

ANALISIS PERBANDINGAN KOREKSI DATA PENGUKURAN EDM (*Electronic Distance Measurement*) GUNA MONITORING METODE EPISODIK DEFORMASI GUNUNG MERAPI

Lukman Maulana Abdillah^{*)}, M. Awaluddin, Arief Laila Nugraha

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : lukmanmaul354@gmail.com

ABSTRAK

Gunung Merapi adalah gunung berapi di bagian tengah Pulau Jawa dan merupakan salah satu gunung api teraktif di Indonesia. Gunung ini terbentuk karena aktivitas di zona subduksi Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke bawah Lempeng Eurasia menyebabkan munculnya aktivitas vulkanik di sepanjang bagian tengah Pulau Jawa. Karena itulah dibentuk badan khusus yang melakukan pengawasan dan penelitian terhadap gunung ini. Badan tersebut adalah BPPTKG yang berlokasi di kota Yogyakarta. Salah satu fokus utama badan ini adalah mengawasi proses deformasi yang terjadi pada gunung Merapi. Deformasi pada permukaan tubuh gunung api berkaitan dengan kegiatan vulkanik di dalam tubuh gunung Merapi. Salah satu metode pengamatan deformasi yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran jarak miring menggunakan alat EDM (*Electronic Distance Measurement*). Dan didalam pengolahan hasil pengukuran EDM harus memperhatikan beberapa hal terkait nilai koreksi pada data pengukuran. Pada penelitian ini, peneliti melakukan pengolahan data menggunakan 2 jenis metode, yakni metode yang dikembangkan oleh J.M Rüeger dan BPPTKG. Dimana hasil pengolahan divalidasi dengan nilai hasil pengukuran jarak dekat dan survei GPS *Geodetic*. Dalam rentan 25 hari pengamatan, pengukuran dapat dilakukan selama 17 hari dengan jumlah pengukuran sebanyak 124 kali untuk 4 titik reflektor. Selisih nilai jarak antar titik reflektor yang menggunakan metode J.M Rüeger dengan hasil data validasi jarak dekat adalah sebagai berikut : R1 = 0,526 m , R2 = 0,284 m, R3 = 0,082 m, R4 = 0,230 m dan hasil validasi dengan pengukuran GPS *Geodetic* R2 = 0.333 m. Sedangkan selisih nilai jarak antar titik reflektor yang menggunakan metode kombinasi J.M Rüeger dan BPPTKG dengan hasil data validasi jarak dekat adalah sebagai berikut : R1 = 1,528 m, R2 = 1,389 m, R3 = 0,806 m, R4 = 0,556 m dan hasil validasi dengan pengukuran GPS *Geodetic* R2 = 1,201 m.

Kata Kunci : Deformasi, EDM, Jarak Miring, Merapi

ABSTRACT

Mount Merapi is a volcano in the middle of Java Island and is one of the most active volcanoes in Indonesia. This mountain is formed due to activity in the Indo-Australian Plate subduction zone which moves down the Eurasian Plate causing the emergence of volcanic activity along the central part of Java Island. That is why a special agency was formed to conduct surveillance and research on this mountain. The agency is BPPTKG located in the city of Yogyakarta. One of the main focuses of this agency is to monitor the deformation process that occurs at Mount Merapi. Deformation on the surface of the volcanic mountain is related to volcanic activity in the inside of Mount Merapi. One method of deformation observation that is done is to do a slope distance measurement using EDM (Electronic Distance Measurement). And in processing EDM results must pay attention to several things related to the correction value in the measurement data. In this research, researchers conducted data processing using 2 types of methods, namely the method developed by J.M Rüeger and from BPPTKG. Where processing results are validated with close range measurement results on the Pasar Bubrah and GPS Geodetic surveys. In vulnerable 25 days of observation, measurements can be made for 17 days with the number of measurements as much as 124 times for 4 reflektor points. Difference in value of distance between reflektor points using the J.M Rüeger method with the results of close distance validation data are as follows: R1 = 0.526 m, R2 = 0.284 m, R3 = 0.082 m, R4 = 0.230 m and the results of validation with GPS Geodetic measurements R2 = 0.333 m. While the difference in the value of the distance between the reflektor points using the combination method JM Rüeger and BPPTKG with the results of close distance validation data are as follows: R1 = 1.528 m, R2 = 1.389 m, R3 = 0.806 m, R4 = 0,556 m and the validation results with GPS measurements Geodetic R2 = 1.201 m.

Keywords: Deformation, EDM, Merapi, Slope distance

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung api yang sangat aktif di Indonesia dan terletak di daerah berpenduduk padat. Erupsi Merapi terus menerus ada, dengan rata-rata setiap empat atau lima tahun sekali dan menimbulkan bahaya yang serius terhadap lingkungan di sekitarnya. Selama abad ke-20 erupsi secara dominan ditandai oleh munculnya kubah lava (Voight dkk., 2000).

Deformasi pada permukaan tubuh gunung api berkaitan dengan kegiatan vulkanik yang utamanya disebabkan oleh perubahan tekanan yang terjadi di dalam kantong magma dan migrasi magma. Salah satu metode pemantauan deformasi adalah dengan menggunakan metode episodik. Metode ini merupakan metode pengamatan langsung di lapangan dalam waktu atau kondisi tertentu. Salah satu bentuk metode pengamatannya menggunakan data *Slope distance* yang didapatkan dari pengukuran EDM (*Electronic Distance Measurement*). Dan pengukuran dilakukan pada beberapa pos pengamatan yang tersebar di sekitar gunung Merapi.

Pada umumnya pengolahan data EDM di Gunung Merapi yang dilakukan oleh BPPTKG Yogyakarta, hanya sebatas pada analisis jarak miring untuk mengetahui deformasi gunung api tanpa mempertimbangkan secara rinci besarnya pengaruh dari kondisi atmosferik (suhu, tekanan udara, kelembapan) masing-masing pos pengamatan (Aisyah, 2015). Sehingga hasil pengolahan data memiliki kelemahan, yakni pada tingkat ketelitian data *slope distance*. Ketiga parameter tersebut cukup berpengaruh terhadap tingkat ketelitian pengukuran. Hal ini karena ketiga parameter tersebut mempengaruhi kecepatan gelombang elektromagnetik antara pengukuran dengan waktu yang berbeda.

