

ANALISIS DESAIN JARING GNSS BERDASARKAN FUNGSI KEHANDALAN INTERNAL DAN KEHANDALAN EKSTERNAL (STUDI KASUS : TITIK GEOID GEOMETRI KOTA SEMARANG)

Kurniawan Adi Widiyanto^{*)}, L M Sabri, Moehammad Awaluddin

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

ABSTRAK

Pekerjaan pengukuran tidak lepas dari tahap pembuatan desain jaring pemetaan. Desain jaring dirancang sedemikian rupa agar dapat mencakup semua wilayah pengamatan dengan pemilihan penempatan titik yang dipertimbangkan dengan baik. Oleh karena itu, optimalisasi jaring kontrol pemetaan perlu dilakukan pada tahap perancangan jaring kontrol. Optimalisasi jaring perlu memperhatikan tiga aspek, yaitu biaya, kehandalan dan keakurasian. Dalam penelitian ini metodologi yang digunakan adalah pengukuran GNSS metode *rapid static*. Pengukuran menggunakan base station titik GRAV11, CORS BIG Kota Semarang, dan CORS Universitas Diponegoro. Titik penelitian yang digunakan yaitu 20 titik geoid geometri di Kota Semarang. Penelitian ini dilakukan dengan membuat 5 desain jaring GNSS yang optimum ditinjau dari geometri jaring berdasarkan kriteria kehandalan (redundansi individu, kehandalan luar, dan kehandalan dalam). Desain jaring yang paling optimal berdasarkan analisis fungsi kehandalan dan standar deviasi adalah desain jaring nomor 1 dengan jumlah baseline 51. Desain jaring nomor 1 memiliki nilai fungsi kehandalan dengan nilai kehandalan luar paling kecil yaitu sebanyak 4,1099, nilai kehandalan dalam paling kecil yaitu sebanyak 0,1209 dan nilai redundansi individu paling maksimal yaitu 0,7777. Ini menunjukkan bahwa desain jaring nomor 1 memiliki sensitivitas tinggi terhadap kesalahan acak dan kesalahan kasar. Desain jaring nomor 1 memiliki nilai standar deviasi paling kecil sebesar 0,0163 dibanding dengan desain lainnya, hal ini menunjukkan desain jaring 1 merupakan desain jaring paling presisi.

Kata Kunci: GNSS, kehandalan dalam, kehandalan luar Optimalisasi, dan Redudansi Individu.

ABSTRACT

Surveying project is inseparable from establishment of mapping network designs. Network design is made of various kinds to be able to cover all observation areas by choosing the right place properly. Therefore, optimization of the control network needs to be done at the transition of the control network. Network optimization are supposed to consider in three aspects, that is cost, reliability and accuracy. The method in this study, is measuring GNSS with rapid static method. The measurement uses GRAV11 point base station, Semarang City CORS BIG, and Diponegoro University CORS. The research point used was 20 geoid and geometry points in Semarang City. This research was conducted by making 5 optimal GNSS network designs in terms of network geometry based on criteria. The optimal network design function analysis and standard deviation is the design of network number 1 with a baseline number of 51. Network design number 1 has value of reliability function with a minimum value of external reliability is 4.1099, value of the smallest internal reliability is 0,1209 and the maximum individual redundancy value is 0.7777. This shows that network design number 1 has a high sensitivity to gross errors and disturbances. Network design number 1 has the smallest standard deviation value of 0.0163 with other designs, this shows the design of network 1 as the most appropriate fabric design..

Keywords: External Reliability, GNSS, Individual Redundancy, Internal Reliability, and Optimization.

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Pada pekerjaan pengukuran, tidak lepas dari tahap pembuatan desain jaring pemetaan. Desain jaring dirancang sedemikian rupa agar dapat mencakup semua wilayah pengamatan dengan penempatan titik yang dipertimbangkan dengan baik. Oleh karena itu, optimalisasi jaring kontrol pemetaan perlu dilakukan pada tahap perancangan jaring kontrol. Optimalisasi jaring perlu memperhatikan tiga aspek, yaitu biaya, kehandalan dan keakurasian. Kehandalan adalah kemampuan jaring untuk mendeteksi adanya outlier pada jaring, sedangkan keakurasian adalah kualitas jaring yang bergantung dengan konfigurasi pengukuran. Secara matematis, optimasi jaring kontrol adalah meminimumkan atau memaksimumkan fungsi objek yang menggambarkan kualitas jaringan titik kontrol pada batas-batas tertentu. Dimaksimumkan atau diminimumkan disebut fungsi tujuan sedangkan fungsi yang menyatakan batasnya disebut sebagai nilai kritis (Agung, 2014). Optimasi suatu jaring kontrol melibatkan analisis pendahuluan untuk mendapatkan konfigurasi titik yang optimum dari pengukuran antar stasiun. Analisis dilakukan sebelum pengukuran dilakukan. Nilai pengukuran yang sebenarnya tidak diperlukan dan memang belum diperoleh karena belum dilakukan pengukuran. Analisis pendahuluan ini sangat membantu dalam perencanaan kegiatan, yaitu untuk mengetahui ketelitian pengukuran yang akan dilaksanakan, untuk menentukan toleransi pada saat pengukuran dan untuk menentukan standar prosedur kegiatan pengukuran yang dilakukan. Pada analisis pendahuluan, semua komponen pengukuran dianggap telah bebas dari kesalahan sistematis.

