

**STUDI KETELITIAN KOORDINAT KARTESIAN 3D DATA GNSS DARI *BASELINE*  
SEDANG DAN PANJANG YANG DIOLAH MENGGUNAKAN  
BERNESE VERSI 5.2**

***ACCURACY STUDY OF 3D KARTESIAN COORDINATES OF GNSS DATA FROM  
MEDIUM AND LONG BASELINES PROCESSED USING  
BERNESE VERSION 5.2***

**Candra Fernando Munthe<sup>1</sup>, Endro Sigit Kurniawan<sup>2</sup>, Dadan Ramdani<sup>3</sup>**

Mahasiswa Program Studi D3 Hidro-Oseanografi, STTAL<sup>1</sup>

E-mail : candramunthe116@gmail.com

Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi dan D3 Hidro-Oseanografi<sup>2</sup>

E-mail : Endro.sigit03@gmail.com

Dosen Pembimbing dari Badan Informasi Geospasial<sup>3</sup>

E-mail: dadanramdani67@gmail.com

**ABSTRAK**

Titik kontrol yang belum tersebar merata dan kerapatannya belum optimal di seluruh wilayah Nusantara khususnya di pulau kalimantan dan papua menyebabkan saat melaksanakan survei GNSS akan dihadapkan pada baseline panjang. Tim yang melaksanakan survei sering dihadapkan dengan keberadaan titik referensi yang berjarak ratusan kilometer (km) dari wilayah survei dengan hasil pengolahan yang tidak optimal. Hingga saat ini Pushidrosal untuk mengolah data GNSS masih menggunakan perangkat lunak komersil.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Jaring Kontrol Horizontal untuk jarak tipikal antar titik yang berdampingan dalam jaring < 10 km untuk pengolahan datanya dengan menggunakan perangkat lunak komersial, sedangkan untuk jarak tipikal antar titik yang berdampingan dalam jaring > 10 km untuk pengolahan datanya menggunakan perangkat lunak ilmiah. Dalam kegiatan penelitian ini, penentuan posisi dilakukan dengan menentukan koordinat titik yang jarak antar titik dalam jaring >100 km untuk baseline sedang dan >600 km untuk baseline panjang yang diikat menggunakan data stasiun CORS dengan waktu pengamatan 24 jam. Selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak bernese 5.2 dengan variabel waktu pengolahan 4,8,12,18 dan 24 jam dan akan dikelompokkan menurut standar pemetaan yaitu SNI, ICMS dan IHO.

Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pengolahan data GNSS menggunakan perangkat lunak ilmiah Bernese 5.2 dalam menentukan koordinat defenitif dengan waktu pengamatan 8 jam telah memenuhi standar survei SNI dan 4 jam telah dapat memenuhi standar survei menurut ICMS dan IHO dengan jarak >100 km. sedangkan untuk jarak >600 km dengan waktu pengamatan 4 jam telah memenuhi standar survei untuk ICMS dan 12 jam untuk standar survei SNI dan IHO.

**Kata Kunci:** perangkat lunak ilmiah, Baseline sedang, Baseline Panjang, Standar survei.

### **ABSTRACT**

*Control points are not evenly distributed and their density is not optimal throughout the archipelago, especially on the islands of Kalimantan and Papua, causing the GNSS survey to be carried out with a long baseline. Teams conducting surveys are often faced with the existence of reference points hundreds of kilometers (km) from the survey area with suboptimal processing results. Until present, Pushidrosal to process GNSS data is still using commercial software.*

*Based on the Indonesian National Standard (SNI) Horizontal Control Net for the typical distance between adjoining points in the net < 10 km for data processing using commercial software, while for the typical distance between adjoining points in the net > 10 km for data processing using software scientific. In this research activity, positioning is carried out by determining the coordinates of points where the distance between points in the net is >100 km for medium baseline and >600 km for long baseline which is tied using CORS station data with 24-hour observation time. Furthermore, it is processed using Bernese 5.2 software with processing time variables of 4,8,12,18 and 24 hours and will be grouped according to mapping standards, namely SNI, ICMS and IHO.*

*Based on this research, it shows that the results of GNSS data processing using scientific software Bernese 5.2 to determine definitive coordinates with an observation time of 8 hours have met the SNI survey standard and 4 hours have been able to meet the survey standards according to ICMS and IHO with range > 100 km. whereas for range >600 km with an observation time of 4 hours, it has met the survey standards for ICMS and 12 hours for SNI and IHO survey standards.*

**Keywords:** scientific software, Medium baseline, Long Baseline, Survey standard.

### **PENDAHULUAN**

Penentuan posisi pada permukaan bumi dapat dilakukan dengan dua yaitu metode terestris dan ekstra-terestris. metode terestris dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran di permukaan bumi sedangkan penentuan posisi dengan metode ekstra-terestris dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran terhadap obyek atau benda di angkasa, baik yang bersifat alamiah seperti bintang, bulan, quarsar, maupun yang bersifat buatan seperti satelit buatan manusia. Salah satu metode penentuan

posisi ekstra-terestris adalah survei GNSS. (Abidin, 2007).

