260	0.6349	0.9194	8.0338	30.2660
	50	0.6230	0.6341	0.9916	9.9294	37.8601
	100	0.6206	0.6328	1.0217	10.7449	41.1297
	200	0.6174	0.6305	1.0509	11.5593	44.3984
	500	0.6111	0.6255	1.0874	12.6340	48.7173
	1000	0.6042	0.6196	1.1129	13.4449	51.9824
	1500	0.5991	0.6151	1.1267	13.9181	53.8912
	2000	0.5948	0.6112	1.1359	14.2533	55.2449
Perangkat 3	3000	0.5878	0.6048	1.1479	14.7246	57.1518
	5000	0.5770	0.5947	1.1609	15.3164	59.5523
Perangkat 3	8000	0.5646	0.5830	1.1705	15.8585	61.7585

**Tabel 6.** Hasil pendekatan waktu umum running ke-2

	Jumlah Titik/ Resolusi	0.5	0.25	0.05	0.01	0.005
Perangkat 1	10	1.0668	1.1002	2.1671	28.8391	112.1894
	50	1.0654	1.1065	2.4199	35.2556	137.8670
	100	1.0637	1.1081	2.5277	38.0179	148.9247
	200	1.0611	1.1088	2.6346	40.7793	159.9814
	500	1.0555	1.1075	2.7737	44.4275	174.5955
	1000	1.0490	1.1044	2.8767	47.1850	185.6484
	1500	1.0441	1.1014	2.9358	48.7969	192.1127
	2000	1.0399	1.0986	2.9771	49.9399	196.6986
	3000	1.0330	1.0936	3.0342	51.5498	203.1610
	5000	1.0221	1.0852	3.1041	53.5760	211.3005
Perangkat 2	8000	1.0096	1.0750	3.1659	55.4377	218.7871
	10	-0.0926	-0.0774	0.4104	12.6054	50.7149
	50	-0.0797	-0.0600	0.5699	16.3189	65.5344
	100	-0.0711	-0.0495	0.6417	17.9213	71.9199
	200	-0.0596	-0.0361	0.7163	19.5264	78.3082
	500	-0.0385	-0.0125	0.8209	21.6544	86.7591
	1000	-0.0162	0.0118	0.9064	23.2705	93.1583
	1500	0.0003	0.0294	0.9598	24.2192	96.9050
	2000	0.0138	0.0437	0.9995	24.8942	99.5652
	3000	0.0359	0.0669	1.0585	25.8486	103.3175
Perangkat 3	5000	0.0698	0.1022	1.1389	27.0570	108.0509
	8000	0.1083	0.1420	1.2202	28.1762	112.4134
	10	0.7798	0.7887	1.0740	8.2060	30.4937
	50	0.7896	0.8002	1.1398	9.6306	36.1642
	100	0.7962	0.8076	1.1706	10.2465	38.6088
	200	0.8051	0.8172	1.2037	10.8647	41.0556
	500	0.8218	0.8348	1.2522	11.6868	44.2950
	1000	0.8395	0.8533	1.2941	12.3138	46.7507
	1500	0.8526	0.8668	1.3213	12.6833	48.1899
	2000	0.8633	0.8778	1.3420	12.9470	49.2125
3000	0.8809	0.8959	1.3738	13.3210	50.6562	
5000	0.9080	0.9235	1.4186	13.7971	52.4799	
8000	0.9388	0.9547	1.4657	14.2410	54.1638	

**Tabel 7.** Hasil pendekatan waktu umum running ke-3

	Jumlah Titik/ Resolusi	0.5	0.25	0.05	0.01	0.005
Perangkat 1	10	3.0051	3.0107	3.1881	7.6225	21.4801
	50	2.1196	2.1532	3.2264	30.0573	113.9040
	100	1.4987	1.5443	3.0033	39.4799	153.4692
	200	0.6582	0.7158	2.5607	48.6829	192.8148
	500	-0.9244	-0.8508	1.5041	60.3772	244.3555
	1000	-2.6192	-2.5336	0.2071	68.7258	282.8468
	1500	-3.8753	-3.7826	-0.8162	73.3449	305.0981
	2000	-4.9109	-4.8131	-1.6866	76.4778	320.7413
	3000	-6.6089	-6.5042	-3.1519	80.6548	342.5507
	5000	-9.2218	-9.1082	-5.4716	85.4436	369.5536
Perangkat 2	8000	-12.1963	-12.0745	-8.1763	89.2794	393.8282
	10	0.1940	0.2092	0.6967	12.8852	50.9743
	50	0.2186	0.2374	0.8411	15.9332	63.0959
	100	0.2354	0.2559	0.9096	17.2521	68.3226
	200	0.2580	0.2800	0.9837	18.5768	73.5550
	500	0.3002	0.3243	1.0941	20.3402	80.4843
	1000	0.3452	0.3708	1.1907	21.6872	85.7391
	1500	0.3784	0.4049	1.2540	22.4821	88.8199
	2000	0.4057	0.4329	1.3028	23.0499	91.0095
	3000	0.4505	0.4786	1.3777	23.8563	94.1018
Perangkat 3	5000	0.5192	0.5485	1.4845	24.8846	98.0101
	8000	0.5974	0.6277	1.5977	25.8457	101.6210
	10	0.5776	0.5865	0.8725	8.0214	30.3619
	50	0.5879	0.5989	0.9508	9.7475	37.2373
	100	0.5949	0.6068	0.9871	10.4935	40.2009
	200	0.6043	0.6171	1.0258	11.2418	43.1669
	500	0.6219	0.6358	1.0820	12.2361	47.0928
	1000	0.6405	0.6553	1.1299	12.9937	50.0680
	1500	0.6542	0.6696	1.1607	13.4396	51.8113
	2000	0.6655	0.6812	1.1842	13.7576	53.0497
Perangkat 3	3000	0.6840	0.7003	1.2198	14.2084	54.7977
	5000	0.7125	0.7293	1.2698	14.7814	57.0050
	8000	0.7448	0.7623	1.3220	15.3147	59.0421