Untuk mendapatkan desain jaring kontrol GNSS yang optimal. Terdapat empat tahapan yaitu Zero Order Design, First Order Design, Second Order Design, dan Third Order Design. Zero Order Design adalah optimasi dalam memilih sistem referensi yang optimum. First Order Design adalah optimasi dalam memilih lokasi stasiun sehingga membentuk geometri yang optimum. Second Order Design adalah optimasi dalam memilih pengamatan yang akan dilakukan dan dengan tingkat kepresisian yang diharapkan. Third Order Design adalah optimasi untuk meningkatkan jaring yang telah ada. Penelitian ini mengkaji optimasi desain yang didasarkan pada First Order Design (Agung, 2014). Dalam penelitian ini mengkaji desain jaring optimum. Desain jaring didesain dalam bentuk geometri, mulai dari yang relatif kurang kompleks sampai menjadi desain jaring yang paling kompleks. Perubahan bentuk geometri dari yang relatif kurang kompleks ke yang lebih kompleks dilakukan dengan pengurangan baseline. Berdasarkan bentuk desain tersebut kriteria optimum dilakukan dengan menggunakan kriteria akurasi dan kehandalan. Kriteria kehandalan menggunakan tiga kriteria kehandalan yaitu redundansi individu, kehandalan luar, dan kehandalan dalam. Kehandalan dalam dari jaring kontrol menunjukkan kesalahan kecil yang tak terdeteksi di

dalam pengukuran. Kehandalan luar menunjukkan efek dari sebuah kesalahan besar yang tak terdeteksi pada koordinat-koordinat jaring dan jumlah yang dihitung dari kesalahan kasar yang ada. Kehandalan dari suatu jaring dianggap tinggi ketika jaring dapat mengidentifikasi kesalahan kasar yang kecil. Kesalahan kasar pada pengukuran berdampak pada parameter perataan, oleh karena itu kehandalan dari jaring berguna sebagai kriteria desain, sedangkan nilai redundansi individu didapatkan dari perkalian antara matriks kofaktor residu dengan matriks bobot pengamatan.

I.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana bentuk geometri jaring yang optimal berdasarkan kriteria kehandalan untuk pengukuran titik geoid geometri di Kota Semarang ?
2. Bagaimana hubungan antara nilai standar deviasi dengan nilai fungsi kehandalan desain jaring GNSS?
3. Apakah penambahan atau pengurangan baseline yang semakin kompleks pada jaring GNSS akan selalu konsisten terhadap semua kriteria kehandalan?
4. Apakah pergeseran titik kontrol dapat mempengaruhi hasil standar deviasi pada desain jaring?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan desain jaring GNSS yang optimal dari fungsi kehandalan (kehandalan dalam, kehandalan luar, dan redundansi individu) dengan studi kasus titik geoid geometri Kota Semarang.
2. Mendapatkan analisis hubungan antara nilai standar deviasi dengan nilai fungsi kehandalan desain jaring hasil survei GNSS dengan studi kasus titik geoid geometri Kota Semarang.
3. Diperolehnya analisis dampak penambahan dan pengurangan *baseline* pada jaring terhadap kriteria kehandalan setiap desain jaring pengukuran GNSS dengan studi kasus titik geoid geometri Kota Semarang.
4. Diperolehnya analisis dampak pergeseran titik kontrol terhadap standar deviasi setiap desain jaring pengukuran GNSS dengan studi kasus titik geoid geometri Kota Semarang.

I.4. Batasan Masalah

Penelitian ini diberi batasan masalah agar bahasan tidak terlalu jauh dari kajian masalah. Berikut ini adalah batasan masalah dalam penelitian ini :

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di titik geoid geometri Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah.
2. Titik referensi yang digunakan adalah titik GRAV11 saat pengukuran, CSEM dari BIG, dan CORS UDIP.