GNSS merupakan singkatan dari Global Navigation Satellite System, adalah salah satu teknologi pengembangan sistem navigasi yang berbasis satelit dalam penentuan posisi global. Untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi dalam menentukan posisi, Survei GNSS memerlukan suatu titik kontrol atau titik referensi. Belum meratanya sebaran titik refrensi di wilayah Indonesia ini khususnya di pulau kalimantan, Sulawesi dan papua menjadikan surveyor saat

melaksanakan survei GNSS dihadapkan dengan jarak titik referensi yang ratusan kilometer jaraknya dari area survei sehingga mengakibatkan panjang baseline yang dibentuk lebih dari seratus kilometer jaraknya saat melakukan proses pengolahan survei GNSS dan tidak jarang membentuk sudut jaringan Geometri yang sangat ekstrim.

Tingkat ketelitian untuk penentuan posisi dengan GNSS dipengaruhi oleh beberapa faktor dan parameter. Salah satu faktor adalah saat pemrosesan data tersebut. Mengikuti perkembangan dan kebutuhan manusia saat ini tentang GNSS, pada prinsipnya ada dua jenis perangkat lunak (Software) pengolahan data yang dapat digunakan, yaitu perangkat lunak komersial yang dikeluarkan oleh perusahaan-perusahaan receiver GPS, seperti SKI, GPSurvey, Trimble Business Center (TBC), dan Topcon Tools, dan perangkat lunak ilmiah yang dikeluarkan lembaga-lembaga penelitian atau universitas, seperti BERNESE oleh Astronomical Institute University of Bern Swiss, GAMIT oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT), dan GEODYN oleh National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Kelebihan dari perangkat lunak ilmiah adalah hasil pengolahan data GNSS untuk menentukan koordinat definitif suatu titik dengan jarak antar titik dalam jaringan <10 km dengan waktu pengamatan 2 jam, dan untuk jarak antartitik dalam jaringan >10 km dengan waktu pengamatan 24 jam lebih presisi dan akurasi dibandingkan dengan hasil pengolahan perangkat lunak komersial dan Kelebihan dari perangkat lunak

komersial adalah tidak memerlukan bantuan jaringan internet dalam melakukan pengolahan data GNSS. (Windu, 2014).

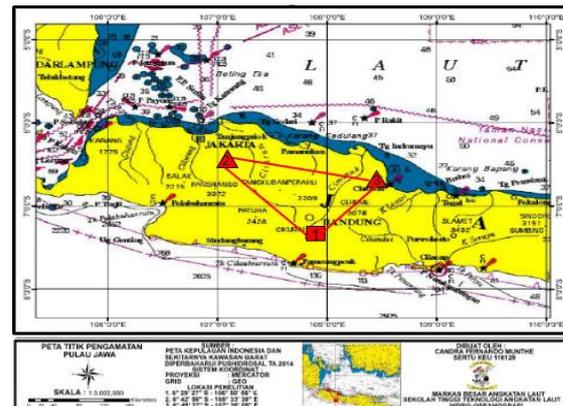
Perangkat lunak ilmiah Bernese versi 5.2 merupakan perangkat lunak pengolah data pengamatan GNSS yang digunakan untuk mendapatkan hasil pengolahan dengan ketelitian tinggi (fraksi millimeter). Hal ini dapat dilakukan karena perangkat lunak ini dapat mengestimasi kesalahan dan bias pada pengamatan GNSS dengan optimal. Dengan kemampuan menghasilkan koordinat dengan ketelitian tinggi, perangkat lunak ini umumnya digunakan untuk keperluan yang membutuhkan tingkat ketelitian posisi yang tinggi, seperti studi deformasi, analisis data pengamatan GNSS, dan lain sebagainya.