Hal ini bisa mengakibatkan kesalahan persepsi dimana kesalahan yang diakibatkan oleh pengaruh atmosferik dianggap sebagai nilai deformasi yang terjadi pada gunung Merapi. Tentu ini akan mengakibatkan pengaruh terhadap akurasi hasil pengukuran jarak miring dan juga analisis-*analisis* lanjutannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan koreksi yang lebih merinci terkait data hasil pengukuran EDM tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan berdasarkan 2 jenis metode pengolahan data EDM, yakni metode yang dikembangkan oleh J.M. Rüeger dan juga metode yang dikembangkan oleh BPPTKG. Dari data-data pengamatan yang ada pada pos-pos pengamatan, akan dilakukan pengolahan data guna mendapatkan nilai *slope distance*. Dari data-data tersebut akan diketahui pola inflasi dan deflasi yang terjadi pada gunung Merapi. Selain itu, juga dilakukan pengolahan data jarak dan sudut untuk mengetahui nilai koordinat dari titik-titik reflektor. Setelah dilakukan pengolahan, maka selanjutnya akan dilakukan analisa dengan memvalidasi tingkat akurasi kedua metode tersebut

dengan hasil pengolahan data pada pengukuran GPS *Geodetic* di lapangan.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil pengolahan nilai deformasi, menggunakan beberapa parameter pengolahan data EDM pada gunung Merapi selama penelitian di lapangan?
2. Bagaimana hasil analisis perbandingan nilai koordinat reflektor menggunakan metode J M. Rüeger dan kombinasi metode J M. Rüeger-BPPTKG dengan metode survey GPS *Geodetic* dan Survei Rentan Dekat?
3. Bagaimana analisis perbandingan hasil pengolahan data EDM antara metode J M. Rüeger dengan kombinasi metode J M. Rüeger dan BPPTKG ?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui proses koreksi data pengukuran menggunakan metode J M. Rüeger dan kombinasinya dengan Metode dari BPPTKG.
2. Mengetahui perbandingan hasil pengolahan data antara metode kombinasi antara J M. Rüeger dengan BPPTKG dan metode dari J M. Rüeger saja.
3. Mengetahui Analisis perbandingan nilai koordinat reflektor pada sekitar puncak Gunung Merapi menggunakan data hasil pengukuran alat Total Station di Pasar Bubrah dengan EDM di pos pengamatan.
4. Mengetahui analisis perbandingan nilai koordinat reflektor pada sekitar puncak Gunung Merapi menggunakan data hasil pengukuran GPS *Geodetic* pada titik reflektor dengan EDM di pos pengamatan.
5. Menghasilkan metode pengolahan data yang tepat guna pemantauan deformasi merapi secara episodik.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Membantu meningkatkan kualitas data hasil pengukuran lapangan pada pengamatan episodik gunung Merapi.
2. Membantu di dalam pengamatan deformasi gunung Merapi.
3. Memperkaya kajian penelitian di bidang deformasi vulkanologi dan keterkaitannya dengan keilmuan Geodesi.
4. Memperdalam analisis-*analisis* mengenai pengukuran menggunakan EDM (*Electronic Distance Measurement*).

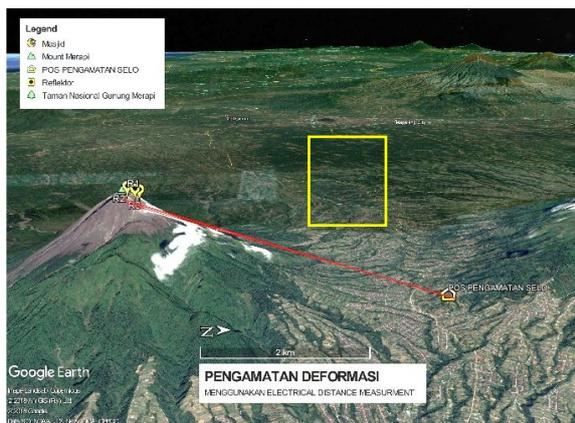
I.4 Batasan Masalah

Untuk mencegah pembahasan yang terlalu melebar, penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Metode pengolahan koreksi data yang digunakan adalah metode J. M. Rüeger dan kombinasinya dengan Metode BPPTKG.
2. Gunung api yang dijadikan objek penelitian adalah gunung Merapi.
3. Parameter yang digunakan adalah konstanta alat, kelengkungan bumi, sudut pengukuran dan parameter cuaca berupa suhu, tekanan, kelembaban.
4. Data pengamatan yang digunakan berasal dari Pos Selo Boyolali.
5. Nilai koordinat yang digunakan sebagai pembanding adalah data hasil pengukuran menggunakan GPS *Geodetic* dan Total Station di Pasar Bubrah.
6. Pengambilan data hanya pada saat cuaca cerah dan tidak ada sinar matahari.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Secara administratif wilayah penelitian yang menjadi fokus utama berada di pos pengamatan gunung Merapi di Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Dimana terdapat Gunung Merapi yang terletak pada koordinat $110^{\circ}26'45.36''\text{BT}$ dan $7^{\circ}32'26.06''\text{LS}$. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi Lokasi Pengukuran (Google Earth)

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Gunung Merapi

Gunung Merapi tumbuh di atas titik potong antara kelurusan vulkanik Ungaran-Telomoyo-Merbabu-Merapi dan kelurusan vulkanik Lawu-Merapi-Sumbing-Sindoro-Slamet. Secara morfologi tubuh gunung Merapi dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu Kerucut Puncak, Lereng Tengah, Lereng Kaki dan Dataran Kaki (Purbawinata, 1997).

II.2 Deformasi Gunung Merapi

Pada saat gunung Merapi mengalami erupsi, sejumlah besar magma mengalir dari suatu kedalaman ke permukaan dalam bentuk lava maupun dalam bentuk material letusan lain. Proses naiknya magma ke permukaan, tentu saja mempengaruhi

tubuh gunung Merapi, sehingga terjadi deformasi pada tubuh gunung Merapi

Pengukuran deformasi G. Merapi sendiri dilakukan dengan menggunakan berbagai metoda antara lain pengukuran jarak dengan EDM (*Electronic Distance Measurement*), GPS (*Global Positioning System*) dan Telemetri Tiltmeter (BPPTKG, 2014). EDM merupakan salah satu metode pemantauan gunungapi untuk melihat adanya deformasi pada tubuh gunungapi.

II.3 *Electronics Distance Measurement*

Pada prinsipnya instrumen EDM mengukur waktu penjaralan gelombang elektromagnetik sejak dipancarkan dan dipantulkan reflektor kemudian diterima kembali oleh instrumen tersebut. Survei EDM bertujuan untuk mendapatkan data jarak miring antar reflektor dengan titik referensi yang berada pada pos pengamatan, kemudian dilakukan perhitungan perubahan jarak. Data perubahan yang diperoleh merupakan besaran deformasi yang hendak dicari (Probosari, 2017).

II.4 Metode Pengolahan Data J.M Rüeger

Jean M. Rüeger adalah seorang professor yang berasal dari School of Surveying and Spatial Information Systems di University of New South Wales Australia. Beliau mengembangkan penelitian mengenai pengaruh *Refractive Index Formulae* untuk gelombang radio dan gelombang elektromagnetik. Beliau juga mengembangkan penelitian mengenai efek kesalahan dari variabel tekanan, suhu dan kelembaban terhadap hasil pengukuran EDM (*Electronic Distance Measurement*) seperti penggunaan nilai Indeks Bias.

