15.513/H/02

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

TUGAS AKHIR

ANALISA TERHADAP KETEPATAN POSISI DENGAN MENGGUNAKAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) NAVSTAR DALAM SISTEM NAVIGASI KAPAL

RSSP
621.3825
Suk
a-1
2000

Oleh :

DEDY SUKMANA
4296 100 025

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000

07/12/11

ANALISA TERHADAP KETEPATAN POSISI DENGAN MENGGUNAKAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) NAVSTAR DALAM SISTEM NAVIGASI KAPAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc	**Dr. Ir. A.A Masroeri, M.Eng**
NIP. 131 641 255	NIP. 131 407 591

Surabaya,
Juli, 2000

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur Kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Diharapkan Tugas Akhir ini akan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa.

Penulis sadar, tak ada gading yang tak retak, oleh karena itu, saran dan masukan yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2000

Penulis

PERSEMBAHAN

Terima Kasih yang tak terhingga aku persembahkan kapada kedua orang tuaku; **Rumawi** dan **Rukiah**, yang dengan penuh kesabaran serta kasih sayang selalu memberikan semangat dan doa. Kepada saudara-saudaraku tersayang; **Hady, Budy, Mega, yudy,** dan **Maya**, yang telah memberikan dorongan kepadaku agar segera menyelesaikan studiku dengan baik. Sekali lagi penulis ucapkan terima kasih untuk kalian semua.

Dedy Sukmana

Ucapan Terima Kasih

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT serta dengan rasa kesungguhan hati, penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Ir.Sardono Sarwito.Msc dan Bapak Dr.Ir.A.A.Masroeri.M.Eng, sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberi bimbingan dan perhatiannya untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir.Yuli Eko Handoko selaku dosen dari Jurusan Geodesi yang telah memberi masukan, saran dan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Susanto dari Kesyahbandaran Tanjung Perak, yang telah membantu penulis untuk memperoleh peta pelayaran Ferry.
4. Bapak Yudi, serta karyawan-karyawan dari PT.ASDP yang telah membantu penulis untuk memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Warno dan Bapak Budi selaku Mualim dari Kapal Ferry KM.Satria Nusantara yang bersedia dalam memberikan arahan dan informasi tentang sistem navigasi kepada penulis.
6. Teman – temanku dari Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, khususnya angkatan 96.

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

	Hal
Lembar Pengesahan	i
Kata Pengantar	ii
Persembahan	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x
Abstrak	xi
BAB.I PENDAHULUAN	1
I. Perumusan Masalah	2
1.1 Permasalahan	2
1.2 Batasan Masalah	4
II. Tujuan Penulisan	5
III. Manfaat Tugas Akhir	5
IV. Metodologi Penelitian	6
BAB.II DASAR TEORI	7
2.1 Segmen Satelit	7
2.2 Segmen Sistem Kontrol	8

2.3 Segmen Pengguna 11

2.4 Sinyal GPS 12

2.5 Data Pengamatan GPS 16

2.6 Penentuan Posisi dengan GPS 18

2.7 Metode Penentuan Posisi Secara Absolut 19

2.8 Penentuan Tinggi dengan GPS 27

2.9 Kesalahan dan Bias 28

2.10 Kesalahan Ephemeris dan Orbit 28

2.11 Bias Ionosfer 29

2.12 Bias Troposfer 30

2.13 Multipath 32

2.14 Selective Availability 34

2.15 Metode Pembangkitan Kanal C/A dan P 35

2.16 Deteksi Data Sinyal GPS-NAVSTAR 39

2.17 Deteksi Data Sinyal 40

2.18 Deteksi Sinyal data bercampur Noise 43

2.19 Modulasi QPSK 44

BAB.III APLIKASI GPS DALAM PERHUBUNGAN LAUT 47

3.1 Peranan GPS dan Perhubungan Laut 48

3.2 Dampak Penggunaan GPS 51

3.3 GPS dan Pemetaan Laut 52

BAB.IV PENGGUNAAN DATA DIGITAL 54

4.1 Digitasi Peta 54

4.2 Data GPS 57

4.3 Penggabungan Data 59

4.4 Pembuatan Data Atribut 59

BAB.V ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN 60

5.1 Metode Pengamatan dan langkah Kerja 60

5.2 Analisa Data 62

5.2.1 Perhitungan untuk Selisih Jarak..... 62

5.2.2 Perhitungan Error Terhadap Kecepatan GPS 66

5.2.3 Perhitungan Error terhadap waktu GPS 67

BAB.VI PENUTUP 106

6.2 Kesimpulan 106

6.3 Saran 108

Lampiran 109

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 1. Distribusi Satelit GPS 9

Gambar 2. Lokasi Stasiun Sistem Kontrol GPS 10

Gambar 3. Skema Kerja Sistem Kontrol GPS 11

Gambar 4. Sistem Koordinat Geodetik Lokal 25

Gambar 5. Pengamatan Pseudorange dengan 4 Satelit 21

Gambar 6. Pengamatan pada Sistem Koordinat Geodetik Lokal 25

Gambar 7.Tinggi Geoid 27

Gambar 8. Total Electron Content 30

Gambar 9. Perjalanan Sinyal satelit GPS 31

Gambar 10. Efek multipath 32

Gambar 11. Pembangkitan Spread Spektrum Sinyal L_1 36

Gambar 12. Format data yang dipancarkan Satelit GPS 37

Gambar 13. Proses Pembentukan Pulsa dan Kode 39

Gambar 14. Komponen Utama Receiver GPS 43

Gambar 15. Proses Deteksi Sinyal Data dan Kode 43

Gambar 16. Bentuk Vektor BPSK 45

Gambar 17. Bentuk Gelombang BPSK 45

Gambar 18. Diagram Perbandingan Kecepatan, rute Ujung – Kamal 84

Gambar 19. Grafik perbandingan Kecepatan 85

Gambar 20. Diagram Perbandingan Waktu 86

Gambar 21. Error Kecepatan GPS tiap waypoint 87

Gambar 22. Diagram perbandingan Kecepatan, rute Kamal – Ujung 100

Gambar 23. Grafik Perbandingan Kecepatan 101

Gambar 24. Grafik Perbandingan Waktu 102

Gambar 25. Error Kecepatan GPS tiap Waypoint 103

Gambar 26. Peta Hasil Digitasi 116

DAFTAR TABEL

Hal

Tabel 1. Satelit GPS Yang Beroperasi 111

Tabel 2. Perhitungan Matematis dan Koreksi terhadap Bias Ionosfer dan Troposfer 112

Tabel 3. Ephemeris Logarithm 113

Tabel 4. Jenis-Jenios DOP 24

Tabel 5. Fase-fase Navigasi 50

Tabel 6. Persyaratan Minimum untuk Keselamatan Pelayaran 51

Tabel 7. Perhitungan Selisih Jarak 63

Tabel 8. Sistem Koordinat UTM 114

Tabel 9. Perbandingan Tingkat Akurasi dan Harga terhadap alat Navigasi 115

Tabel 10. Data Pengamatan GPS, rute Ujung – Kamal 71

Tabel 11. Perhitungan Error terhadap Kecepatan dan Waktu GPS 78

Tabel 12. Data Pengamatan GPS, rute Kamal – Ujung 88

Tabel 13. Perhitungan Error terhadap kecepatan dan Waktu GPS 94

ABSTRAK

GPS (Global Positioning System) sebagai sistem radio komunikasi dan penentuan posisi berbasis satelit, dapat diaplikasikan penggunaannya sebagai sistem navigasi di kapal. GPS dapat memberikan informasi mengenai posisi, kecepatan dan waktu secara cepat dan akurat, dibanding dengan sistem navigasi konvensional yang ada sekarang ini. Untuk mengetahui ketepatan posisi dari informasi data yang disampaikan oleh satelit GPS, maka penulis akan membandingkannya dengan alur lintasan kapal Ferry. Sedangkan untuk mengetahui tingkat akurasi terhadap waktu dan kecepatan yang disampaikan GPS, maka akan dianalisa tingkat kesalahan dari GPS. Dengan demikian akan diketahui apakah GPS sudah memenuhi kriteria dalam persyaratan minimum untuk keselamatan pelayaran yang telah ditetapkan.