Perangkat lunak Bernese dikembangkan oleh Astronomical Institute University of Bern Swiss secara bertahap, dimulai dari Bernese generasi kedua yang di kembangkan diawal tahun1980 kemudian dilanjutkan dengan Bernese generasi ketiga dan sampai akhirnya diawal tahun 2000 Bernese generasi kelima. Semua data pengamatan GNSS (GPS) yang dikoleksi menggunakan receiver tipe geodetik berketelitian tinggi (dual frequencies) bisa diolah, dan Bernese mampu menangani penggunaan berbagai macam jenis antena receiver dalam satu proyek survey karena tersedianya fasilitas untuk mengkalibrasi kesalahan pusat fase antena yang bermacam-macam.

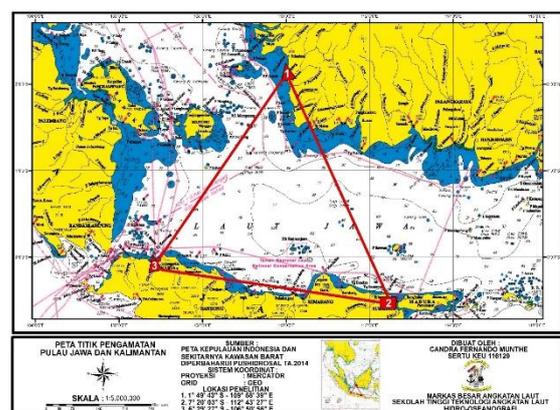
Berimplementasi pada kelebihan dan kekurangan perangkat lunak Bernese versi 5.2 ini dan juga belum meratanya sebaran titik referensi di wilayah Indonesia

khususnya di pulau kalimantan dan papua ini dapat disimpulkan permasalahan yang diangkat adalah a. Bagaimana nilai ketelitian koordinat kartesian 3D dari data GNSS dengan baseline sedang dan panjang yang diolah dengan variabel waktu 4 jam, 8 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam menggunakan perangkat lunak ilmiah yaitu Bernese versi 5.2 sesuai standar survei menurut SNI, IHO dan ICSM dan Bagaimana pengaruh lama waktu pengamatan terhadap ketelitian koordinat kartesian 3D.

Tujuannya untuk Mengetahui nilai ketelitian koordinat kartesian 3D dari basis sedang dan panjang dengan variabel waktu pengamatan 4 jam, 8 jam, 12 jam, 18 jam dan 24 sesuai dengan standar survei menurut SNI, ICSM, dan IHO dan pengaruh lama waktu pengamatan terhadap ketelitian koordinat kartesian 3D.



Gambar 1. Peta Lokasi Baseline Sedang



Gambar 2. Peta Lokasi Baseline Panjang

## BAHAN DAN METODE

Tempat penelitian dilaksanakan di Badan Informasi Geospasial (BIG) jalan raya bogor KM.46 Cibinong Kab. Bogor Jawa barat. Serta Lokasi pembuatan BM 01 di STTAL Surabaya morokrembangan jawa timur untuk baseline panjang dan BM 02 di Soreang kab. Bogor jawa barat untuk baseline sedang. Kemudian data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu :

- 1) Data pengamatan Geodetik 24 jam di BM 01 STTAL surabaya dan BM 02 soreang bandung.
- 2) Data CORS CCIR, CKTP dan BAKO.
- 3) Data orbit yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data orbit GPS (IGS) dan Glonass (IGL).

Peralatan penelitian yang di gunakan dalam penulisan ini adalah perangkat keras dan perangkan lunak dimana perangkan tersebut di gunakan untuk melaksanakan proses pengolahan data GNSS, sehingga data tersebut dapat disajikan dalam bentuk informasi. Perangkat keras yang digunakan adalah Laptop dengan Sistem Operasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Windows 7. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : Bernese versi 5.2, Microsoft Office 2016.

Varians dalam matrik adalah ukuran variabilitas dan data ini dihitung dengan memilih rata-rata deviasi kuadrat dari mean (rata-rata) dan dilambangkan  $\mu$ . Varians ini dapat digunakan untuk

memberi tahu tingkat penyebaran dalam kumpulan data dengan kata lain dapat diasumsikan bahwa semakin banyak data yang tersebar maka semakin besar varians dalam hubungannya dengan mean. Akar kuadrat dari variansi disebut dengan standar deviasi atau simpangan baku dari X dan dilambangkan dengan  $\sigma$

Nilai  $x - \mu$  disebut penyimpangan suatu pengamatan dari rataannya karena penyimpangan ini dikuadratkan lalu dirata-ratakan, maka  $\sigma^2$  akan lebih kecil untuk kelompok nilai  $x$  yang dekat  $\mu$  dibandingkan dengan kelompok nilai  $x$  yang jauh dari  $\mu$  dengan kata lain jika nilai  $x$  cenderung terkonsentrasi didekat rataannya maka variansinya kecil sedangkan jika jauh dari rataannya maka variansinya besar dan variansi ini selalu positif karena simpangan baku adalah akar positif dari variansi. Variansi ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma^2 = E(X^2) - \mu^2$$

Dalam teori statistik, kovarians ialah ukuran dari seberapa banyak dua variabel acak berubah bersama atau dengan kata lain dapat diartikan bahwa kovarian adalah ukuran korelasi antara dua variabel acak dan dapat juga dianggap sebagai generalisasi konsep varian dari dua variabel acak.