II.5 Metode Pengembangan BPPTKG

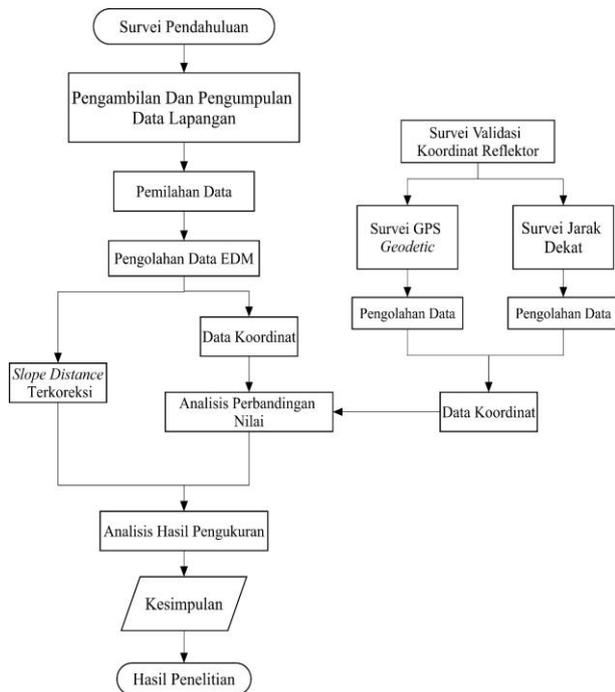
Metode pengolahan data di BPPTKG ini adalah bentuk pengembangan ahli-ahli vulkanologi yang bernaung di bawah BPPTKG guna pengembangan pengolahan data pengukuran EDM di bagian pengamatan episodik deformasi Merapi. Pada metode ini, selain pengaruh cuaca berupa suhu, tekanan dan kelembaban diperhitungkan, ada beberapa parameter lain yang ditambahkan seperti koreksi komponen alat yang digunakan. Metode ini sedang dalam proses pengembangan lagi dengan mengadopsi beberapa metode lainnya.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian menunjukkan bagaimana alir penelitian yang dilakukan peneliti dari survey penentuan lokasi penelitian sampai penyusunan laporan penelitian. Penelitian sendiri dilakukan dalam waktu 5 bulan. Tujuan dibuat alir penelitian agar didalam proses penelitian ini dilakukan secara tersistematika. Sehingga hasil penelitian yang didapatkan bias sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah yang dikemukakan oleh peneliti di dalam

penelitiannya. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

III.2 Peralatan dan Data Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

III.2.1 Peralatan Pengolahan Data

a. Perangkat Keras (*Hardware*)

1. Laptop
2. Total Station (Leica TPS1200)
3. GPS *Geodetic* Trimble R4
4. Komputer Cuaca
5. Reflektor
6. Formulir pencatatan data
7. Meteran
8. Alat Tulis
9. Kamera Pantau
10. Teleskop Pengamatan
11. Kompas *Orienteering*

b. Perangkat Lunak (*Software*)

1. *Software* Microsoft Excel 2016
2. *Software* TBC (Trimble Business Centre)
3. *Software* Google™ Earth Pro
4. *Software* Photoshop cc 2015
5. *Software* Topcon Tool
6. *Software* TEQC

III.2.2 Data Penelitian

1. Data Jarak hasil Pengukuran lapangan di posko Selo sebanyak 124 data pengukuran pada bulan April-Mei tahun 2018.

2. Data cuaca berupa kecepatan angin, suhu udara, humiditas dan tekanan yang berasal dari stasiun cuaca yang ada di daerah puncak Pasar Bubrah dan pos pengamatan Selo.
3. Data hasil pengukuran GPS *Geodetic*.
4. Data CORS sebagai titik ikat pengukuran GPS *Geodetic*.

III.3 Tahap Pengolahan Data

Adapun secara garis besar, tahapan pengolahan menggunakan 2 jenis metode, yakni metode dari J.M Rüeger dan metode kombinasi J.M Rüeger dengan BPPTKG.

III.3.1 Pengolahan Data Menggunakan Metode J.M Rüeger

1. Konversi Koordinat *benchmark* dari *Geodetic* ke UTM
2. Konversi Sudut Zenith dan Azimuth menjadi *decimal degree*, dengan menggunakan rumus

$$\text{Nilai Derajat} + \left(\frac{\text{Nilai Menit}}{60}\right) + \left(\frac{\text{Nilai Detik}}{3600}\right) \dots\dots (1)$$

3. Perhitungan *Slope distance* awal yang dicari menggunakan rumus

$$\sqrt{(a^2 + (\Delta h alat)^2 + (2a \cdot \Delta h alat) \cos z)} \dots\dots (2)$$

4. Menghitung Koreksi Skala dengan nilai *Standard Atmospheric* yang terdiri dari *Group refractivity* dan *Phase refractivity* dengan menggunakan rumus

$$N_{gr} = 287,6155 + \frac{4,8866}{\pi^2} + \frac{0,068}{\pi^4} \dots\dots (3)$$

$$N_{ph} = 287,6155 + \frac{1,62887}{\pi^2} + \frac{0,0136}{\pi^4} \dots\dots (4)$$

5. Menghitung nilai *Group refractivity real Atmospheric* dan *Group refractivity normal Atmospheric* dengan menggunakan rumus

$$NL = \frac{273,15}{1013,25} \times \frac{N_{gr} \cdot p}{273,15 \cdot t} - \frac{11,27 \cdot e}{273,15 + t} \dots\dots (5)$$

$$N0 = \frac{293,15}{1013,25} \times \frac{N_{gr} \cdot p}{293,15 \cdot t} - \frac{11,27 \cdot e}{293,15 + t} \dots\dots (6)$$

6. Perhitungan Koreksi Armosferik (PPM), dan SD terkoreksi pertama dengan menggunakan rumus

$$\Delta d1 = \frac{(N0 - NL)}{(1 + NL \cdot 10^{-6})} \dots\dots\dots (7)$$

$$SD \text{ Terkoreksi} = SD \text{ dicari} \times (1 + \Delta d1 \cdot 10^{-6})$$

7. Perhitungan Koreksi *Curvature* dengan mencari nilai *Horizontal Distance* dan *Height Difference*, digunakan untuk mencari nilai *Horizontal Terkoreksi* guna perhitungan nilai

koordinat titik reflektor dengan menggunakan perhitungan berikut

$$A = \frac{(1 - \frac{k}{2})}{R} \dots\dots\dots (8)$$

$$B = 6,83 \cdot 10^{-8} \dots\dots\dots (9)$$

$$Y = SD \cdot \text{Sin. sudut vertikal}$$

$$X = SD \cdot \text{Cos}(90 - \text{sudut vertikal})$$

8. Perhitungan *Horizontal Distance* yang telah terkoreksi tinggi dengan menggunakan rumus

$$HD \text{ Terkoreksi} = HD \times \frac{(6370100 + \text{Talat})}{(6370100 + \text{Elevasi BM})} \dots\dots\dots (10)$$

9. Menghitung Koordinat Reflektor.

III.3.2 Pengolahan Data Menggunakan Metode Kombinasi J.M Rüeger dan BPPTKG

Pada penambahan metode pengolahan data dari BPPTKG ke metode pengolahan data J.M Rüeger ini, ditambahkan setelah didapatkannya nilai *Slope distance* terkoreksi (SDtc) atau setelah langkah ke 6. Pada kombinasi kedua metode ini ditambahkan nilai X sebagai parameter kondisi atmosfer rata-rata yang berada di sekitar alat pengukuran dan juga koreksi atmosferik yang berlaku untuk internal alat itu sendiri.