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

Teknologi penentuan posisi lokasi suatu tempat (lintang, bujur dan ketinggian) dari hari ke hari terus meningkatkan ketelitiannya yaitu sejak digunakannya pengukuran dengan cara Triangulasi, Astronomi, Satelit Doppler, dan kini digunakan Global Positioning System (GPS). GPS merupakan sistem radio navigasi dan penentuan posisi yang menggunakan jasa satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem yang terdiri atas 24 satelit ini dapat digunakan dalam segala cuaca, serta didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu secara kontinyu di seluruh dunia.

Posisi suatu titik biasanya dinyatakan dengan koordinat (dua dimensi atau tiga dimensi) yang mengacu pada sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat itu sendiri didefinisikan dengan menspesifikasikan tiga parameter berikut yaitu:

- Lokasi titik nol dari sistem koordinat
- Orientasi dari sumbu-sumbu koordinat
- Parameter-parameter (kartesian, curvilinier) yang digunakan untuk mendefinisikan posisi suatu titik dalam sistem koordinat tersebut.

Posisi suatu titik di permukaan bumi umumnya ditetapkan terhadap suatu sistem koordinat terestris. Titik nol dari sistem koordinat terestris ini dapat berlokasi di titik pusat massa bumi (sistem koordinat geosentrik), maupun di salah

satu titik di permukaan bumi (sistem koordinat toposentrik). Posisi tiga dimensi suatu titik di permukaan bumi dinyatakan dalam suatu koordinat geosentrik. Bergantung pada parameter pendefinisi koordinat yang digunakan, dikenal dua sistem koordinat yang umum digunakan, yakni sistem koordinat kartesian (x,y,z) dan sistem koordinat geodetik (L,B,h). Koordinat tiga dimensi suatu titik dengan sistem koordinat toposentrik, umumnya dalam bentuk sistem koordinat kartesian (N,E,U).

Bila kita bandingkan metode atau sistem penentuan posisi terestris lainnya, seperti astronomi geodesi, fotografi satelit, Transit (Doppler) dengan pengamatan GPS maka terdapat berberapa perbedaan yaitu:

- Pada pengamatan dengan GPS tidak diperlukan keterlihatan antar titik seperti halnya pada survay terestris. Yang diperlukan adalah saling keterlihatan antar titik dengan satelit GPS.
- Karena tidak memerlukan keterlihatan antar titik, maka titik-titik dalam jaringan GPS bisa mempunyai interval jarak yang relatif jauh sampai ratusan kilometer. Berbeda dengan survai terestris yang hanya terbatas pada interval jarak yang relatif tidak terlalu jauh.
- Pelaksanaan survai GPS dapat dilakukan siang maupun malam hari, serta dalam kondisi segala cuaca, tidak seperti survai terestris yang umumnya hanya bisa dilakukan pada siang hari dan dalam kondisi cuaca yang relatif baik.

I. PERUMUSAN MASALAH

1.1 Permasalahan

Dalam pelayaran suatu kapal, sistem navigasi memegang peranan yang cukup penting sebagai penunjuk arah, untuk mencapai daerah tujuan yang diinginkan. Sistem navigasi kapal juga memerlukan ketepatan posisi yang baik atau dalam arti tingkat keakurasian dalam penyampaian informasi mengenai posisi kapal masih dalam toleransi yang diijinkan. Jaman dahulu, orang menggunakan ilmu astronomi/perbintangan sebagai penunjuk arah dalam pelayaran. Kemudian berkembang dengan ditemukannya kompas. Kini dengan kemajuan ilmu dan teknologi sistem navigasi bukan hanya sebagai penunjuk arah saja, tetapi lebih mendetail pada penentuan posisi. Dalam perkembangannya ada 4 sistem navigasi modern yang sudah/ mulai diterapkan, yaitu[*] :

a) Ships Inertial Navigation System

b) The Doppler Sonar System

c) The Navy Transit Navigation Satellite System

d) The Navstar Global Positioning System

Karena makin beragamnya kepentingan manusia dalam penentuan posisi ini maka diperlukan suatu sistem navigasi yang handal, dimana tingkat presisi yang dihasilkan baik, atau dalam arti lebih mendekati pada posisi yang sebenarnya. Adapun aplikasi pada penentuan posisi pada bidang kelautan seperti penentuan daerah untuk eksplorasi geofisika, penentuan posisi dalam pemasangan kabel bawah laut, pemetaan suatu wilayah, penentuan alur pelayaran, dll.

Dalam Tugas Akhir ini, permasalahan yang akan dianalisa adalah ketepatan posisi daripada jalur pelayaran yang dilalui kapal Ferry dari dermaga Ujung ke

[*] Marine Navigation, Richard Dutton, 1950

dermaga Kamal (Madura), dengan menggunakan GPS. Ketelitian posisi yang didapat dari suatu survai dengan GPS secara umum akan bergantung pada empat faktor yaitu: ketelitian data yang digunakan, geometri pengamatan, strategi pengamatan yang digunakan, dan strategi pengolahan data yang diterapkan. Bergantung pada bagaimana kita memperhitungkan dan memberlakukan faktor-faktor tersebut, maka kita akan memperoleh tingkat ketelitian yang berbeda-beda.

Dalam hal ini wajar jika survai GPS dapat memberikan ketelitian posisi titik yang cukup bervariasi. Demikian pula halnya dengan ketelitian data GPS, pada dasarnya akan bergantung pada tiga faktor yaitu: jenis data pseudorange, data fase), serta kualitas dari receiver GPS yang digunakan pada saat pengamatan.

Kualitas daripada receiver dikarakterisasi oleh banyak parameter seperti jumlah sinyal yang dapat diamati, jumlah channel, karakteristik dan level noise dari antenanya, kecanggihan metode pemrosesan sinyal yang digunakan, dll. Yang perlu diperhatikan adalah dalam pemilihan receiver GPS yang akan digunakan, selain pertimbangan teknis yang terkait dengan kualitas receiver, faktor nonteknis juga perlu diperhatikan.

Selanjutnya hal yang mempengaruhi kualitas data adalah level dari kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan. Adapun kesalahan dan bias yang berkaitan dengan satelit, seperti kesalahan ephemeris, jam satelit, dan selective availability. Kesalahan karena medium propagasi, seperti bias ionosfer dan bias troposfer. Kesalahan pada GPS receiver, seperti kesalahan jam receiver, kesalahan antena dan noise, sedangkan kesalahan pada data pengamatan, seperti ambiguitas fase dan cycle slips. Serta lingkungan di sekitar GPS receiver seperti gangguan multipath.

1.2 Batasan masalah

Pembatasan masalah dalam Tugas Akhir ini secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Untuk penentuan posisi daripada alur pelayaran kapal Ferry dari dermaga Ujung menuju dermaga Kamal dan sebaliknya, maka akan dilakukan pengukuran absolut dengan menggunakan data pseudorange. Perhitungan jarak antar dermaga akan diukur secara matematis.
2. Tidak mengadakan pengukuran terhadap kedalaman, pada alur pengamatan.
3. Hasil data dari pengamatan GPS akan dibandingkan dengan alur lintasan kapal Ferry, untuk mengetahui selisih jarak dan kesalahan yang timbul pada pengamatan GPS
4. Tidak membahas tentang sistem komunikasi radio.

II. TUJUAN PENULISAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui tingkat keakuratan posisi dari Global Positioning System, dengan membandingkan selisih jarak antara data hasil pengamatan GPS dengan data posisi dari lintasan kapal Ferry, serta menganalisa error/kesalahan yang terjadi dari receiver GPS mengenai informasi posisi, kecepatan dan waktu.