Jika kedua peubah tersebut bergerak kearah yang sama (X membesar dan Y membesar) maka hasil kali  $(X - \mu_x)(Y - \mu_y)$  cenderung positif dan jika bergerak kearah berlawanan (X membesar dan Y mengecil) maka hasil kali  $(X - \mu_x)(Y - \mu_y)$  cenderung akan bernilai negatif. Tanda kovarian (+ atau -) menunjukkan hubungan antara kedua peubah acak positif atau negatif dan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$(\sigma_{XY} = E(XY) - \mu_x \mu_y)$$

Menurut Standar Nasional Indonesia (2002), orde suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-panjang (semi-major axis) dari setiap elips kesalahan relatif (antar titik) dengan tingkat kepercayaan (confidence level) 95% yang dihitung berdasarkan statistik yang dihasilkan dari hitung perataan jaringan kuadrat terkecil menggunakan rumus persamaan 2.3 SNI sebagai berikut :

$$r = c (d + 0.2)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{2} ((\sigma_y^2 - \sigma_x^2) + w)$$

Dalam penentuan Orde, hitung perataan jaringannya adalah hitung perataan berkendala penuh (full constrained). Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-panjang elips kesalahan relatif (satu deviasi standar) yang digunakan juga dihitung berdasarkan persamaan di atas. Berdasarkan nilai faktor  $c$  tersebut, dapat dibuat kategorisasi orde jaring titik kontrol horizontal yang diperoleh dari suatu survei geodetik. Dalam klasifikasi jaring titik kontrol perlu diingat bahwa orde yang ditetapkan untuk suatu jaring titik kontrol :

1. tidak boleh lebih tinggi orde jaring titik kontrol yang sudah ada yang digunakan sebagai jaring referensi (jaring pengikat)
2. tidak lebih tinggi dari kelasnya.

Menurut IHO dalam S-44 edisi 6.0 (2020), dalam Standar ini total ketidakpastian yang disebarkan (TPU) ada dua komponen yaitu total ketidakpastian horizontal (THU) dan ketidakpastian vertikal total (TVU). untuk THU dan TVU nilai yang harus dipahami sebagai interval  $\pm$  adalah nilai yang

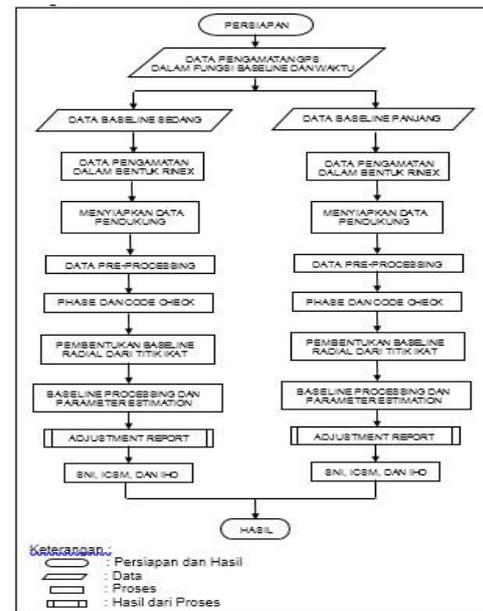
dinyatakan dari sebuah metode statistik, menggabungkan nilai ketidakpastian ini untuk menentukan posisi horizontal dan vertikal, ketidakpastian ini juga harus diadopsi untuk mendapatkan THU dan TVU masing-masing. Ketidakpastian di 95% tingkat kepercayaan dan harus dicatat dengan data survei. (IHO S44 edisi 6.0, 2020)

Kemampuan sistem survei harus ditunjukkan secara apriori ketidakpastian perhitungan (THU dan TVU). Perhitungan ini bersifat prediktif dan harus dihitung untuk sistem survei secara keseluruhan, termasuk semua instrumen, pengukuran, dan lingkungan ketidakpastian sumber. Estimasi ini harus diperbarui selama survei untuk mencerminkan perubahan dari kondisi lingkungan seperti angin, gelombang, dll. Untuk membuat perubahan yang sesuai pada parameter survei. (IHO S44, 2020)