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari nilai X seperti pada persamaan (11) :

$$\frac{7,5 \times \text{RATA TEMP}}{237,3 + \text{RATA TEMP}} + 0,7857 \dots\dots\dots (11)$$

Dan untuk mencari nilai koreksi internal digunakan rumus persamaan (12) :

$$\frac{281,5 - (79,329 \times \text{RATA TEK})}{273,22 + \text{RATA TEK}} + \frac{11,27 \times \text{HUMADITI}}{100 \times (273,16 + \text{RATA TEMP}) \times 10^{\wedge}X} \dots\dots (12)$$

Kemudian dari tambahan perhitungan tersebut, dilakukan pengolahan data lanjutan, yaitu perhitungan koreksi *curvature* bumi, perhitungan nilai *Horizontal Distance* dan perhitungan nilai koordinat titik.

III.4 Survei Validasi Titik Reflektor

Terlebih dahulu dilakukan validasi nilai koordinat hasil penelitian untuk melihat analisa perbandingan nilai yang diperoleh dengan nilai yang dianggap benar. Adapun beberapa metode pengukuran yang dijadikan sebagai metode validasi nilai koordinat adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran GPS *Geodetic* di titik reflektor R2 yang berada pada daerah kerucut gunung Merapi, atau daerah sekitar bibir kawah
2. Pengukuran menggunakan Total Station di Pasar Bubrah

III.4.1 Pengukuran GPS *Geodetic*

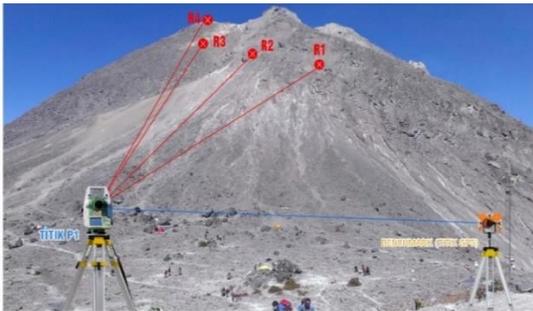


Gambar 3 Skema pengukuran GPS *Geodetic* di daerah sekitar puncak Merapi (Google Earth)

Pada pengukuran ini, metode yang digunakan adalah rapid statik. Metode ini dipilih karena memiliki nilai ketelitian yang tinggi sehingga bisa dijadikan acuan nilai yang dianggap benar. Pengukuran dilakukan menggunakan 1 receiver sehingga data pengukuran yang didapatkan masih bersifat absolut, setelah itu dilakukan *post processing* untuk mengikat titik pengukuran dengan 4 buah CORS yang berada di sekitar titik pengukuran. CORS tersebut merupakan milik pihak BPPTKG, yakni titik DELS, KLAT, GRWH dan BPPT. Pengikatan terhadap titik-titik CORS agar titik hasil pengukuran menjadi relatif terhadap titik ikat tersebut. Dan didapatkan nilai pengukuran yang teliti.

Selain titik reflektor yang dilakukan pengukuran, dilakukan juga pengukuran titik untuk membuat *Benchmark* di pasar Bubrah yang merupakan salah satu *camp area* sebelum menuju puncak gunung Merapi. Titik ini digunakan untuk pengukuran lanjutan menggunakan Total Station.

III.4.2 Pengukuran Situasi di Pasar Bubar



Gambar 4 Skema pengukuran situasi di daerah Pasar Bubar

Pengukuran titik reflektor dilakukan di daerah sekitar puncak yaitu daerah Pasar Bubar. Titik pengamatan merupakan titik-titik lokasi reflektor pengamatan EDM yang tersebar ke beberapa titik seperti ilustrasi di atas. Pengukuran dilakukan menggunakan alat Total Station Leica TPS1200 yang juga merupakan alat yang sama untuk pengukuran EDM di pos pengamatan.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Data Statistik Hasil Pengolahan Metode J.M Rieger

Perhitungan statistic digunakan untuk penentuan batas outlier data pengukuran seperti table data statistik R1, R2, R3 dan R4

Tabel 1 Data Statistik R1

PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166713,4243	439001,5591	4637,2969
Median	9166713,4638	439001,5486	4637,2956
Sample Variance	0,0065	0,0309	0,0001
Standard Deviation	0,0803	0,1758	0,0073
Minimum	9166713,2604	439000,8089	4637,2853
Maximum	9166713,6478	439002,1053	4637,3152
Sum	284168116,1540	13609048,3324	143756,2050
Count	31	31	31

Tabel 2 Data Statistik R2

PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166656,1301	439078,3311	4669,4692
Median	9166656,1584	439078,3500	4669,4685
Sample Variance	0,0071	0,0354	0,0001
Standard Deviation	0,0844	0,1882	0,0072
Minimum	9166656,0077	439077,7888	4669,4586
Maximum	9166656,2798	439078,5050	4669,4832
Sum	284166340,0323	13611428,2632	144753,5447
Count	31	31	31

Tabel 3 Data Statistik R3

PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166554,2451	439084,1021	4770,0823
Median	9166554,1893	439084,1558	4770,0809
Sample Variance	0,0170	0,1225	0,0001
Standard Deviation	0,1304	0,3500	0,0081
Minimum	9166554,1218	439082,2533	4770,0695
Maximum	9166554,7880	439084,3817	4770,1003
Sum	284163181,5974	13611607,1645	147872,5508
Count	31	31	31

Tabel 4 Data Statistik R4

PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166495,2698	439056,5114	4850,7553
Median	9166495,2621	439056,5078	4850,7534
Sample Variance	0,0012	0,0010	0,0001
Standard Deviation	0,0348	0,0310	0,0083
Minimum	9166495,2288	439056,4203	4850,7422
Maximum	9166495,4111	439056,5776	4850,7723
Sum	284161353,3640	13610751,8546	150373,4132
Count	31	31	31

Dari data statistik di atas kita bisa menentukan rentang batas data outlier pada 31 data pengukuran EDM.

IV.2 Analisis Data Outlier Slope distance Metode 1

Data outlier merupakan data observasi yang muncul dengan nilai-nilai ekstrim, baik secara univariat ataupun multivariat. Yang dimaksud dengan nilai-nilai ekstrim dalam observasi adalah nilai yang jauh atau beda sama sekali dengan sebagian besar nilai lain dalam kelompoknya. Pada Analisis data outlier pengukuran ini, batas maksimum didapatkan dari $x \pm (\alpha \cdot Stdev) \dots\dots\dots (13)$

Dimana x adalah nilai rata-rata, α nilai derajat kepercayaan dan Stdev adalah nilai Standar deviasi dari data yang diolah.



Gambar 5 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R1

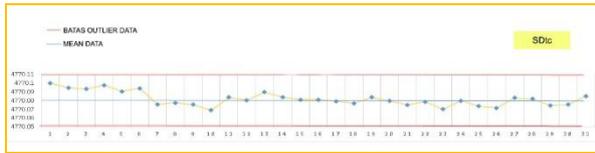
Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data outlier. Titik yang paling mendekati batas maksimum adalah titik 1 dengan nilai 4637,314 m yang mendekati nilai maksimum yakni 4637,319 m. Nilai batas minimum outlier data adalah 4637,275 m. Sedangkan nilai rata-rata data slope distance adalah 4637,297 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai slope distance yang terlalu signifikan pada titik R1, yakni masih berada di rentan 0,0298 meter /25 hari.