3. Metode yang digunakan untuk estimasi koordinat adalah hitung kuadrat terkecil metode parameter.
4. Analisis jaring menggunakan fungsi kehandalan (kehandalan dalam, kehandalan luar, dan redundansi individu) dan nilai standar deviasi jaring GNSS.
5. Bobot yang digunakan merupakan panjang *baseline* antara 2 titik pengukuran.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 GNSS

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinyal dalam bentuk frekuensi secara terus menerus, yang tersedia di semua lokasi di atas permukaan bumi. GNSS memiliki peranan penting dalam bidang navigasi. GNSS yang ada saat ini adalah GPS (*Global Positioning System*) milik Amerika Serikat, GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) milik Rusia, GALILEO milik Uni Eropa, dan COMPASS atau Bei-Dou milik China. India dan Jepang telah mengembangkan kemampuan GNSS regional dengan meluncurkan sejumlah satelit ke antariksa untuk menambah kemampuan yang sudah disediakan oleh sistem global dalam menyediakan tambahan cakupan regional (UNOOSA, 2011).

GNSS merupakan teknologi penentuan posisi secara ekstraterestris titik di permukaan bumi dengan memanfaatkan satelit navigasi, seperti satelit GPS yang dikembangkan oleh Amerika Serikat, GLONASS milik Eropa, dan COMPASS milik China. GNSS tidak berbeda dengan GPS, GPS merupakan salah satu bagian dari GNSS. Seperti GPS, GNSS dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca, serta bisa memberikan posisi dalam tiga dimensi yang teliti, serta informasi mengenai waktu yang kontinu (Abidin, 1995).

Penentuan posisi dengan GNSS secara umum sama halnya dengan penentuan posisi dengan GPS, yaitu dengan pengikatan ke belakang dengan jarak. Posisi titik-titik di permukaan bumi ditentukan dengan pengukuran jarak secara simultan ke minimal empat satelit yang telah diketahui koordinatnya. Posisi titik yang ditentukan dari pengukuran GNSS adalah posisi dalam tiga dimensi (ϕ , λ , h ataupun X , Y , Z) yang mengacu pada datum referensi *World Geodetic System (WGS)* 1984 (Abidin, dkk., 2002).

II.2 GNSS CORS

CORS (Continuously Operating Reference Station) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam perhari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para

pengguna (users) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara post processing maupun secara real time (Rasyid, 2016).

Receiver harus dilengkapi dengan sambungan internet sebagai komunikasi data dari stasiun GNSS-CORS ke receiver. Dalam hal ini data GNSS-CORS tersedia melalui web dalam format RINEX (Receiver Independent Exchange) maupun streaming NTRIP (Network Transport RTCM via Internet Protocol). NTRIP adalah sebuah metode untuk mengirim koreksi data GPS/GLONASS (dalam format RTCM) melalui jaringan internet, sehingga informasi mengenai posisi dapat diperoleh secara cepat. RTCM sendiri adalah kependekan dari Radio Technical Commission for Maritime Services, yang merupakan komite khusus yang menentukan standar radio navigasi dan radio komunikasi maritim internasional. Data format RINEX disediakan untuk pengolahan data secara postprocessing, sedangkan data NTRIP untuk pengamatan posisi secara real-time

II.3 Jaring GNSS

Jaring merupakan sekumpulan titik-titik yang telah diketahui koordinatnya dan titik-titik yang ditentukan posisinya yang satu sama lain saling terhubung membentuk *baseline*, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengamatan tertentu dalam suatu referensi sistem koordinat tertentu (Abidin, 2002). Jaring GNSS pada dasarnya sekumpulan titik kontrol yang diukur dengan metode diferensial GNSS, sehingga titik-titik yang ditentukan posisinya satu sama lain saling terhubung membentuk *baseline*, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengolahan data GNSS tertentu.

Komponen *baseline* yaitu vektor koordinat relatif tiga dimensi (X , Y , Z) antar dua titik pengamatan. Penentuan vektor *baseline* ini umumnya dilakukan dengan metode hitung perataan kuadrat terkecil. Bersama dengan koordinat titik lain yang telah diketahui (titik fixed), vektor *baseline* diolah dalam suatu proses hitungan perataan jaringan (*network adjustment*) untuk mendapatkan koordinat final dari titik-titik yang diinginkan (Abidin, dkk., 2002). Komponen vektor *baseline* dihitung dengan mengurangkan nilai koordinat antar titik dalam sistem koordinat geosentris X , Y , Z .

II.4 Optimasi Jaring Kontrol

Optimasi jaring dapat diartikan memaksimalkan fungsi bobot dan ukuran pada jaring tersebut (Schmitt, 1985) dalam (Kuang, 1996). Secara matematis, optimasi jaring kontrol adalah meminimumkan atau memaksimumkan fungsi objek yang menggambarkan kualitas jaringan titik kontrol pada batas-batas tertentu. Dimaksimumkan atau diminimumkan disebut fungsi

tujuan sedangkan fungsi yang menyatakan batasnya disebut sebagai nilai kritis. Optimasi suatu jaring kontrol melibatkan analisis pendahuluan untuk mendapatkan konfigurasi titik yang optimum dari pengukuran antar stasiun. Analisis dilakukan sebelum pengukuran dilakukan. Nilai pengukuran yang sebenarnya tidak diperlukan dan memang belum diperoleh karena belum dilakukan pengukuran. Analisis pendahuluan ini sangat membantu dalam perencanaan kegiatan, yaitu untuk mengetahui ketelitian pengukuran yang akan dilaksanakan, untuk menentukan toleransi pada saat pengukuran dan untuk menentukan standar prosedur kegiatan pengukuran yang dilakukan. Pada analisis pendahuluan, semua komponen pengukuran dianggap telah bebas dari kesalahan sistematis.