Menurut Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (2020), mengingat bahwa ketidakpastian yang diinginkan untuk ketinggian ellipsoidal mendominasi pemilihan peralatan, teknik observasi dan pemrosesan, bagian berikut ini didasarkan pada pencapaian Ketidakpastian survei / survey uncertainty (SU) dalam ketinggian ellipsoidal dalam dua kategori, yaitu "lebih baik dari 20 mm" dan "lebih baik dari 50 mm". Aturan umum adalah bahwa survei GNSS mencapai SU pada ketinggian ellipsoidal yang kira-kira 1,5 hingga 2,0 kali lebih buruk daripada untuk posisi horizontal. Oleh karena itu, dalam menggunakan prosedur yang direkomendasikan pada bagian berikut, SU harus dimungkinkan untuk posisi horizontal yang dapat dikategorikan

sebagai "lebih baik dari 15 mm" dan "lebih baik dari 30 mm" dengan demikian dapat didefinisikan dalam ICSM.

Berikut adalah diagram alir penelitian yang digunakan sebagai pedoman alur pikir pelaksanaan penelitian dari tahap awal sampai dengan hasil penelitian.



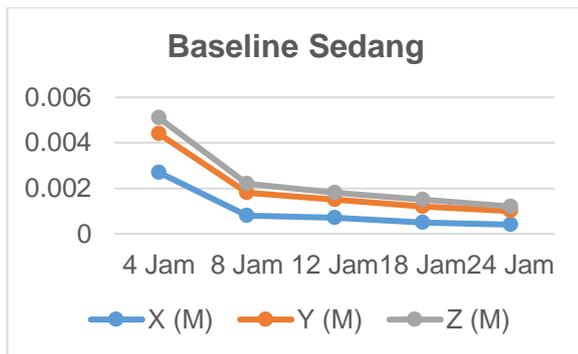
Gambar 3. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data GNSS menggunakan perangkat lunak ilmiah Bernese versi 5.2 baseline sedang dan panjang dengan variabel waktu 4,8,12,18 dan 24 jam telah diketahui nilai Root Mean Square (RMS) X (Easting) Y (Northing) dan Z (Height) dari masing-masing komponen pada titik pengamatan GNSS, data tersebut disajikan dalam Tabel 1 dan 2 serta Grafik 1 dan 2.

Tabel 1. RMS Error jarak 100 km

Jam	X (M)	Y (M)	Z (M)
4 Jam	0.0027	0.0017	0.0007
8 Jam	0.0008	0.0010	0.0004
12 Jam	0.0007	0.0008	0.0003
18 Jam	0.0005	0.0007	0.0003
24 Jam	0.0004	0.0006	0.0002

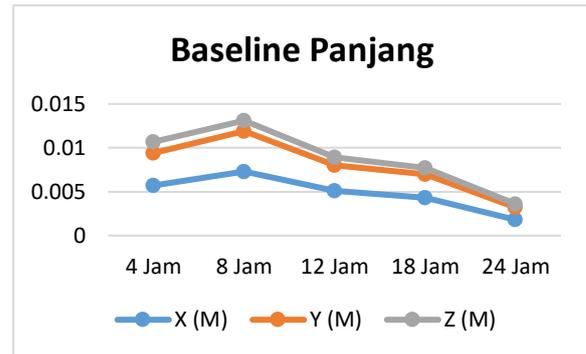


Gambar 4. Grafik RMS Error jarak 100 km

Pada koordinat GNSS baseline sedang (Tabel 4.1 dan Gambar 4.1) untuk nilai RMS error yang dihasilkan bervariasi dan kesalahan paling besar untuk komponen X (M) = 0.0027, komponen Y (M) = 0.0017, dan komponen Z (M) = 0.0007 pada variabel waktu pengolahan 4 jam, sedangkan paling kecil untuk komponen X (M) = 0.0004, komponen Y (M) = 0.0006, dan komponen Z (M) = 0.0002 pada variabel waktu pengolahan 24 jam.