Gambar 6 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R2

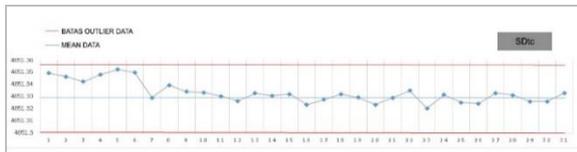
Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data outlier, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam range maksimum dan minimum. Nilai batas maksimum outlier data adalah 4669,491m dan nilai batas minimum outlier data adalah 4669,448 m. Sedangkan nilai rata-rata data slope distance adalah 4669,469 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai slope distance yang terlalu

signifikan pada titik R2, yakni masih berada di rentan 0,0246 meter /25 hari.



Gambar 7 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R3

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data outlier, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam range maksimum dan minimum. Nilai batas maksimum outlier data adalah 4770,107 m dan nilai batas minimum outlier data adalah 4770,058 m. Sedangkan nilai rata-rata data slope distance adalah 4770,082 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai slope distance yang terlalu signifikan pada titik R3, yakni masih berada di rentan 0,030 meter /25 hari.

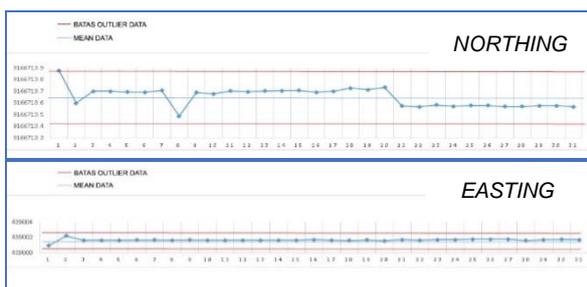


Gambar 8 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R4

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data outlier, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam range maksimum dan minimum. Nilai batas maksimum outlier data adalah 4851,359 m dan nilai batas minimum outlier data adalah 4851,307 m. Sedangkan nilai rata-rata data slope distance adalah 4851,333 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai Slope distance Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai slope distance yang terlalu signifikan pada titik R4, yakni masih berada di rentan 0.0321 meter /25 hari..

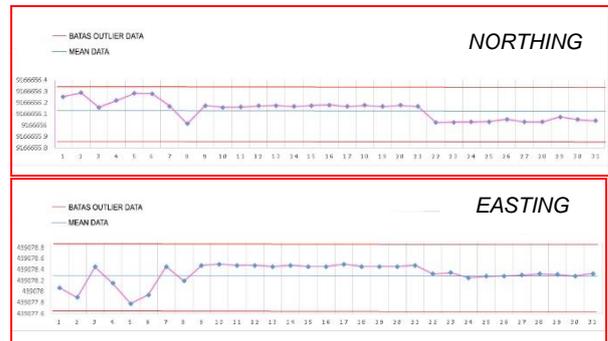
IV.3 Deteksi Data Outlier Pada Data Koordinat

Penentuan rentan data outlier ditentukan dengan perhitungan statistik. Batas maksimum dan nilai minimum didapatkan dari persamaan 4.2.



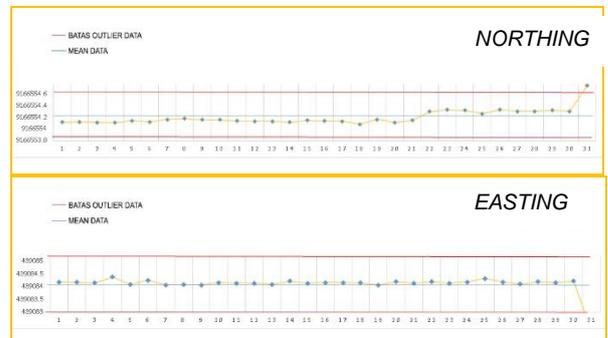
Gambar 9 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R1

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data outlier, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam range maksimum dan minimum pada data northing. Nilai batas maksimum outlier data adalah 9166713,895 m dan nilai batas minimum outlier data adalah 9166713,413 m. Sedangkan nilai rata-rata data northing adalah 9166713,654 m. Dan untuk data easting nilai batas maksimum outlier data adalah 439002,206 m dan nilai batas minimum outlier data adalah 439001,152 m. Sedangkan nilai rata-rata data easting adalah 439001,679 m.



Gambar 10 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R2

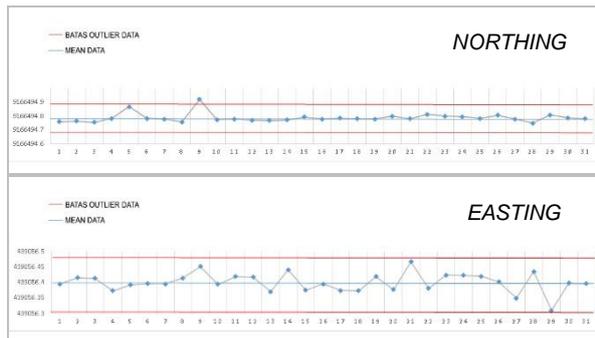
Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data outlier, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam range maksimum dan minimum pada data northing. Nilai batas maksimum outlier data adalah 9166656,383 m dan nilai batas minimum outlier data adalah 9166655,877 m. Sedangkan nilai rata-rata data northing adalah 9166656,130 m. Dan untuk data easting nilai batas maksimum outlier data adalah 439078,896 m dan nilai batas minimum outlier data adalah 439077,766 m. Sedangkan nilai rata-rata data easting adalah 439078,331 m.



Gambar 11 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R3

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran terdapat 2 data outlier, yang berarti tidak semua data pengukuran masih masuk dalam range

maksimum dan minimum batas data *outlier*. Data tersebut berada pada data pengukuran 31 dengan nilai 9166554,788 m dan 439082,253 m .Padahal pada data *northing* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 9166554,636 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 9166553,854 m. Sedangkan nilai rata-rata data *northing* adalah 9166554,245 m. Dan untuk data *easting* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439085,152 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439083,052 m. Sedangkan nilai rata-rata data *easting* adalah 439084,102 m.



Gambar 12 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R4

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran terdapat 1 data *outlier*, yang berarti tidak semua data pengukuran masih masuk dalam *range* maksimum dan minimum batas data *outlier*. Data tersebut berada pada data pengukuran 9 dengan nilai 9166494,924 m. Padahal pada data *northing* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 9166494,89 dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 9166494,691 m. Sedangkan nilai rata-rata data *northing* adalah 9166494,790 m. Dan untuk data *Easting* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439056,493 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439056,308 m. Sedangkan nilai rata-rata data *easting* adalah 439056,401 m.

Data-data *outlier* tidak dimasukkan dalam proses perhitungan. Pengolahan menggunakan data yang masih masuk dalam *range* data yang tidak melewati batas maksimum atau minimum *outlier*.