III. MANFAAT TUGAS AKHIR

Hasil penulisan ini dapat digunakan sebagai acuan dalam petimbangan penggunaan Global positioning System sebagai sistem radio navigasi berbasis

satelit, yang akan menuntun pergerakan wahana laut dengan selamat dan benar dari suatu tempat ke tempat lainnya. Dengan kemampuannya dalam memberikan informasi yang teliti tentang posisi dan kecepatan wahana laut secara kontinu setiap saat, tanpa bergantung pada cuaca diseluruh permukaan bumi.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

- Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah dengan mengadakan pengamatan berupa penentuan posisi dari pelayaran kapal Ferry di Selat Madura dengan menggunakan receiver GPS-GARMIN 45 dengan tipe navigasi. Adapun dalam pengamatan posisi dengan GPS tersebut, metode yang dipakai adalah metode point positioning dengan menggunakan data pseudorange.
- Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan secara langsung di atas kapal Ferry dengan menggunakan receiver GPS, yang kemudian akan dilakukan penyimpanan informasi data untuk setiap point pengamatan.
- Data hasil pengamatan GPS akan dianalisa untuk mengetahui error atau kesalahan yang ditimbulkan yang menyebabkan terjadinya pergeseran posisi serta kesalahan daripada informasi waktu dan kecepatan yang dilaporkan oleh GPS.

BAB II
DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

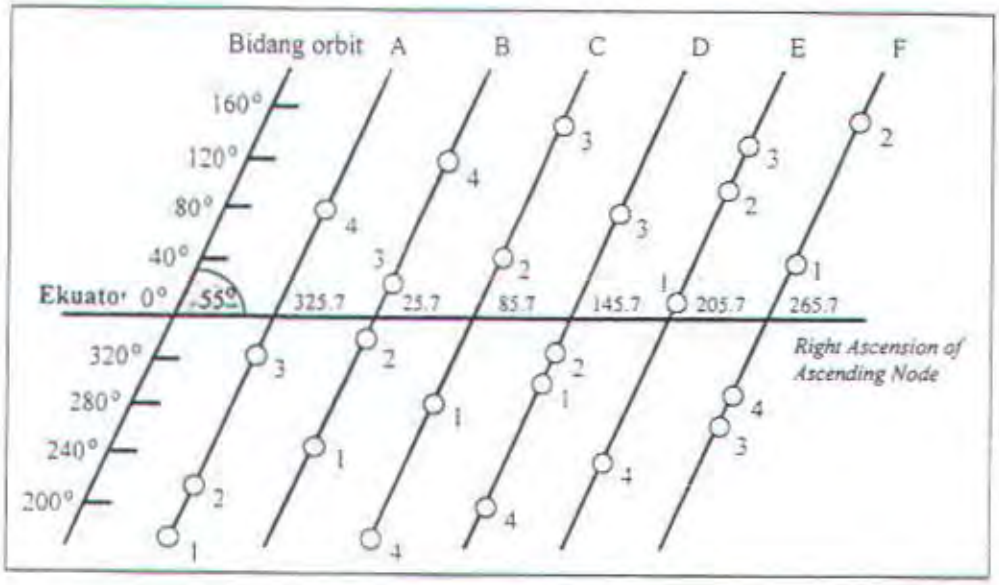
GPS (Global Positioning System) adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi yang menggunakan satelit. Nama formalnya adalah GPS-NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System). Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu secara kontinyu keseluruh dunia. Sistem ini mulai direncanakan sejak tahun 1973 oleh Angkatan Udara Amerika Serikat, dan pengembangannya sampai sekarang ini ditangani oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa luar (*space segmen*), yang terdiri atas satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri atas stasiun-stasiun pemonitor dan pengantar satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri atas pemakai GPS termasuk alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS.

2.1 Segmen Satelit

Satelit GPS yang pertama diluncurkan tanggal 22 Februari 1978 dari tipe yang dinamakan Blok I. Sejak itu sampai tahun 1985, ada 10 satelit Blok I lagi yang mengangkasa. Meskipun sejak awal satelit-satelit blok I ini sudah banyak digunakan oleh pihak militer maupun sipil dengan hasil yang baik. Pada prinsipnya satelit blok I ini dimaksudkan sebagai satelit-satelit percobaan. Sebagai konstelasi akhir yang telah lengkap pada April 1994, segmen angkasa GPS terdiri

atas 24 satelit blok II, yang lebih canggih dan lebih dapat diandalkan dari satelit percobaan tipe blok I. Lihat tabel 1. Dari 24 satelit ini, 3 buah satelit dimaksudkan sebagai satelit cadangan aktif yang pada prinsipnya juga dapat diamati dan digunakan.

Konstelasi 24 satelit GPS yang mengorbit dalam 6 buah lintasan, dimana setiap orbit ditempati oleh 4 satelit dengan interval jarak antar satelit tidak sama. Jarak antar satelit diatur sedemikian rupa untuk memaksimalkan probabilitas kenampakan setidaknya 4 satelit yang bergeometri baik dari setiap tempat di permukaan bumi pada setiap saat. Orbit satelit GPS berinklinasi 55 derajat terhadap bidang ekuator dengan ketinggian rata-rata dari permukaan bumi sekitar 20.200 km, gambar 1. Satelit GPS yang beratnya lebih dari 800 kg ini, bergerak dalam orbitnya dengan kecepatan kira-kira 4 km/detik dan mempunyai periode 11 jam dan 58 menit. Dengan adanya 24 satelit yang mengangkasa tersebut, 4 sampai 10 satelit GPS akan selalu dapat diamati pada setiap waktu dari manapun dipermukaan bumi.



Gambar 1. Distribusi Satelit GPS

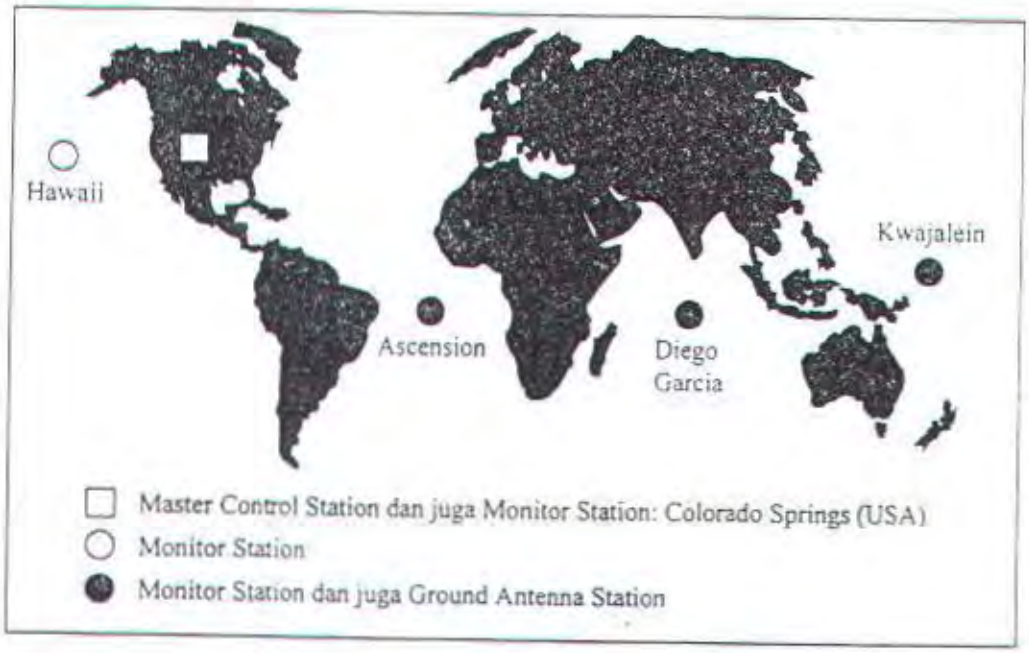
Setiap satelit GPS secara kontinue memancarkan sinyal-sinyal gelombang pada 2 frekuensi L-band yang dinamakan L_1 dan L_2 Sinyal L_1 berfrekuensi 1575,42 MHz dan sinyal L_2 berfrekuensi 1227,60 Mhz. Sinyal L1 membawa kde biner yang dinamakan kode-P (P-code, precise or private code) dan kode C/A (C/A-code,clear Access or coarse Acquisation), sedangkan sinyal L2 hanya membawa kode C/A. dengan mengamati sinyal-sinyal dari satelit dalam jumlah dan waktu yang cukup, sesorang kemudian dapat memprosesnya untuk mendapatkan informasi mengenai posisi dan kecepatan, ataupun waktu.