Tabel 2. RMS Error jarak 100 km

Jam	X (M)	Y (M)	Z (M)
4 Jam	0.0057	0.0037	0.0013
8 Jam	0.0073	0.0046	0.0012
12 Jam	0.0051	0.0029	0.0009
18 Jam	0.0043	0.0027	0.0007
24 Jam	0.0018	0.0014	0.0004



Gambar 5. Grafik RMS Error jarak 600 km

Pada koordinat GNSS baseline panjang (Tabel 4.2 dan Gambar 4.2) untuk nilai RMS error yang dihasilkan bervariasi dan kesalahan paling besar untuk komponen X (M) = 0.0073, komponen Y (M) = 0.0046, dan komponen Z (M) = 0.0012 pada variabel waktu pengolahan 8 jam, sedangkan paling kecil untuk komponen X (M) = 0.0018, komponen Y (M) = 0.0014, dan komponen Z (M) = 0.0004

pada variabel waktu pengolahan 24 jam. Dari kedua tabel dan gambar tersebut bisa dilihat bahwa semakin lama pengamatan maka semakin teliti hasil yang didapatkan.

Keterangan :

- X : Easting Error
- Y : Northing Error
- Z : Height Error

Dari perhitungan simpangan baku dan kesalahan elips yang dihitung berdasarkan SNI, nilai proyeksi UTM hasil pengolahan perangkat lunak ilmiah jarak antar titik >100 km dan >600 km dengan variabel waktu 4 jam, 8 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 3. Penetapan Orde menurut SNI Baseline Sedang jarak >100 km

Standar	Nilai	Variabel waktu				
		4	8	12	18	24
SNI	5 mm	0.0038	0.0034	0.0034	0.0033	0.0028
ICMS	15 mm	0.0038	0.0034	0.0034	0.0033	0.0028
IHO	10 mm	0.0040	0.0038	0.0035	0.0028	0.0024

Tabel 4. Penetapan Orde menurut SNI Baseline Sedang jarak >600 km

Variabel Waktu	RMS Kartesian 3D			r=c(d+0.2)	σ	Orde
	X	Y	Z			
4	0.0057	0.0037	0.0013	10.002	0.0040	00
8	0.0073	0.0046	0.0012	10.002	0.0048	00
12	0.0051	0.0029	0.0009	10.002	0.0030	00
18	0.0043	0.0027	0.0007	10.002	0.0029	00
24	0.0018	0.0014	0.0004	10.002	0.0028	00

Pada perhitungan ICSM, ketidakpastian survei atau survey uncertainty (SU) pada keyakinan 95% dihitung dengan persamaan dengan nilai yang diperbolehkan untuk ketidakpastian survei <15 mm dan dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 5. Tabel Penetapan Orde menurut ICSM Baseline Sedang jarak >100 km

Variabel Waktu	RMS Kartesian 3D			SU	σ
	X (M)	Y (M)	Z (M)		
4	0.0027	0.0017	0.0007	0.0015	0.00038
8	0.0008	0.0010	0.0004	0.0015	0.00034
12	0.0007	0.0008	0.0003	0.0015	0.00034
18	0.0005	0.0007	0.0003	0.0015	0.00033
24	0.0004	0.0006	0.0002	0.0015	0.00028

Tabel 6. Tabel Penetapan Orde menurut ICSM Baseline Sedang jarak >600 km

Variabel Waktu	RMS Kartesian 3D			SU	σ
	X (M)	Y (M)	Z (M)		
4	0.0057	0.0015	0.0013	0.0015	0.00040
8	0.0073	0.0015	0.0012	0.0015	0.00048
12	0.0051	0.0015	0.0009	0.0015	0.00030
18	0.0043	0.0015	0.0007	0.0015	0.00029
24	0.0018	0.0015	0.0004	0.0015	0.00028

Dalam standar IHO, tingkat kepercayaan bukanlah definisi statistik yang ketat, tingkat kepercayaan dalam IHO Total horizontal uncertainty (THU) didefinisikan sebagai 95% tingkat kepercayaan dan dikategorikan sebagai berikut :

Tabel 7. Penetapan Orde menurut IHO Baseline Sedang jarak >100 km

Variabel Waktu	RMS Kartesian 3D			r=c(d+0.2)	σ	Orde
	X	Y	Z			
4	0.0027	0.0017	0.0007	5.002	0.0038	0
8	0.0008	0.0010	0.0004	5.002	0.0034	0
12	0.0007	0.0008	0.0003	5.002	0.0034	0
18	0.0005	0.0007	0.0003	5.002	0.0033	0
24	0.0004	0.0006	0.0002	5.002	0.0028	0