IV.4 Analisis dan Perbandingan Data Koordinat Metode 1 dengan Data Hasil Validasi Jarak Dekat menggunakan Total Station

Perbedaan dua metode pengukuran terletak pada jarak tembak dari alat ke reflektor dimana metode validasi memiliki jarak tembak yang lebih dekat dibanding dengan metode pengukuran dari pos pengamat di Selo.

Tabel 5 Tabel Perbandingan Hasil Pengolahan Data EDM dengan Validasi Jarak Dekat

TITIK	METODE 1		METODE VALIDASI JARAK DEKAT		SELISIH (m)		
	N	E	N	E	dN	dE	Jarak
R1	9166713,654	439001,679	9166713,692	439002,234	0,267	0,453	0,526
R2	9166656,130	439078,331	9166656,320	439078,060	0,240	0,151	0,284
R3	9166554,245	439084,102	9166554,040	439084,060	0,025	0,078	0,082
R4	9166495,270	439056,511	9166494,810	439056,400	0,230	0,009	0,230

1. Titik Reflektor R1

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R1 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 1) memiliki selisih jarak dengan titik R1 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode validasi) sebesar 0,526 m.

2. Titik Reflektor R2

Dari tabel IV-7 dapat diketahui bahwa titik R2 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 1) memiliki selisih jarak dengan titik R1 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode validasi) sebesar 0,284 m.

3. Titik Reflektor R3

Dari tabel IV-7 dapat diketahui bahwa titik R3 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 1) memiliki selisih jarak dengan titik R3 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode validasi) sebesar 0,082 m.

4. Titik Reflektor R4

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R4 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 1) memiliki selisih jarak dengan titik R3 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode validasi) sebesar 0,230 m.

IV.5 Analisis dan Perbandingan Data Koordinat Metode 1 dengan Data Hasil Validasi Survei GPS Geodetic

Tabel 6 Tabel Perbandingan Hasil Pengolahan Data EDM dengan Validasi Survei GPS

TITIK	METODE 1		METODE VALIDASI SURVEI GNSS		SELISIH (m)		
	N	E	N	E	dN	dE	Jarak
R2	9166656,130	439078,331	9166656,364	439078,094	0,234	0,237	0,333

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R2 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 1) memiliki selisih jarak dengan titik R2 hasil pengukuran GPS *Geodetic* di atas titik reflektor (metode validasi) sebesar 0,333 m.

Dari dua perbandingan di atas dapat terlihat bahwa masih ada beberapa parameter pengolahan yang belum sesuai atau kurang dalam pengolahan data pengukuran EDM dari metode 1. Selain hal itu, kondisi alat yang digunakan juga perlu menjadi perhatian karena kurangnya perawatan rutin seperti kalibrasi alat. Karena kondisi alat yang tidak terawat akan mempengaruhi kestabilan hasil pengukuran dan kemampuan instrumen untuk memberikan hasil pengukuran yang sama.

Selain berpengaruh terhadap kestabilan hasil pengukuran, kondisi alat juga dapat mempengaruhi tingkat akurasi dan presisi alat. Dimana kedua nilai tersebut berpengaruh terhadap keandalan data pengukuran di lapangan.

IV.6 Data Statistik Hasil Pengolahan Metode 2

Tabel 7 Data Statistik R1

PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166712,7	439001,4365	4638,314815
Median	9166712,737	439001,426	4638,313521
Sample Variance	0,006446144	0,030924256	5,64492E-05
Standard Deviation	0,080287882	0,17585294	0,007513266
Minimum	9166712,535	439000,6861	4638,302525
Maximum	9166712,923	439001,9828	4638,333881
Sum	284168093,7	13609044,53	143787,7593
Count	31	31	31

Tabel 8 Data Statistik R2

PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166655,163	439078,1052	439078,1052
Median	9166655,192	439078,1244	439078,1244
Sample Variance	0,00706935	0,035457534	0,035457534
Standard Deviation	0,084079429	0,188301711	0,188301711
Minimum	9166655,04	439077,5627	439077,5627
Maximum	9166655,313	439078,2793	439078,2793
Sum	284166310	13611421,26	13611421,26
Count	31	31	31

Tabel 9 Data Statistik R3

PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166553,255	439083,8775	439083,8775
Median	9166553,201	439083,9313	439083,9313
Sample Variance	0,017084251	0,122568132	0,122568132
Standard Deviation	0,130706736	0,350097317	0,350097317
Minimum	9166553,133	439082,0284	439082,0284
Maximum	9166553,799	439084,157	439084,157
Sum	284163150,9	13611600,2	13611600,2
Count	31	31	31

Tabel 10 Data Statistik R4

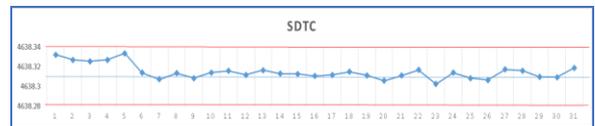
PARAMETER	N	E	SDtc
Mean	9166493,788	439056,1705	439056,1705
Median	9166493,781	439056,1667	439056,1667
Sample Variance	0,001091924	0,000956124	0,000956124
Standard Deviation	0,033044271	0,030921259	0,030921259
Minimum	9166493,749	439056,0795	439056,0795
Maximum	9166493,921	439056,2368	439056,2368
Sum	284161307,4	13610741,29	13610741,29
Count	31	31	31

Dari data statistik hasil pengolahan data menggunakan metode 2 di atas, kita bisa menentukan rentan batas data *Outlier* pada 31 data pengukuran EDM.

Terdapat 31 data pengukuran pada setiap titik reflektor yang ada pada daerah sekitar kawah gunung Merapi. Pengambilan data dilakukan ketika cuaca cerah dan tidak ada atau minim cahaya matahari. Dari

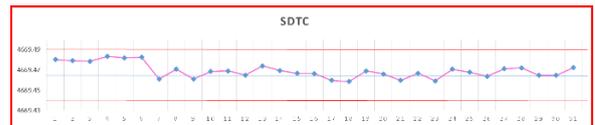
data tersebut dapat dilihat bahwa jarak reflektor terjauh dari titik pengukuran adalah titik R4 yang berada tepat pada bibir kawah. Sedangkan reflektor yang memiliki jarak terdekat dengan titik pengukuran adalah R1 yang terletak pada barat jalur pendakian menuju puncak gunung Merapi.

IV.7 Analisis Data Outlier Slope distance Metode 2



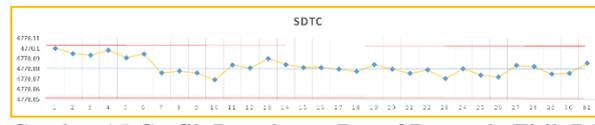
Gambar 13 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R1

Hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran di atas tidak mengandung data *outlier*, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam *range* batas maksimum dan minimum. Nilai batas maksimum *outlier* data adalah 4638,337 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 4638,292 m. Sedangkan nilai rata-rata data *slope distance* adalah 4638,315 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai *slope distance* yang terlalu signifikan pada titik R1, yakni masih berada di rentan 0,0313 meter /25 hari.