2.2. Segmen Sistem Kontrol

Kelayakan satelit-satelit GPS dimonitor dan dikontrol oleh segmen sistem kontrol yang terdiri atas beberapa stasiun pemonitor dan pengontrol yang tersebar di seluruh dunia, yaitu di pulau Ascension (samudra Atlantik bagian selatan), Diego Garcia (Samudra Hindia), Kwajelein (Samudra Pasifik bagian utara), Hawai dan Colorado springs (California). Disamping memonitor dan mengontrol

seluruh satelit beserta komponennya, segmen kontrol ini juga berfungsi menentukan orbit dari seluruh satelit GPS yang merupakan informasi vital untuk penentuan posisi dengan satelit.

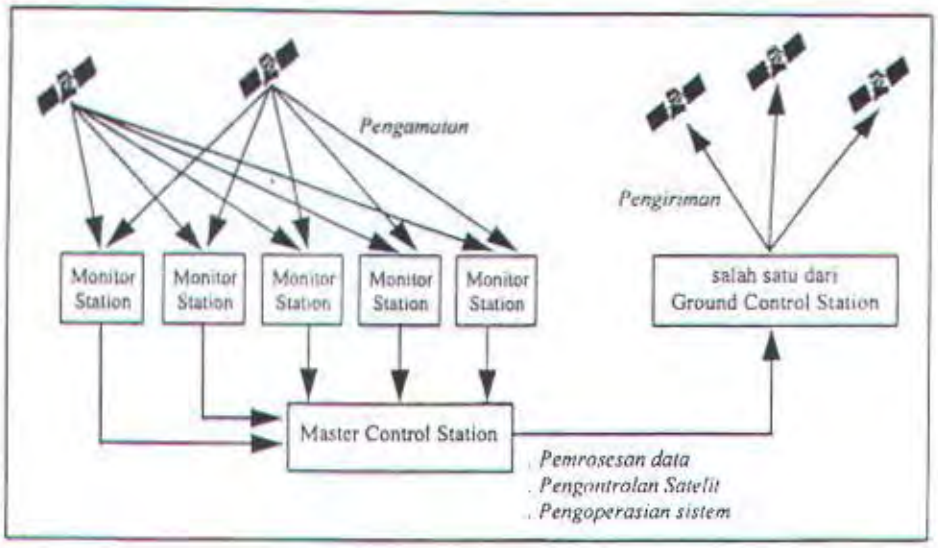
Secara spesifik, segmen system kontrol terdiri atas ground control station (GCS), Monitor Stations (MS), Prelaunch Compatibility Station (PCS) dan Master Control Station (MCS). GCS berlokasi di Ascension, Diego Garcia, dan Kwajalein. Lima stasiun MS terdiri atas stasiun GCS ditambah stasiun di Colorado springs dan Hawaii. Stasiun PCS di Cape Caneveral, dan stasiun MCS berlokasi di Colorado Springs. Lokasi stasiun tersebut ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Stasiun Sistem Kontrol GPS

Dalam segmen system kontrol, MS betugas mengamati secara kontinyu seluruh satelit GPS yang teramati. Seluruh data yang dikumpulkan dikirimkan ke MCS untuk diproses guna memperoleh parameter-parameter dari orbit satelit dan waktu. Hasil perhitungan tersebut kemudian dikirimkan ke salah satu GCS, untuk

selanjutnya dikirimkan ke satelit-satelit GPS yang dapat diamati. MCS juga bertanggung jawab dalam pengontrolan satelit. Gambar 3.



Gambar 3. Skema Kerja Sistem Kontrol GPS

2.3 Segmen Penguna

Segmen penguna terdiri atas para pengguna satelit GPS, baik di darat, laut, udara, maupun di angkasa. Dalam hal ini alat penerima sinyal GPS (GPS receiver) diperlukan untuk menerima dan memproses sinyal-sinyal dari satelit gPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan maupun waktu.

Komponen utama dari suatu receiver GPS secara umum adalah : antena dengan pre-amplifier; bagian RF (Radio Frekuensi) dengan pengidentifikasian sinyal dan pemrosesan sinyal; pemroses mikro untuk pengontrolan receiver; data sampling dan pemrosesan data (solusi navigasi); osilator posisi; catu daya; unit perintah dan tampilan; dan memori serta perekam data.

Adapun klasifikasi daripada tipe GPS adalah:

- Receiver militer (military receiver)

- Receiver sipil (civilian receiver)
- Receiver tipe navigasi (navigation receiver)
- Receiver tipe geodetik (geodetic receiver)

Dalam Tugas Akhir ini, receiver yang digunakan untuk analisa ketepatan posisi digunakan receiver tipe navigasi dengan merk GARMIN 45.

Komponen dari alat penerima sinyal GPS yang cukup penting adalah antena. Antena GPS berfungsi mendeteksi dan menerima gelombang elektromagnetik yang datang dari satelit GPS, serta mengubahnya menjadi arus listrik. Arus listrik ini setelah diperkuat akan dikirimkan ke komponen elektronika pada receiver untuk diproses lebih lanjut. Antena GPS disamping harus mempunyai polarisasi lingkaran untuk dapat mengamati sinyal GPS, juga harus mempunyai sensitifitas yang tinggi untuk dapat mendeteksi sinyal GPS yang relatif lemah. Disamping itu antena GPS harus dapat mengamati sinyal yang datang dari semua arah dan ketinggian dengan baik.

2.4. Sinyal GPS

Satelit GPS memancarkan sinyal-sinyal, yang pada prinsipnya adalah memberitahu si pengamat tentang posisi satelit yang bersangkutan serta jaraknya dari si pengamat, beserta informasi waktunya..

Sinyal GPS dapat dibagi atas 3 komponen, yaitu penginformasian jarak (kode), penginformasi posisi satelit (navigation message), dan gelombang pembawa (carrier wave). Adapun karakteristik dari komponen sinyal tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

a) Penginformasian jarak (KODE)

Ada dua kode Pseudo-Random noise (PRN) yang digunakan sebagai penginformasian jarak, yaitu kode P (Pricise atau Private) dan kode C/A (Coarse Acquisition atau Clear Access). Kode-kode ini merupakan suatu rangkaian kombinasi bilangan-bilangan 0 dan 1. Secara sepintas kode-kode ini tampak seperti rangkaian kombinasi bilangan-bilangan 0 dan 1 yang acak, sehingga dinamakan pseudorandom. Sebenarnya kode-kode tersebut mempunyai struktur yang unik dan tertentu, yang dibangun menggunakan algoritma matematis tertentu. Pada dua kode PRN yang sama, strukturnya akan berimpit (sama) sekali saja dalam susunanannya, atau dengan kata lain kedua kode akan mempunyai korelasi maksimum hanya kalau keduanya berimpit (zero lag).

Satelit GPS mempunyai struktur kode yang unik dan berbeda dengan satelit-satelit lainnya. Ini memungkinkan receiver GPS untuk mengenali dan membedakan sinyal-sinyal yang datang dari satelit yang berbeda.