Tabel 8. Penetapan Orde menurut IHO Baseline Sedang jarak >600 km

Variabel Waktu	Elemen Matrix			σ	2.45
	X (M)	Y (M)	Z (M)		
4	0.0000341	0.0000202	0.0000238	0.0027	0.0066
8	0.0000264	0.0000214	0.0000272	0.0018	0.0044
12	0.0000123	0.0000139	0.0000198	0.0020	0.0048
18	0.0000138	0.0000129	0.0000118	0.0010	0.0025
24	0.0000129	0.0000138	0.0000123	0.0009	0.0021

Berdasarkan perhitungan penetapan orde diatas nilai koordinat proyeksi UTM hasil pengolahan perangkat lunak ilmiah bernese versi 5.2 baseline sedang telah dihasilkan penetapan standar survei dengan mengacu pada SNI, ICMS dan IHO dan ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 9. Penetapan Standar Survei baseline sedang menurut SNI, ICMS dan IHO

Variabel Waktu	Elemen Matrix			=	2.45
	X (M)	Y (M)	Z (M)		
4	0.0000161	0.0000182	0.0000129	0.0016	0.0040
8	0.0000167	0.0000186	0.0000144	0.0015	0.0036
12	0.0000114	0.0000103	0.00001430	0.0014	0.0035
18	0.0000100	0.0000127	0.0000115	0.0012	0.0028
24	0.0000105	0.0000124	0.0000115	0.0010	0.0024

Berdasarkan perhitungan penetapan orde diatas nilai koordinat proyeksi UTM hasil pengolahan perangkat lunak ilmiah bernese versi 5.2 baseline panjang telah dihasilkan penetapan standar survei dengan mengacu pada SNI, ICMS dan IHO dan ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 10. Penetapan Standar Survei baseline sedang menurut SNI, ICMS dan IHO

Standar	Nilai	Variabel waktu				
		4	8	12	18	24
SNI	10 mm	0.0040	0.0048	0.0030	0.0029	0.0028
ICMS	15 mm	0.0040	0.0048	0.0030	0.0029	0.0028
IHO	10 mm	0.0066	0.0044	0.0048	0.0025	0.0021

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data GNSS baseline sedang dan panjang menggunakan Bernese versi 5.2 dengan variabel waktu pengolahan 4 jam, 8 jam, 12 jam, 18 jam dan 24 jam dapat disimpulkan sebagai berikut :

a. Hasil pengolahan data GNSS menggunakan perangkat lunak ilmiah untuk menentukan koordinat defenitif suatu titik dengan jarak antar titik dalam jaringan >100 km dan >600 km yang diolah dengan variabel waktu yang sama yaitu 4 jam, 8 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam telah menghasilkan koordinat kartesian 3D yang bervariasi. Kesalahan XYZ paling besar dalam jaring >100 km pada variabel waktu pengolahan 4 jam dengan nilai X (M) =0.0027, Y (M) = 0.0017, dan komponen Z (M) = 0.0007, sedangkan dalam jaring >600 km kesalahan XYZ paling besar pada variabel waktu pengolahan 8 jam dengan nilai X (M) = 0.0073, Y (M) = 0.0046, dan Z (M) = 0.0012. Untuk kesalahan XYZ paling kecil dalam jaring >100 km terdapat pada variabel waktu pengolahan 24 jam dengan nilai X (M) = 0.0004, Y (M) = 0.0006, dan Z (M) = 0.0002, sedangkan dalam jaring >600 km kesalahan XYZ paling kecil terdapat pada variabel waktu pengolahan 24 jam dengan nilai X (M) = 0.0018, Y (M) = 0.0014, dan Z (M) = 0.0004.

b. Pengaruh lama waktu pengamatan untuk menentukan koordinat defenitif suatu titik dengan jarak antar titik dalam jaringan >100 km dan >600 km telah menghasilkan ketelitian koordinat kartesian 3D dan untuk pengamatan 4 jam telah dapat memenuhi standar survei menurut SNI, ICMS dan IHO dari

pengolahan data GNSS dengan perangkat lunak ilmiah Bernese versi 5.2.

Tabel 11. Pengelompokan hasil menurut Standar Survei menurut SNI, ICMS dan IHO

Standar	Nilai	Variabel waktu					Keterangan
		4	8	12	18	24	
SNI	10 mm	0.0040	0.0048	0.0030	0.0029	0.0028	Terpenuhi
ICMS	15 mm	0.0040	0.0048	0.0030	0.0029	0.0028	Terpenuhi
IHO	10 mm	0.0066	0.0044	0.0048	0.0025	0.0021	Terpenuhi