Gambar 14 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R2

Hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran di atas tidak mengandung data *outlier*, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam *range* batas maksimum dan minimum. Nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439078,670 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439077,540 m. Sedangkan nilai rata-rata data *slope distance* adalah 439078,105 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai *slope distance* yang terlalu signifikan pada titik R2, yakni masih berada di rentan 0,07165 meter /25 hari.



Gambar 15 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R3

Hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran di atas tidak mengandung data *outlier*, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam *range* batas maksimum dan minimum. Nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439084,928 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439082,827 m. Sedangkan nilai rata-rata data *slope distance* adalah 439083,877 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai *Slope distance* yang terlalu signifikan pada titik R3, yakni masih berada di rentan 0,0310 meter /25 hari.

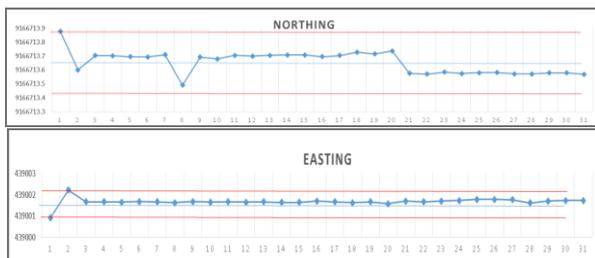


Gambar 16 Grafik Persebaran Data SDtc pada Titik R4

Hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran di atas tidak mengandung data *outlier*, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam *range* batas maksimum dan minimum. Nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439056,263 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439056,078 m. Sedangkan nilai rata-rata data *slope distance* adalah 439056,170 m. Dan dari pola data ini juga dapat diamati bahwa tidak terjadi perubahan nilai *Slope distance* yang terlalu signifikan pada titik R4, yakni masih berada di rentan 0,157 meter /25 hari.

IV.8 Deteksi Data Outlier Pada Data Koordinat

Penentuan rentan data *Outlier* ditentukan dengan perhitungan statistik. Batas maksimum dan nilai minimum didapatkan dari persamaan 4.2.



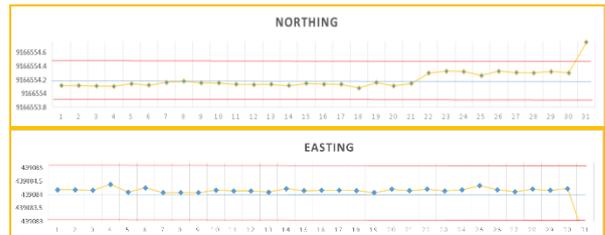
Gambar 17 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R1

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data *outlier*, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam *range* maksimum dan minimum pada data *Northing*. Nilai batas maksimum *outlier* data adalah 9166712,941 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 9166712,459 m. Sedangkan nilai rata-rata data *northing* adalah 9166712,700 m. Dan untuk data *easting* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439001,964 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439000,909 m. Sedangkan nilai rata-rata data *easting* adalah 439001,436 m



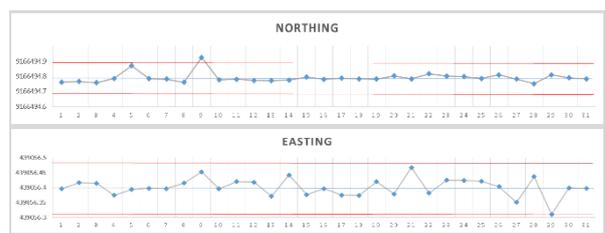
Gambar 18 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R2

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran tidak ada data *outlier*, yang berarti semua data pengukuran masih masuk dalam *range* maksimum dan minimum pada data *northing*. Nilai batas maksimum *outlier* data adalah 9166655,415 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 9166654,910 m. Sedangkan nilai rata-rata data *northing* adalah 9166655,163 m. Dan untuk data *easting* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439078,670 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439077,540 m. Sedangkan nilai rata-rata data *easting* adalah 439078,105 m.



Gambar 19 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R3

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran terdapat satu data *outlier*, yang berarti tidak semua data pengukuran masih masuk dalam *range* maksimum dan minimum batas data *outlier*. Data tersebut berada pada data pengukuran 31 dengan nilai 9166553,799 m dan 439082,028 m. Padahal pada data *Northing* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 9166553,647 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 9166552,863 m. Sedangkan nilai rata-rata data *Northing* adalah 9166553,255 m. Dan untuk data *Easting* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 439084,928 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439082,827 m. Sedangkan nilai rata-rata data *easting* adalah 439083,878 m.



Gambar 20 Grafik Persebaran Data Koordinat pada Titik R4

Dari hasil pola grafik yang terbentuk dari data pengukuran terdapat satu data *outlier*, yang berarti tidak semua data pengukuran masih masuk dalam *range* maksimum dan minimum batas data *outlier*. Data tersebut berada pada data pengukuran sembilan dengan nilai 9166493,921 m. Padahal pada data *northing* nilai batas maksimum *outlier* data adalah 9166493,887 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 9166493,689 m. Sedangkan nilai rata-rata data *northing* adalah 9166493,788 m. Dan untuk data *easting* nilai batas maksimum *outlier* data adalah

439056,263 m dan nilai batas minimum *outlier* data adalah 439056,078 m. Sedangkan nilai rata-rata data *easting* adalah 439056,170 m.

IV.9 Analisis dan Perbandingan Data Koordinat Metode 2 dengan Data Hasil Validasi Jarak Dekat menggunakan Total Station

Tabel 11 Tabel Perbandingan Hasil Pengolahan Data EDM dengan Validasi Jarak Dekat

TITIK	METODE 2		METODE VALIDASI JARAK DEKAT		SELISIH (m)		
	N	E	N	E	dN	dE	Jarak
R1	9166712,700	439001,436	9166713,692	439002,234	1,222	0,918	1,528
R2	9166655,163	439078,105	9166656,320	439078,060	1,387	0,075	1,389
R3	9166553,255	439083,877	9166554,040	439084,060	0,785	0,183	0,806
R4	9166495,270	439056,511	9166494,810	439056,400	0,543	0,119	0,556

1. Titik Reflektor R1

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R1 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 1) memiliki selisih jarak dengan titik R1 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode 2) sebesar 1,528 m.

2. Titik Reflektor R2

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R2 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 2) memiliki selisih jarak dengan titik R1 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode validasi) sebesar 1,389 m. Perbedaan yang besar diakibatkan adanya perbedaan selisih pada nilai *Northing*.

3. Titik Reflektor R3

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R3 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 2) memiliki selisih jarak dengan titik R3 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode validasi) sebesar 0,806 m.

4. Titik Reflektor R4

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R4 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 2) memiliki selisih jarak dengan titik R3 hasil pengukuran dari Pasar Bubrah (metode validasi) sebesar 0,556 m.

IV.10 Analisis dan Perbandingan Data Koordinat Metode 2 dengan Data Hasil Validasi Survei

Tabel 12 Tabel Perbandingan Hasil Pengolahan Data EDM dengan Validasi Survei GPS

TITIK	METODE 2		METODE VALIDASI SURVEI GNSS		SELISIH (m)		
	N	E	N	E	dN	dE	Jarak
R2	9166655,163	439078,105	9166656,364	439078,094	1,201	0,011	1,201

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R2 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo (metode 2) memiliki selisih jarak dengan titik R1 hasil pengukuran GPS *Geodetic* di atas titik (metode validasi) sebesar 1,201 m.