Dengan kode P atau C/A jarak dari pengamat ke satelit dapat ditentukan. Prinsip pengukuran jarak yang digunakan dalam hal ini adalah dengan membandingkan kode yang diterima dari satelit dengan kode replika yang diolah di dalam receiver. Dalam hal ini, waktu yang diperlukan untuk mengimpitkan kedua kode tersebut (dt) adalah waktu yang diperlukan oleh kedua kode tersebut untuk menempuh jarak dari satelit ke pengamat. Dengan mengalikan data (dt) dengan kecepatan cahaya maka jarak antara pengamat dengan satelit dapat ditentukan. Ketelitian jam yang ada pada receiver GPS (jam quartz) berbeda dengan ketelitian jam yang ada pada satelit (jam atom),

maka jarak yang diukur dengan cara tersebut akan mengalami sedikit gangguan/kesalahan akibat ketidaksinkronan waktu antara kedua jam tersebut, sehingga jarak ukuran tersebut umum dinamakan jarak semu atau pseudorange.

Secara umum presisi dari pseudorange adalah sekitar 1% dari kode width (panjang gelombang kode). Ini berarti untuk pseudorange yang ditentukan dengan kode P tingkat presisinya adalah sekitar 0,3 m. dan yang ditentukan dengan kode C/A adalah sekitar 3 m. disamping lebih presisi, pseudorange yang ditentukan dengan kode-P juga lebih tahan terhadap pengaruh multipath. Karena kode P dimodulasikan dengan dua frekuensi, maka dengan kode P akan didapatkan dua data ukuran pseudorange pada L_1 dan L_2, sehingga efek dari bias ionosfer (orde pertama) pada jarak ukuran dapat diatasi.

Dengan adanya kebijakan antispoofing maka kode P telah dimodifikasi dengan algoritma tertentu yang sifatnya rahasia menjadi kode Y, yang strukturnya hanya diketahui oleh pihak militer Amerika serikat, yang akibatnya pihak sipil secara umum tidak dapat mengamati kode P dan hanya dapat mengamati kode C/A saja.

b) Penginformasian posisi satelit

Di samping berisi kode-kode, sinyal GPS juga berisi pesan navigasi (navigation message) yang berisi informasi tentang koefisien koreksi jam satelit, parameter orbit, almanak satelit, dan parameter koreksi ionosfer.

Pesan navigasi ditentukan oleh segmen sistem kontrol, dan dikirimkan ke pengguna menggunakan satelit GPS. Salah satu informasi yang terkandung

dalam pesan navigasi GPS adalah ephemeris (orbit) satelit yang biasa disebut broadcast ephemeris.

c) *Gelombang Pembawa*

Ada dua gelombang pembawa yang digunakan yaitu L_1 dan L_2. Dalam hal ini gelombang L_1 membawa kode P dan kode C/A beserta pesan navigasi, sedangkan gelombang L_2 membawa kode P dengan pesan navigasi.

Agar gelombang pembawa dapat mengirim data kode dan pesan navigasi, maka data tersebut harus disertakan ke gelombang pembawa. Dengan kata lain, gelombang pembawa dimodulasi oleh kode dan pesan navigasi. Dalam memodulasi suatu gelombang ada beberapa parameter yang dapat diubah dalam proses modulasi, yaitu frekuensi (modulasi frekuensi), amplitudo (modulasi amplitudo), dan fase (modulasi fase). Untuk sinyal GPS, modulasi yang digunakan adalah modulasi fase.

Dalam proses pemodulasian sinyal GPS ada dua tahap yang terlibat, yaitu tahap binary-to-binary modification of codes dan tahap binary biphase modulation. Pada tahap pertama, navigation message dituangkan dalam kode P dan kode C/A. Sedangkan pada tahap kedua, masing-masing navigation message ke kode P dan kode C/A. sedangkan pada tahap kedua, masing-masing kode yang telah membawa navigation message dituangkan ke dalam gelombang pembawa L_1 dan L_2.

Adapun secara skematis, sinyal-sinyal L_1 dan L_2 yang dipancarkan oleh satelit GPS dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SL_1(t) = Ap.Pi(t).Di(t).\sin(2\pi f_1 t) + Ac.Ci(t).\cos(2\pi f_1 t) \qquad (2\text{-}1)$$

$$SL_2(t) = Bp.Pi(t).Di(t).\sin(2\pi f_2 t) \quad (2\text{-}2)$$

Dimana: Ap dan Bp = Amplitudo dari kode P dan sinyal L_1 dan L_2

Ac = amplitudo dari kode C/A pada sinyal L_1

Pi(t) = rangkaian kode P dengan state +1

Ci(t) = rangkaian kode C/A dengan state +1

Di(t) = rangkaian data dengan state +1

f_1 dan f_2 = frekuensi sinyal-sinyal L_1 dan L_2

Meskipun sinyal L_1 dan L_2 didesain hanya untuk membawa data kode dan pesan navigasi dari satelit ke pengamat, tapi pada saat ini data fase dan sinyal-sinyal tersebut juga digunakan untuk menentukan jarak dari pengamat ke satelit GPS. Bahkan untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian posisi cukup tinggi (orde cm-mm) data fase harus digunakan dibanding data kode (pseudorange).

2.5 Data Pengamatan GPS

Data pengamatan dasar dari GPS adalah waktu tempuh (Δt) dari kode-kode P dan C/A serta fase (carrier fase), dari gelombang pembawa L_1 dan L_2. Hasil pengamatan berkaitan terkait dengan posisi pengamat (x,y,z) serta parameter-parameter lainnya melalui hubungan sebagai berikut:

$$Pi = \rho + d\rho + d\,trop + d\,ion + (dt - dT) + Mpi + \vartheta Pi \quad (2\text{-}3)$$

$$Li = \rho + d\rho + d\,trop - d\,ion + (dt - dT) + Mci - \lambda i.Ni + \vartheta Ci \quad (2\text{-}4)$$

Dimana:

Pi = $c.\Delta ti$

Li	= λi.ΦI
	= jarak fase (carrier range) pada frekuensi fi(m), (.i=1.2)
ρ	= jarak geometris antara pengamat (x, y, z) dengan satelit (m)
c	= kecepatan cahaya dalam ruang hampa (m/s)
λ	= panjang gelombang dari sinyal (m)
	= c/f (f adalah frekuensi)
dp	= kesalahan jarak yang disebabkan oleh kesalahan ephemeris
d trop	= bias yang disebabkan oleh refraksi troposfer
d ion	= bias yang disebabkan oleh refraksi ionosfer (m) pada fi (m)
dt,dT	= kesalahan dan offset dari jam GPS receiver dan jam satelit (m)
Mpi, Mci	= efek dari multipath pada hasil pengamatan Pi dan Li (m)
N1, N2	= ambiguitas fase dari pengamatan fase sinyal-sinyal L1 dan L2 (dalam jumlah gelombang).
ϑPi, ϑCi	= gangguan (noise) pada hasil pengamatan Pi dan Li (m)

Ada beberapa perbedaan karakteristik antara hasil pengamatan pseudorange dan data fase. Pada dasarnya jarak fase akan jauh lebih presisi dibanding dengan hasil pengamatan pseudorange, dan disamping itu efek multipathnya jauh lebih kecil. Oleh sebab itu untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian yang cukup tinggi maka data fase yang digunakan, sedangkan pseudorange digunakan untuk aplikasi yang tidak menuntut ketelitian yang tinggi seperti untuk keperluan navigasi [1].

2.6 Penentuan posisi dengan GPS

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Dalam hal ini parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi geosentrik pengamat (R.), untuk itu karena vektor posisi geosentrik satelit GPS (r) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan vektor posisi toposentrik satelit terhadap pengamat (ρ).

$$R = r - \rho \qquad (2\text{-}5)$$

Pada pengamatan dengan GPS yang bisa diukur hanyalah jarak antara pengamat dengan satelit dan bukan vektornya. Oleh sebab itu rumus diatas tidak dapat digunakan. Untuk mengatasi hal ini, penentuan posisi pengamat dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap beberapa satelit sekaligus secara simultan, dan tidak hanya terhadap satu satelit. Pada kenyataannya, prinsip penentuan posisi dasar dengan GPS, bergantung pada mekanisme pengaplikasiannya dapat diklasifikasikan atas beberapa metode penentuan posisi. Perlu diketahui, bahwa posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga dimensi (x,y,z) ataupun (φ,λ,h), yang dinyatakan dalam datum WGS (World Geodetic System) 1984. Dengan GPS, titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam (static positioning) ataupun bergerak (kinematic positioning). Posisi titik dapat ditentukan dengan menggunakan satu receiver GPS terhadap pusat bumi dengan menggunakan metode absolute (point positioning), ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (monitor station) dengan menggunakan metode differential (relative) positioning yang menggunakan minimal dua receiver GPS.