II.5 Fungsi Kehandalan

Kehandalan dari suatu jaring tergantung pada geometri dari konfigurasi matriks pengamatan yang bukan pengamatan sebenarnya. Permasalahan kehandalan harus dipertimbangkan pada tahap desain agar kesalahan kasar dibuat sekecil mungkin dan untuk memperkecil efek dari ketidaktepatan dalam mengestimasi parameter.

Kehandalan dalam dari jaring kontrol menunjukkan kesalahan kecil yang tak terdeteksi di dalam pengukuran. Kehandalan luar menunjukkan efek dari sebuah kesalahan besar yang tak terdeteksi pada koordinat- koordinat jaring dan jumlah yang dihitung dari kesalahan kasar yang ada. Kehandalan dari suatu jaring dianggap tinggi ketika jaring dapat mengidentifikasi kesalahan kasar yang kecil. Kesalahan kasar pada pengukuran berdampak pada parameter perataan, oleh karena itu kehandalan dari jaring berguna sebagai kriteria desain.

II.6 Redudansi Individu

Nilai redudansi individu adalah nilai yang didapatkan dari perkalian antara matriks kofaktor residu (Q_{VV}) dengan matriks bobot pengamatan (P). Menurut Yağcinkaya dan Teke (2012), nilai redudansi individu suatu jaring GNSS dapat dihitung dengan persamaan. Semakin kecil nilai redundansi dari pengamatan, semakin besar kesalahan kotor yang harus dapat dideteksi, dan sebaliknya. Rumus untuk mencari nilai redudansi individu yaitu :

$$Q_{VV} = P^{-1} - A(A^T P A)^{-1} A^T \dots\dots\dots(II.1)$$

$$r_j = (Q_{VV})P_j \dots\dots\dots(II.2)$$

Dimana:

- r_j : redudansi individu
- P_j : matriks bobot dari persamaan
- Q_{VV} : matriks kofaktor residu
- P^{-1} : nilai inverse dari matriks bobot
- A : matriks turunan fungsi pengamatan terhadap parameter
- A^T : transpose matriks turunan fungsi pengamatan terhadap parameter

II.7 Kehandalan Dalam

Kehandalan dalam merujuk pada batas bawah hanya untuk kesalahan kotor yang dapat dideteksi. Dengan asumsi sebuah kesalahan kotor pada saat itu, batas bawah untuk kesalahan kotor yang dapat dideteksi saja dengan prosedur pengintaian. Kehandalan dalam juga dapat dilihat sebagai ukuran untuk pengendalian pengamatan. Jelas dari persamaan di atas bahwa setelah ketepatan pengamatan, tingkat signifikansi dan kekuatan minimum yang diperlukan (telah tetap, nilai batas berbanding terbalik dengan jumlah redudansi yang mewakili kekuatan dari geometri jaringan.

Pengamatan yang paling baik dikontrol dalam kasus sama dengan satu (misal nilai kemungkinan maksimumnya). Ini terjadi, hanya jika nilai sebenarnya dari pengamatan diketahui. Jika sama dengan nol (misalnya nilai kemungkinan minimumnya), uji dari pengamatan tidak mungkin karena nilai batasnya tidak terbatas. Dalam hal ini, observasi tidak dapat dikontrol sama sekali (Kuang, 1996). Rumus untuk mencari nilai kehandalan dalam yaitu :

$$|\Delta_{0j}| = m_0 \sqrt{w_0/P_j} r_j \dots\dots\dots(II.3)$$

Dimana:

- P_j : matriks bobot dari persamaan
- M_0 : simpangan baku dari unit bobot
- r_j : redudansi individu
- W_0 : merupakan standar batas bawah untuk parameter, nilai W_0 tergantung dari tingkat signifikan dan uji kekuatan minimum. Menurut Kuang (1996), biasanya uji kekuatan dipilih yang 80% dengan level signifikan 0,01.