## SARAN

Saran yang dapat diberikan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu adanya pengolahan ulang menggunakan koreksi orbit IGR yang keluar setelah 2 hari pengamatan dengan ketelitian centimeter atau IGU yang koreksi orbitnya keluar setelah 6 jam pengamatan dengan tingkat ketelitian centimeter.
2. Diperlukan penguasaan dan pemahaman pada perangkat lunak ilmiah BERNESE guna mempermudah pengolahan data.
3. Pemahaman teori dan praktek yang berhubungan dengan materi Tugas Akhir akan sangat membantu demi kelancaran Tugas Akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. (1994, 1996). Modul-8 Perencanaan dan Persiapan Survei GPS. ITB, Bandung. (diakses online 12/06/21 jam 19.05)
- Abidin, H., C. Subarya, B. Muslim, F.H. Adiyanto, I. Meilano, H. Andreas, I. Gumilar. (April 2010). The Applications of GPS CORS in Indonesia: Status, Prospect and

Limitation. Paper presented at the FIG Congress 2010, Building the Capacity - Sydney, Australia. [http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/ts06c\ts06c\\_abidin\\_subarya\\_et\\_al\\_3924.pdf](http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/ts06c\ts06c_abidin_subarya_et_al_3924.pdf)

Badan Informasi Geospasial (BIG), Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) . (27 September 2014). RINEX download step by step. [http://inacors.big.go.id/spiderweb/Help/EN/Users/help\\_spiderweb\\_rinex\\_download\\_step-by-step.htm](http://inacors.big.go.id/spiderweb/Help/EN/Users/help_spiderweb_rinex_download_step-by-step.htm).

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2002). Jaring Kontrol Horizontal (SNI 19-6724-2002). Bogor. (diakses online 15/08/2021 jam 12.10 wib)

IHO Standards for Hydrographic Surveys (2020), 6th Edition, Special Publication No. 44, Monaco. (diakses online 15/08/2021 jam 14.25 wib)

Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM). (2020). Panduan untuk Survei Kontrol oleh GNSS (Publikasi Khusus 1). Australia. (diakses online 15/08/2021 jam 15.05 wib)

Jakson, E. Tauho. (2017). Perbandingan Koordinat GPS dan GLONASS Hasil Pengolahan dengan Menggunakan Software Bernese versi 5.0. Jakarta: (id) : UNPAK

Surono (2019). Purwarupa Differential GNSS Dengan Metode Real Time Kinematik Berbasis Radio Link Type Htox. (Tugas Akhir). Jakarta (id): STTAL.

- Windu, K. Hidayat, (2014). Studi Komparasi Pengolahan Data Global Positioning System Menggunakan Perangkat Lunak Komersial dan Perangkat Lunak Ilmiah. (Tugas Akhir). Jakarta (id): STTAL.
- <https://www.pushidrosal.id/buletin/27/kedudukan,-tugas-&-fungsi/>, (diakses online 12/11/2021 jam 11.15 wib)
- [https://www.researchgate.net/publication/322383903\\_Beberapa\\_Pemikiran\\_tentang\\_Sistem\\_dan\\_KerangkaReferensi\\_Koordinat\\_untuk\\_DKI\\_Jakarta](https://www.researchgate.net/publication/322383903_Beberapa_Pemikiran_tentang_Sistem_dan_KerangkaReferensi_Koordinat_untuk_DKI_Jakarta) (akses online 10/11/2021 jam 10.24 wib)
- <https://www.handaselaras.com/sistem-koordinat> (diakses online 10/11/2021 jam 11.43 wib)
- [https://www.academia.edu/15731797/ICRS\\_ITRF\\_dan\\_Datum\\_Geodetik](https://www.academia.edu/15731797/ICRS_ITRF_dan_Datum_Geodetik) (diakses online 11/11 jam 10.32 wib)
- <https://geoevolutioners.wordpress.com/2018/05/01/sistem-referensi-global-dan-nasional/> (diakses online 11/11/2021 jam 11.09 wib)
- <http://www.bernese.unibe.ch/> (diakses online 11/11/2021 jam 23.30 wib)
- [https://big.go.id/assets/download/sni/SNI/SNI\\_19-6724-2002](https://big.go.id/assets/download/sni/SNI/SNI_19-6724-2002).(diakses online 11/11/2021 jam 21.10 wib)
- [https://www.academia.edu/15731797/ICRS\\_ITRF\\_dan\\_Datum\\_Geodetik](https://www.academia.edu/15731797/ICRS_ITRF_dan_Datum_Geodetik) (diakses online 11/11/2021 jam 15.50 wib)
- <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Probst/2010-2011/Variansi%20dan%20Kovariansi.pdf> (diakses online 22/11/2021 jam 16.38 wib)