GPS dapat memberikan posisi secara instan (real-time) ataupun sesudah pengamatan setelah data pengamatannya diproses secara lebih ekstensif (post processing) yang biasanya dilakukan untuk mendapatkan ketelitian yang jauh lebih baik.

2.7 Metode penentuan posisi secara absolut (absolute positioning)

Penentuan posisi secara absolut adalah metode penentuan posisi yang paling mendasar dari GPS. Bahkan dapat dikatakan bahwa ini adalah metode penentuan posisi dengan GPS yang direncanakan pada awalnya oleh Amerika Serikat untuk memberikan pelayanan navigasi bagi personel dan wahana militer Amerika Serikat.

Metode penentuan posisi yang umum dikenal dengan point positioning ini umumnya menggunakan data pseudorange. Ada dua level ketelitian yang digunakan GPS, yang dinamakan SPS (Standard Positioning Service) dan PPS (Precise Positioning Service).

SPS adalah pelayanan standar yang diberikan oleh GPS secara umum kepada sipil (siapa saja), tanpa dipungut biaya, yaitu melalui pemakaian kode C/A yang terdapat pada sinyal L_1. Tingkat ketelitian yang diberikan adalah tingkat ketelitian yangs sengaja diturunkan dengan menerapkan kebijaksanaan Selective Availability (SA). Tingkat ketelitian posisi tipikal yang diberikan dalam hal ini adalah 100 m (horizontal) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Sedangkan PPS adalah pelayanan yang dikhususkan oleh pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang diijinkan, melalui pemakaian kode P yang terdapat pada 2 frekuensi yaitu L_1 dan L_2. Disamping itu PPS ini juga mempunyai

karakteristik anti jamming (sinyal yang kuat), anti spoofing dan bebas dari pengaruh Selective Availability. Tingkat ketelitian yang diberikan adalah 10 sampai 20 m (untuk bidang horizontal), dengan tingkat ketelitian 95%. Perlu diketahui bahwa tingkat ketelitian yang diberikan atau dihasilkan didasarkan atas metode penentuan posisi secara absolut dengan menggunakan data pseudorange. Tingkat ketelitian tersebut secara dramatis dapat ditingkatkan dengan menggunakan metode penentuan posisi differential.

Dalam penentuan posisi secara absolut pada suatu epok dengan menggunakan data pseudorange, ada 2 parameter yang harus ditentukan/ diestimasi yaitu:

1. Parameter koordinat (x,y,z atau L,b,h).
2. Parameter kesalahan waktu yang disebabkan oleh ketidaksinkronan antara jam (osilator) di satelit dengan dengan jam di receiver GPS. Oleh sebab itu untuk penentuan posisi secara absolut dengan data pseudorange diperlukan minimal pengamatan jarak ke empat buah satelit.

2.7.1 Perhitungan Pseudorange

Persamaan umum untuk metode pseudorange adalah:

$$[\, t_k + dt_k - (t^p + dt^p)\,]c = \rho_k^p + I_k^p + T_k^p \qquad (2\text{-}7)$$

Persamaan di atas menjadi:

$$(t_k - t^p)c = \rho_p^k + (dt^p - dt_k)c + I_p^k + T^p_k \qquad (2\text{-}8)$$

Sehingga diperoleh nilai pseudorange:

$$P^p_k = (t_k - t^p)c \qquad (2\text{-}9)$$

Dimana: t_k = waktu nominal dari receiver GPS

t^p = waktu nominal pada satelit

I^p_k = ionosfer delay

T^p_k = troposfer delay

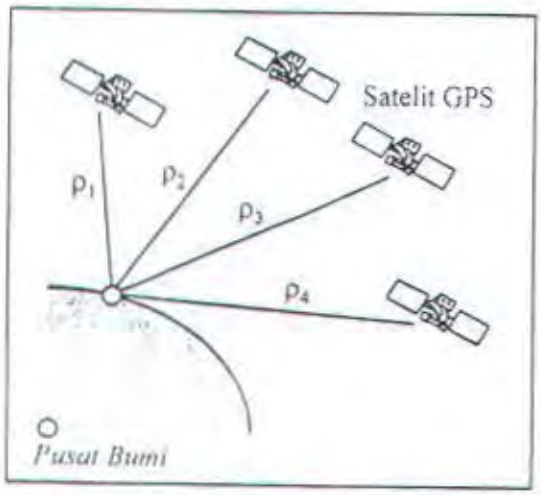
c = cepat rambat cahaya ($3x10^8$)

Untuk mengetahui jarak antara pengamat (receicer GPS) dengan satelit GPS, diperoleh dengan persamaan:

$$\rho^p_k = \sqrt{(up - uk)2 + (vp - vk)2 + (wp - wk)2} \qquad (2\text{-}10)$$

Dimana: u_k, v_k, w_k = koordinat kartesian dari posisi receiver

u^p, v^p, w^p = koordinat kartesian dari posisi satelit.



Gambar 5 Pengamatan Pseudorange dengan 4 buah Satelit

2.7.2 Solusi Navigasi

Dalam pengamatan dengan GPS dengan metode pseudorange, ada 7 variabel yang harus dicari, yaitu 2 variabel untuk kesalahan waktu (waktu satelit dan waktu pada receiver), 3 variabel untuk menghasilkan posisi pengamat (dalam

bentuk koordinat geodetik), dan 2 variabel untuk menghasilkan nilai dari bias troposfer dan ionosfer. 2 variabel perbedaan waktu (antara satelit dan receiver), dapat diatasi dengan solusi navigasi yaitu dengan mensinkronisasi perbedaan waktu tersebut pada stasion pengendali yang ada di bumi (Ground Station). Sedangkan efek dari bias troposfer dan bias ionosfer dapat diatasi dengan melakukan perhitungan secara matematis (Lihat tabel 2). Kemudian 4 variabel untuk posisi receiver dalam bentuk koordinat (x,y,z) diperoleh dari 4 buah satelit GPS yang mengirimkan sinyalnya ke receiver. Dapat ditulis dengan persamaan [2]:

$$P^1_k = \sqrt{(u^1-u_k)^2 + (v^1-v_k)^2 + (w^1-w_k)^2} + c\,dt_k \qquad (2\text{-}11)$$

$$P^2_k = \sqrt{(u^2-u_k)^2 + (v^2-v_k)^2 + (w^2-w_k)^2} + c\,dt_k \qquad (2\text{-}12)$$

$$P^3_k = \sqrt{(u^3-u_k)^2 + (v^3-v_k)^2 + (w^3-w_k)^2} + c\,dt_k \qquad (2\text{-}13)$$

$$P^4_k = \sqrt{(u^4-u_k)^2 + (v^4-v_k)^2 + (w^4-w_k)^2} + c\,dt_k \qquad (2\text{-}14)$$