II.8 Kehandalan Luar

Kehandalan luar berhubungan dengan efek dari kemungkinan kesalahan pengamatan observasional yang tidak diketahui pada perkiraan koordinat yang tidak diketahui. Meskipun dianggap sebagai ukuran global independen reliabilitas eksternal datum, sulit untuk memahami secara fisik. Untuk jaringan geodetik yang ditetapkan untuk tujuan rekayasa khusus, ukuran yang lebih bermanfaat adalah ukuran kehandalan eksternal lokal yang mengacu pada efek kesalahan maksimum yang tidak terdeteksi dalam pengamatan pada koordinat stasiun yang diperkirakan atau pada komponen koordinat spesifik atau pada fungsi spesifik dari vektor koordinat (Kuang, 1993). Dapat dilihat bahwa kehandalan dari suatu jaringan geodesi bergantung pada geometri dari jaringannya, misal matriks konfigurasinya dan matriks pembobotan dari pengamatan, bukan dari pengamatan aslinya. Masalah dalam kehandalan harus dipertimbangkan pada tahap desain untuk memastikan pendeteksian dari kesalahan kotor dapat sekecil mungkin serta untuk meminimalisir pengaruh dari kesalahan yang tidak terdeteksi pada parameter estimasi. Rumus untuk mencari nilai kehandalan luar yaitu :

$$\delta_{0j^2} = \left(\frac{1-r_j}{r_j} \right) \cdot w_0 \dots\dots\dots(II.4)$$

Dimana :

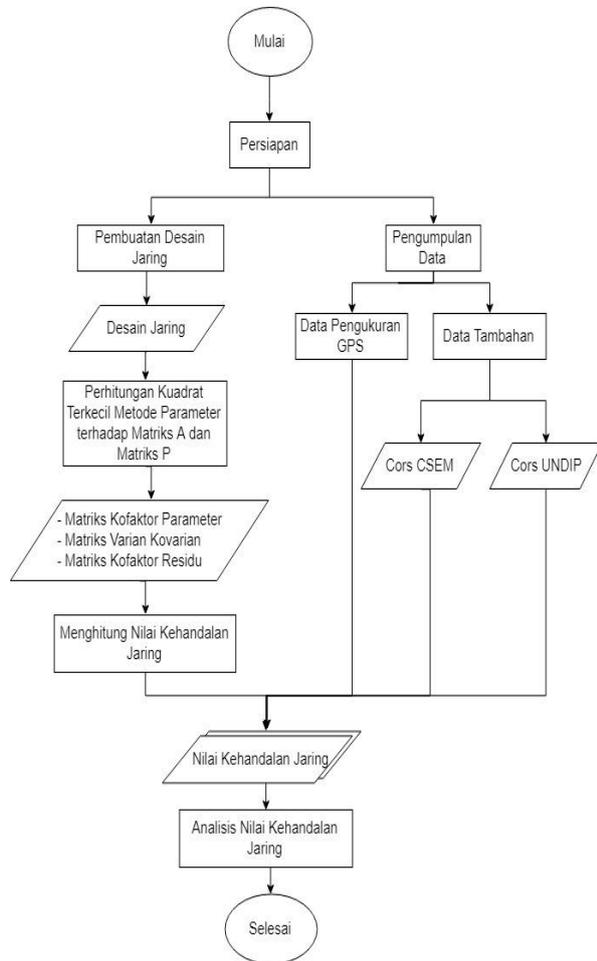
- r_j : redudansi individu

W_0 : merupakan standar batas bawah untuk parameter, nilai W_0 tergantung dari tingkat signifikan dan uji kekuatan minimum.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

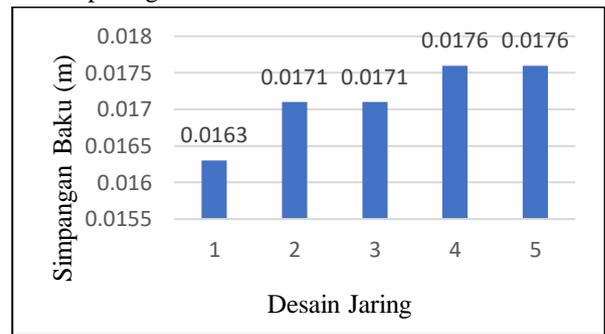
- 1) Laptop Lenovo dengan spesifikasi AMD A9 Kapasitas RAM 4GB dengan Sistem Operasi Windows 10 Pro.
- 2) Sistem operasi Windows 10 Pro Single Language 64-bit.
- 3) Microsoft Office 2016, untuk membuat laporan.
- 4) Microsoft Excel 2016, untuk melakukan perhitungan data.
- 5) Matlab R2017b, untuk melakukan hitung kuadrat terkecil.
- 6) TopconTools v.8.2.3, untuk pengolahan data hasil ukuran lapangan.
- 7) AutoCad Land Desktop 2009

Bahan dari penelitian ini adalah hasil pengambilan data ukuran metode survey GNSS dan data CORS CSEM dan CORS UDIP pada tanggal 14 – 16 April 2018.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Reduksi Baseline dan Perataan Jaringan

Hasil standar deviasi dari hasil reduksi baseline pada masing-masing desain jaringan pengukuran ini dapat dilihat pada gambar 2.