Dari dua perbandingan di atas dapat terlihat bahwa masih ada beberapa parameter pengolahan yang belum sesuai atau kurang dalam pengolahan data pengukuran EDM dari metode 1. Selain hal itu, kondisi alat yang digunakan juga perlu menjadi perhatian karena kurangnya perawatan rutin seperti kalibrasi alat.

IV.11 Analisis dan Perbandingan Hasil Pengolahan Data Koordinat Menggunakan Metode 1 dan Metode 2

Perbedaan dua metode pengukuran terletak pada parameter pengolahan data pengukuran yang digunakan.

Tabel 13 Tabel Perbandingan R1 Metode 1 dan Metode 2

TITIK	METODE 1		METODE 2		SELISIH (m)		
	N	E	N	E	dN	dE	Jarak
R1	9166712,700	439001,436	9166713,654	439001,679	0,954	0,243	0,985
R2	9166655,163	439078,105	9166656,130	439078,331	0,967	0,226	0,993
R3	9166553,255	439083,877	9166554,245	439078,331	0,990	0,225	1,015
R4	9166495,270	439056,511	9166494,790	439056,401	0,479	0,110	0,492

1. Titik Reflektor R1

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R1 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo. Data tersebut kemudian diolah menggunakan 2 metode pengolahan yang memiliki selisih jarak sebesar 0,985 m.

2. Titik Reflektor R2

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R1 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo. Data tersebut kemudian diolah menggunakan 2 metode pengolahan yang memiliki selisih jarak sebesar 0,993 m.

3. Titik Reflektor R3

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R1 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo. Data tersebut kemudian diolah menggunakan 2 metode pengolahan yang memiliki selisih jarak sebesar 1,015 m.

4. Titik Reflektor R4

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa titik R1 hasil pengukuran menggunakan Total Station pada pos pengamatan di Selo. Data tersebut kemudian diolah menggunakan 2 metode pengolahan yang memiliki selisih jarak sebesar 0,492 m.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

- Selama proses penelitian telah terjadi deformasi pada gunung Merapi tapi tidak secara signifikan. Hal ini ditandai dengan tidak terjadinya perubahan nilai Slope Distance secara spesifik selama pengamatan. Selain itu dilakukan perhitungan statistik regresi linier pada data slope distance yang terbaca alat. Hasil dari perhitungan statistik

menunjukkan nilai gradien pada 4 titik reflektor adalah sebagai berikut : $R_1 = -0,00036$, $R_2 = -0,00033$, $R_3 = -0,00046$, $R_4 = -0,00057$.

2. Selisih nilai jarak antar titik reflektor yang menggunakan metode J.M Rüeger dengan hasil data validasi jarak dekat dan pengukuran GPS Geodetic adalah $R_1 = 0,526$ m, $R_2 = 0,284$ m (Pengukuran Jarak Dekat) , $R_2 = 0,233$ m (GPS Geodetic), $R_3 = 0,082$ m, $R_4 = 0,230$ m. Sedangkan selisih nilai jarak antar titik reflektor yang menggunakan metode kombinasi J.M Rüeger dan BPPTKG dengan hasil data validasi jarak dekat dan pengukuran GPS Geodetic adalah $R_1 = 1,528$ m, $R_2 = 1,389$ m (Pengukuran Jarak Dekat), $R_2 = 1,201$ m (GPS Geodetic), $R_3 = 0,806$ m, $R_4 = 0,556$ m
3. Selisih nilai jarak antar titik reflektor yang menggunakan metode J.M Rüeger dengan metode kombinasi J.M Rüeger dan BPPTKG adalah $R_1 = 1,528$ m, $R_2 = 1,389$ m , $R_3 = 0,806$ m, $R_4 = 0,556$ m. Hasil perhitungan dipengaruhi oleh beberapa unsur parameter yang mempengaruhi tingkat ketelitian dan akurasi data. Yakni konstanta alat, kelengkungan bumi, sudut pengukuran dan parameter cuaca berupa suhu, tekanan, kelembaban.
4. Dapat disimpulkan bahwa metode 1 (metode J.M Rüeger saja) menghasilkan data pengolahan yang lebih akurat. Adapun nilai selisih yang didapatkan, diakibatkan oleh beberapa faktor seperti : Faktor Cuaca yang cepat berubah, alat yang tidak rutin dikalibrasi, kondisi alat yang minim perawatan, masih kurangnya beberapa parameter perhitungan, kurang sempurnanya rumus koreksi internal alat pada metode BPPTKG

V.2 Saran

Meninjau dari faktor – faktor data yang telah dijabarkan, maka saran yang bisa kami sampaikan dalam penyelesaian masalah tersebut ialah:

1. Pada saat pengukuran dilapangan, dilakukan pada saat malam hari karena faktor cahaya matahari yang mengganggu jalannya gelombang elektromagnetik yang ditembakkan EDM.
2. Sebaiknya dilakukan pengecekan pada settingan dan kondisi alat yang digunakan agar hasil pengukuran sesuai dengan hasil sebenarnya di lapangan. Termasuk perawatan rutin berupa kalibrasi alat.
3. Perlu adanya pengkajian lebih dalam dan penyempurnaan pengolahan data EDM.

4. Memperbanyak jumlah titik validasi dengan tetap mengutamakan keselamatan diri selama penelitian.

Daftar Pustaka

- Aisyah, N., 2015, [Wawancara] Analisis Data EDM di BPPTKG (20 Maret 2015) oleh Nurul Nur Annisa
- Annisa, N. N., 2017, Analisis Pengaruh Suhu, Tekanan, dan Kelembaban Udara Pada Data Hasil Pengukuran EDM di Gunung Merapi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Probosari, D., 2017, Analisis Deformasi Gunungapi Merapi Pra dan Pasca Erupsi Tahun 2010 Berdasarkan Data *Electronic Distance Measurement* (EDM), Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Purbawinata, M. A., Ratdomopurbo, I. K., Sumarti, S., Suharno, I., 1997, Merapi volcano-guide book. Bandung; Volcanological Survei of Indonesia.
- Sunantyo, T. A., 1997, Pemantauan Permukaan Gunung Merapi dengan Pengukuran Sudut dan Jarak, Forum Teknik Jurnal Teknologi, Vol 21.
- Tim Tanggap Darurat Erupsi G. Merapi, 2010, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi-BPPTKG, Yogyakarta.
- Voight, B., Constantine, E.K., Siswawidjono, S. & Torley, S., 2000, Comprehensive Eruptive History of Merapi Volcano, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 100,69-138.
- Young, K., Voight, B., Subandriyo, Sajiman, Miswanto, T. J., 2000, Casadevall Ground Deformation at Merapi Volcano, Java, Indonesia :distance changes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 100,233-260

Sumber Internet

- Badan Geologi, 2014, G.Merapi-Deformasi, <http://merapi.bgl.esdm.go.id/pub/page.php?id f=11>, diakses 11 April 2018