2.7.3 Faktor Dilution of Precision (DOP)

Dilution of Precion dapat digunakan untuk menggambarkan pengaruh dari pergerakan daripada satelit yang mengalami pergeseran dari orbit sebenarnya, untuk mendapatkan solusi navigasi. Faktor DOP merupakan fungsi dari 2 buah elemen kovarian matriks, yang ditulis dengan persamaan berikut:

$$\sigma = DOP.\sigma_0 \qquad (2\text{-}15)$$

dimana σ_0 dinotasikan sebagai standard deviasi dari pengamatan pseudorange dan σ merupakan standart deviasi. Untuk perhitungan dengan metode pseudorange diperoleh persamaan matrik:

$$P = \sigma^2_0 I \qquad (2\text{-}16)$$

[2] GPS Satellite Surveying, Alfred Leick, hal 204 - 209

Model matematis dari persamaan (2-11) sampai (2-14) diubah ke dalam parameter berikut:

$$X = \{u_k, v_k, w_k, dt_k\} \tag{2-17}$$

Kemudian dimasukkan ke dalam matrik:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-u^1 - u_k}{\rho^1_k} & \frac{-v^1 - v_k}{\rho^1_k} & \frac{-w^1 - w_k}{\rho^1_k} & c \\ \frac{-u^2 - u_k}{\rho^2_k} & \frac{-v^2 - v_k}{\rho^2_k} & \frac{-w^2 - w_k}{\rho^2_k} & c \\ \frac{-u^3 - u_k}{\rho^3_k} & \frac{-v^3 - v_k}{\rho^3_k} & \frac{-w^3 - w_k}{\rho^3_k} & c \\ \frac{-u^4 - u_k}{\rho^4_k} & \frac{-v^4 - v_k}{\rho^4_k} & \frac{-w^4 - w_k}{\rho^4_k} & c \end{bmatrix} \tag{2-18}$$

Sehingga matrik kovaktor untuk posisi station dan jam receiver adalah:

$$Qx = (A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma^2_u & \sigma_{uv} & \sigma_{uw} & \sigma_{ut} \\ \sigma_{vu} & \sigma^2_v & \sigma_{uw} & \sigma_{vt} \\ \sigma_{wu} & \sigma_{wv} & \sigma^2_w & \sigma_{wt} \\ \sigma_{tu} & \sigma_{tv} & \sigma_{tw} & \sigma^2_t \end{bmatrix} \tag{2-19}$$

Sesuai dengan hukum persamaan untuk matrik varian dan kovarian. Maka persamaan (2-19) dapat ditransformasikan ke dalam koordinat geodetik lokal (l,b,h), sehingga diperoleh persamaan:

$$Q_{LG} = \begin{bmatrix} \sigma u & \sigma u & \sigma u \\ \sigma u & \sigma u & \sigma u \\ \sigma u & \sigma u & \sigma u \end{bmatrix} \tag{2-20}$$

Faktor DOP diasumsikan sebagai element diagonal yang spesifik dari persamaan (2-19) atau (2-20).

VDOP	$= \sigma h$
HDOP	$= \sqrt{\sigma l2 + \sigma b2}$
PDOP	$= \sqrt{\sigma l2 + \sigma b2 + \sigma h2}$
	$= \sqrt{\sigma u2 + \sigma v2 + \sigma w2}$
TDOP	$= \sigma t$
GDOP	$= \sqrt{\sigma l2 + \sigma b2 + \sigma h2 + \sigma t2 \ldots c2}$

Tabel. 4 Jenis-jenis DOP

Tabel 4, menunjukkan variasi dari faktor DOP. VDOP menunjukkan Dilution of Precision dari pada tinggi; HDOP menunjukkan DOP secara horizontal (positip); PDOP menunjukkan DOP untuk posisi; GDOP menunjukkan DOP untuk geometri; dan TDOP menunjukkan DOP untuk waktu.

2.7.4 Permodelan untuk koordinat geodetik 3 dimensi

Gambar 4, menunjukkan sistem koordinat geodetik lokal, dimana axis (n) dan axis (e) pada geodetik lokal horizon. Axis (n) berada pada titik utara, dan axis (e) berada pada titik barat, dan axis (h) ditempatkan pada ellipsoid normal dengan arah positip. Orientai spasial dari koordinat geodetik lokal secara spesifik ditunjukkan dengan posisi lintang (φ) dan bujur (λ).

Gambar 6 menunjukkan bagaimana cara penggambaran sudut azimuth dan vertikal di antara titik P1 dan P2, yang dihubungkan dengan sistem koordinat geodetik lokal. Dengan demikian diperoleh persamaan matematis untuk mendapatkan posisi dari sistem koordinat geodetik lokal tersebut yaitu:

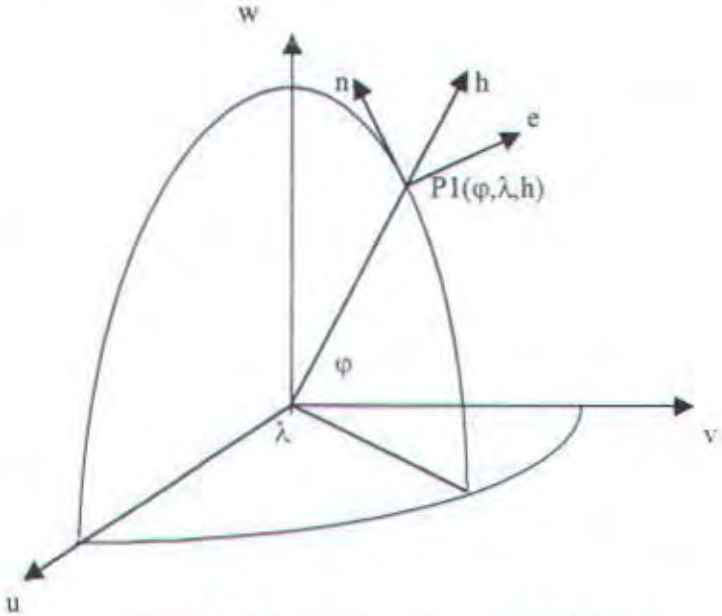
$$n = s \cos a \cos \alpha \qquad (2\text{-}21)$$

$$e = s \cos a \sin \alpha \qquad (2\text{-}22)$$

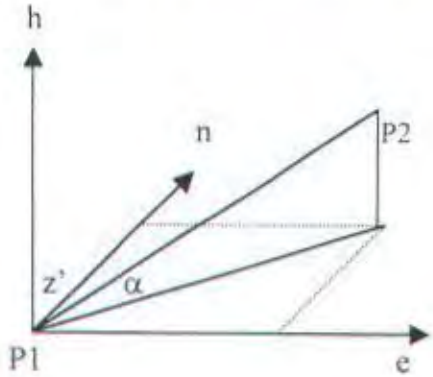
$$h = s \sin a \qquad (2\text{-}23)$$

Dimana : a = sudut antara lintang dan axis semimajor dari ellipsoid.

s = jarak antara P1 dan P2



Gambar 4. Sistem koordinat geodetik lokal.



Gambar 6. Pengamatan pada sistem koordinat geodetik lokal.

Dari persamaan (2-21) sampai(2-23), diperoleh:

$$\alpha = \tan^{-1}(e/n) \qquad (2\text{-}24)$$

$$a = \sin^{-1}(h/s) \qquad (2\text{-}25)$$

$$s = \sqrt{n^2 + e^2 + h^2} \qquad (2\text{-}26)$$

Hubungan antara sistem koordinat geodetik lokal dengan sistem geosentrik kartesian dalam persamaan matematis:

$$\begin{vmatrix} n \\ -e \\ h \end{vmatrix} = R_2(\varphi - 90).R_3(\lambda - 180) \begin{vmatrix} \Delta u \\ \Delta u \\ \Delta u \end{vmatrix} \qquad (2\text{-}27)$$

Dimana R1, R2 dan R3 dinotasikan sebagai matrik rotasi.

$$R_1(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \qquad (2\text{-}28)$$

$$R_2(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \qquad (2\text{-}29)$$

$$R_3(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad (2\text{-}30)$$

Persamaaan (2-30) dan digabungkan dengan matrik rotasi R2 dan R3. Dihasilkan:

$$\begin{vmatrix} n \\ -e \\ h \end{vmatrix} = R(\varphi, \lambda) \begin{vmatrix} \Delta u \\ \Delta u \\ \Delta u \end{vmatrix} \qquad (2\text{-}31)$$