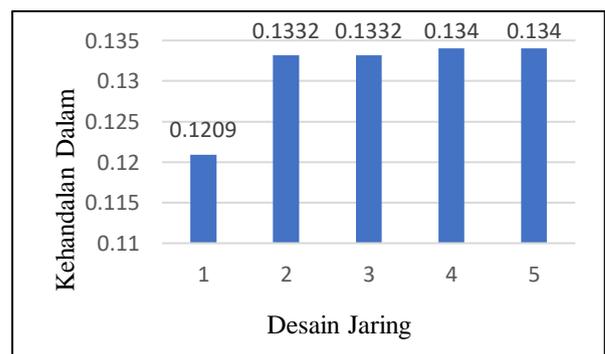


Gambar 2 Standar Deviasi desain jaringan

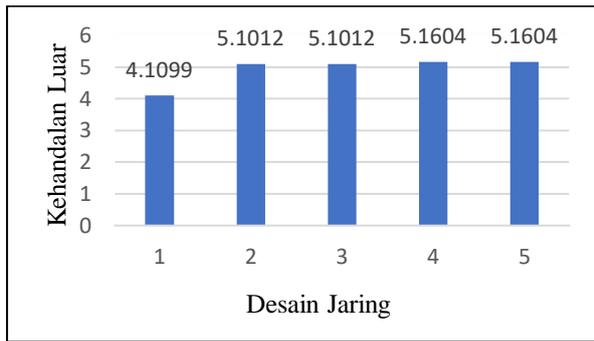
Berdasarkan gambar 2 nilai standar deviasi terendah dari pengolahan reduksi baseline dan perataan jaringan dimiliki oleh desain jaringan 1 yang memiliki baseline 51 buah sebesar 0,0163 m dan nilai standar deviasi tertinggi dari pengolahan reduksi baseline dan perataan jaringan dimiliki oleh desain jaringan 5 yang memiliki 31 baseline yaitu sebesar 0,0176 m.

IV.2 Hasil Hitungan Nilai Fungsi Kehandalan Desain jaringan GNSS

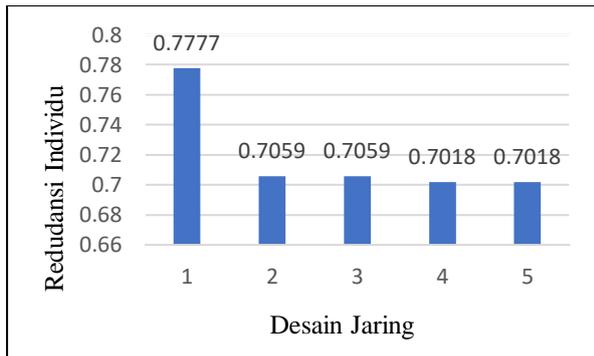
Hasil kehandalan dalam, kehandalan luar, dan redudansi individu masing-masing desain jaringan dapat dilihat pada gambar 3, gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 3 Hasil Kehandalan Dalam



Gambar 4 Hasil Kehandalan Luar



Gambar 5 Hasil Redudansi Individu

Gambar 3, gambar 4 dan gambar 5 menjelaskan nilai fungsi kehandalan konsisten naik dari desain jaring 1 hingga ke desain jaring 5 hal ini dikarenakan adanya pengurangan jumlah *baseline* dari jaring 1 hingga jaring 5, selanjutnya dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Desain jaring yang paling optimal berdasarkan fungsi kehandalan adalah desain jaring 1 dengan jumlah 51 *baseline*, karena memiliki nilai kehandalan luar paling kecil yaitu 4,1099, nilai kehandalan dalam paling kecil yaitu 0,1209, nilai redudansi individu paling maksimal yaitu 0,7777 dan nilai standar deviasi paling presisi yaitu 0.0163.
2. Nilai standar deviasi dan fungsi kehandalan desain jaring GNSS memiliki hubungan keterkaitan yang searah dimana semakin tinggi nilai standar deviasinya maka semakin tinggi juga nilai fungsi kehandalan.
3. Dampak penambahan jumlah *baseline* membuat desain jaring semakin kuat, hal ini dibuktikan dengan desain jaring paling kuat jika dilihat dari nilai standar deviasi dan analisis kehandalan adalah desain jaring nomor 1 yang merupakan jaring dengan jumlah *baseline* paling banyak yaitu 51 *baseline*, sedangkan desain jaring paling lemah jika dilihat dari nilai standar deviasi dan analisis kehandalan adalah desain jaring nomor 5 yang merupakan jaring dengan jumlah *baseline* paling sedikit yaitu 31 *baseline*.

Hasil hitungan fungsi kehandalan masing-masing desain jaring dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1 Hasil hitungan fungsi presisi desain jaring

	Nama Jaring	Jaring 1
	Jumlah Baseline	51 Baseline
	Standar Deviasi	0,0163
	Kehandalan Dalam	0,1209
	Kehandalan Luar	4,1099
Redudansi Individu	0,7777	

	Nama Jaring	Jaring 2
	Jumlah Baseline	46 Baseline
	Standar Deviasi	0,0171
	Kehandalan Dalam	0,1332
	Kehandalan Luar	5,1012
Redudansi Individu	0,7059	

	Nama Jaring	Jaring 3
	Jumlah Baseline	41 Baseline
	Standar Deviasi	0,0171
	Kehandalan Dalam	0,1332
	Kehandalan Luar	5,1012
Redudansi Individu	0,7059	

	Nama Jaring	Jaring 4
	Jumlah Baseline	36 Baseline
	Standar Deviasi	0,0176
	Kehandalan Dalam	0,134
	Kehandalan Luar	5,1604
Redudansi Individu	0,7018	

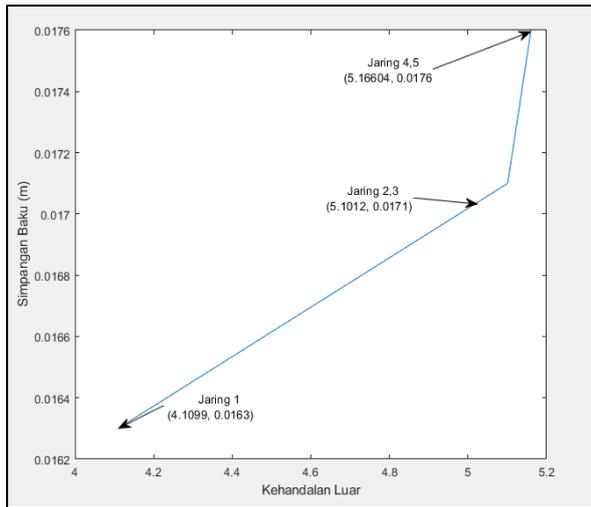
	Nama Jaring	Jaring 5
	Jumlah Baseline	31 Baseline
	Standar Deviasi	0,0176
	Kehandalan Dalam	0,134
	Kehandalan Luar	5,1604
Redudansi Individu	0,7018	

Penelitian terdahulu oleh Ma'rif dan Rahman, pada tahun 2008 menyimpulkan bahwa nilai fungsi kehandalan akan bernilai minimum pada desain jaring yang lebih kompleks atau memiliki *baseline* lebih banyak, pada penelitian kali ini dapat dilihat pada tabel 1, nilai kehandalan dalam minimum menunjukkan bahwa desain konfigurasi *baseline* jaring tersebut memiliki sensitivitas tinggi terhadap kesalahan tidak acak, sedangkan nilai kehandalan luar minimum menunjukkan bahwa pada desain jaring tersebut

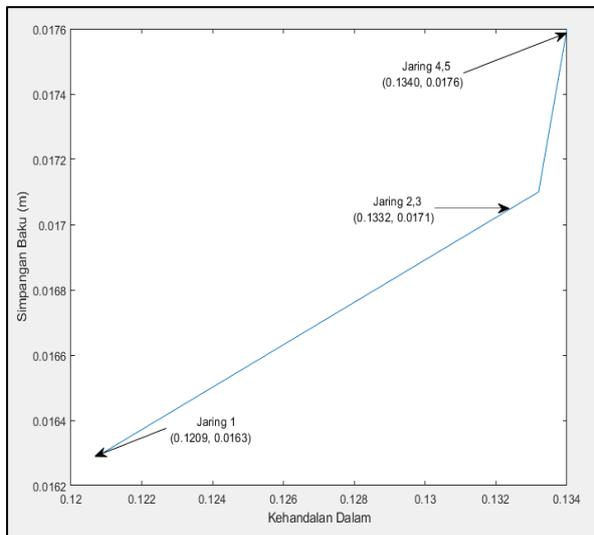
memiliki pengaruh kesalahan tidak acak yang tidak terdeteksi dalam jaringan yang lebih kecil.

IV.3 Analisis Hubungan Nilai Kehandalan Desain Jaring terhadap Standar Deviasi

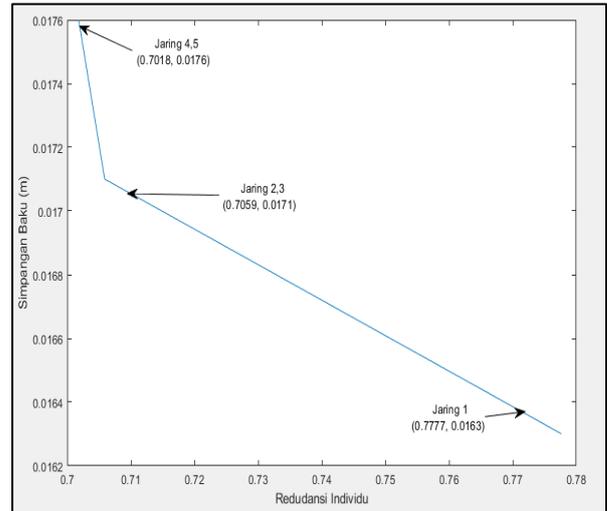
Berdasarkan nilai standar deviasi dan nilai fungsi kehandalan setiap desain jaring, dapat dianalisa hubungan antara standar deviasi dan fungsi kehandalan. Dapat dilihat pada gambar 8 sampai gambar 9 hubungan antara standar deviasi dan nilai kehandalan.



Gambar 6 Grafik Hubungan Kehandalan Luar Terhadap Standar Deviasi



Gambar 7 Grafik Hubungan Kehandalan Dalam Terhadap Standar Deviasi



Gambar 8 Grafik Hubungan Redudansi Individu Terhadap Standar Deviasi

Gambar 6 sampai gambar 8 menjelaskan nilai fungsi kehandalan dan nilai standar deviasi konsisten naik dari desain jaring 1 hingga ke desain jaring 5, selanjutnya dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Desain jaring 1 merupakan desain jaring paling kuat karena memiliki nilai fungsi kehandalan dan standar deviasi yang paling kecil.
2. Desain jaring 5 merupakan desain jaring paling tidak kuat karena memiliki nilai fungsi kehandalan dan standar deviasi yang paling besar.
3. Semakin banyak jumlah *baseline* semakin kecil nilai standar deviasi pada suatu desain jaring.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Hasil pembahasan dan analisis yang telah dikemukakan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Kehandalan jaring tidak berpengaruh signifikan terhadap simpangan baku jaring hasil pengukuran. Desain jaring yang kehandalan adalah desain jaring 1 dengan jumlah 51 baseline, karena memiliki nilai kehandalan luar paling kecil yaitu 4,1099, nilai kehandalan dalam paling kecil yaitu 0,1209, nilai redudansi individu paling maksimal yaitu 0,7777 dan nilai standar deviasi paling presisi yaitu 0.0163. Sedangkan desain jaring yang kurang handal adalah jaring 5 karena memiliki nilai kehandalan luar paling besar yaitu 5,1604, nilai kehandalan dalam paling besar yaitu 0,134, nilai redudansi individu paling kecil yaitu 0,7018 dan nilai standar deviasi paling besar yaitu 0.0176.
2. Kehandalan jaring berpengaruh signifikan terhadap kekuatan jaring akibat kesalahan sistematis atau blunder dari titik kontrol. Pergeseran titik kontrol pada jaring 1 sebesar 5cm hanya mengakibatkan perubahan

koordinat sebesar $\pm 1\text{cm}$. Pada jaring 5 pergeseran titik kontrol sebesar 5cm mengakibatkan perubahan koordinat sebesar $\pm 7\text{cm}$.

V.2 Saran

Hasil pembahasan dan analisis yang telah didapatkan dari penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Titik kontrol yang dijadikan sebagai titik ikat, sebaiknya memiliki orde yang lebih tinggi, atau titik kontrol yang terpilih diikatkan ke jaring kontrol nasional maupun internasional.
2. Pengamatan jaring GNSS yang dilakukan sebaiknya pada doy yang sama agar memiliki besaran geometri satelit yang sama.
3. Pada pengolahan data sebaiknya tidak menggunakan *software* komersil yang mempunyai nilai kestabilan tidak stabil.

Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z. 1995. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Abidin, H.Z. A. Jones dan J Kahar. 2002. *Survei dengan GPS*. PT Pradnya Paramita: Jakarta.
- Abidin, H.Z dkk. 2002. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Agung, A.R. 2014. *Optimasi desain jring GPS wilayah kampus UGM*. Teknik Geodesi. Universitas Gadjah Mada.
- Kuang, S. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design : Concepts and Application*. Ann Arbor PressInc.
- Ma'ruf dan Rahman. 2008. *Analisis Teknik Pengolahan Baseline Secara Baseline-per-Baseline Dan Sesi-per-Sesi Pada Perataan Jaring GPS*. Yogyakarta.
- Rasyid, Rizki W. 2016. *Analisa Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP Pada Stasiun CORS Undip, Stasiun CORS BPN Kabupaten Semarang, Dan Cors BIG Kota Semarang*. Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- UNOOSA. 2011. *Years of Achievement of the United Nations on Global Navigation Satellite Systems*. New York.
- Wolf, P. and Ghilani, C. 1997. *Adjustment Computations : Statistic and Least Squares in Surveying and GIS 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Yalcinkaya, M., dan K, Teke. 2012. *Strategy For Designing Geodetic Gps Networks With High Reliability And Accuracy*. Turkey.