Dimana:

$$R = \begin{pmatrix} -\sin\varphi \cos\lambda & -\sin\varphi \sin\lambda & \cos\lambda \\ -\sin\varphi \cos\lambda & -\sin\varphi \cos\lambda & 0 \\ \cos\varphi \cos\lambda & \cos\varphi \sin\lambda & \sin\varphi \end{pmatrix} \qquad (2\text{-}32)$$

Substitusikan persamaan (4-7) dan (4-8) ke persamaan (4-4),(4-5),(4-6) untuk mengetahui reduced observations sebagai fungsi dari koordinat geosentrik kartesian dan posisi geodetik pada point P1:

$$\alpha 1 = \tan -1 \left(\frac{-\sin\lambda 1 \Delta u + \cos\lambda\, \Delta v}{-\sin\varphi 1 \cos\lambda 1\, \Delta u - \sin\varphi 1 \sin\lambda 1\, \Delta v + \cos\varphi 1 \Delta w} \right) \qquad (2\text{-}33)$$

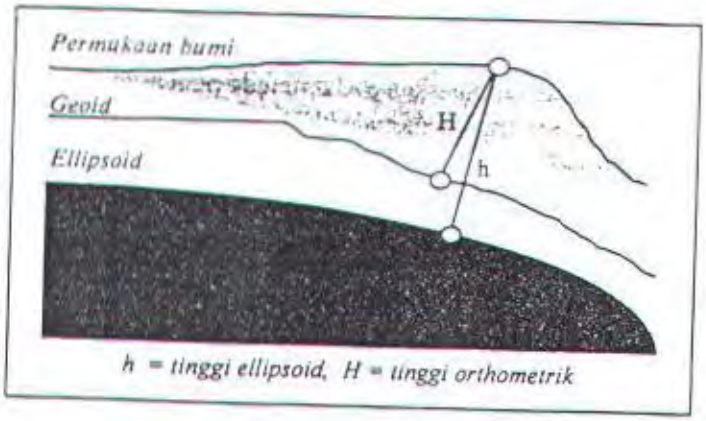
$$a1 = \sin -1 \left(\frac{\cos\varphi 1 \cos\lambda 1\ \Delta u - \cos\varphi 1 \sin\lambda 1\ \Delta v + \sin\varphi 1 \Delta w}{\sqrt{\Delta u2 + \Delta v2 + \Delta w2}} \right) \quad (2\text{-}34)$$

$$s = \sqrt{\Delta u2 + \Delta v2 + \Delta w2} \quad (2\text{-}35)$$

Persamaan (2-33) ,(2-34) dan (2-35), digunakan sebagai referensi untuk menentukan point P1.

2.8 Penentuan tinggi dengan GPS

Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik di atas permukaan ellipsoid, yaitu ellipsoid GRS 1980. Tinggi Ellipsoid (h) tidak sama dengan tinggi orthometrik (H), yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari. Tinggi orthometrik suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas geoid diukur sepanjang garis gaya berat yang melalui titik tersebut. Sedangkan tinggi ellipsoid suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas ellipsoid dihitung sepanjang garis normal ellipsoid yang melalui titik tersebut. Sedangkan geoid adalah salah satu bidang ekuipotensial medan gaya berat bumi. Untuk keperluan praktis umumnya geoid umumnya dianggap berimpit dengan permukaan air laut rata-rata. Untuk dapat mentransformasi tinggi ellipsoid hasil ukuran GPS ke tinggi orthometrik maka diperlukan undulasi geoid dititik yang bersangkutan. Gambar 7.



Gambar 7. Tinggi Geoid

2.9 Kesalahan dan Bias

Ada beberapa jenis kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan dari GPS yaitu:

a. Kesalahan satelit

   Seperti kesalahan ephemeris (orbit), jam satelit, dan selective availability

b. Medium Propagasi

   Yaitu bias ionosfer dan bias troposfer

c. GPS receiver

   Seperti kesalahan jam receiver, kesalahan antenna dll.

d. Lingkungan sekitar GPS receiver

   Seperti efek multipath.

2.10 Kesalahan Ephemeris (orbit)

Kesalahan ephemeris atau orbit merupakan kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh ephemeris satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya. Kesalahan ephemeris ini akan mempengaruhi ketelitian posisi yang ditentukan. Jadi semakin panjang rute atau baseline yang diamati, maka efek dari bias ephemeris akan semakin terasa.

Kesalahan orbit satelit GPS pada dasarnya disebabkan olek tiga faktor yaitu:

1. Kekurangtelitian pada proses perhitungan orbit satelit oleh stasiun pengontrol.
2. Kesalahan dalam prediksi orbit untuk periode waktu setelah uploading ke satelit
3. Penerapan kesalahan orbit yang sengaja diterapkan (Selective Availability).

2.11 Bias Ionosfer

Ionosfer adalah bagian dari lapisan atmosfer dimana terdapat sejumlah eletron dan ion bebas yang mempengaruhi perambatan gelombang radio. Jumlah elektron dan ion bebas ini tergantung pada besarnya intensitas radiasi matahari serta densitas gas pada lapisan tersebut. Lapisan ionosfer ini terletak antara 60 sampai 1.000 km diatas permukaan bumi. Sinyal dari satelit GPS yang terletak sekitar 20.200 km diatas permukaan bumi, harus melalui lapisan ionosfer, untuk sampai ke ground station maupun receiver GPS.

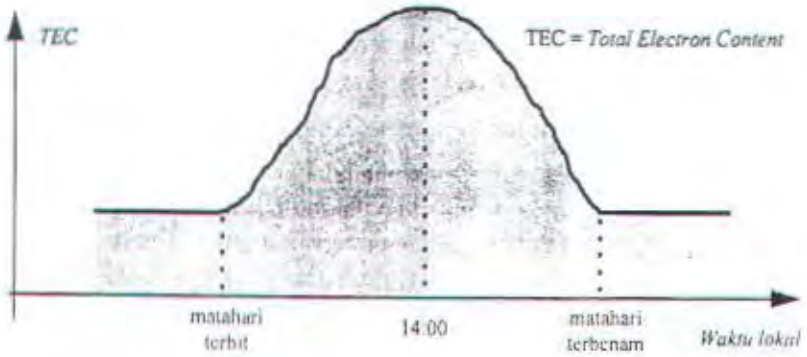
Efek dari ionosfer yang terbesar adalah pada kecepatan sinyal, dimana ini akan langsung mempengaruhi ukuran jarak antara pengamat dan satelit. Jadi efek ionosfer bergantung pada konsentrasi elektron sepanjang lintasan sinyal serta frekuensi dari sinyal yang bersangkutan. Sedangkan konsentrasi elektron itu sendiri bergantung pada beberapa faktor, terutama aktivitas matahari dan medan magnetik bumi, dimana keduanya juga akan bergantung pada lokasi geografis, musim, dan waktu.

Besarnya bias (jarak) ionosfer ini bergantung pada jumlah elektron sepanjang lintasan sinyal GPS serta frekuensi dari sinyal. Seandainya jumlah elektron sepanjang lintasan dinamakan STEC (Slant Total Electron Content) dan frekuensi dari sinyal dinamakan "f", maka besarnya bias ionosfer orde pertama (d ion dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$d\ ion = 40{,}28\ .\ STEC/f^2 \qquad (2\text{-}36)$$

dimana STEC dinyatakan dalam unit elektron/m^2 dan frekuensi dalam unit hertz. Aktivitas inosfer mempunyai variasi temporal yang bersifat harian . Dalam hal ini

secara empirik didapatkan bahwa harga TEC yang terbesar biasanya terjadi pada siang hari (pukul 14.00 waktu setempat). Gambar 8.



Gambar 8. Total Electron Content

Pada malam hari, sesuai dengan aktivitas matahari yang kita ketahui, harga TEC secara umum akan relatif lebih kecil dari pada siang hari.. Jadi perlu diketahui bahwa pada saat pengamatan dengan GPS, sebaiknya jadwal pengambilan data disesuaikan dengan variasi harian dari aktivitas ionosfer tersebut.

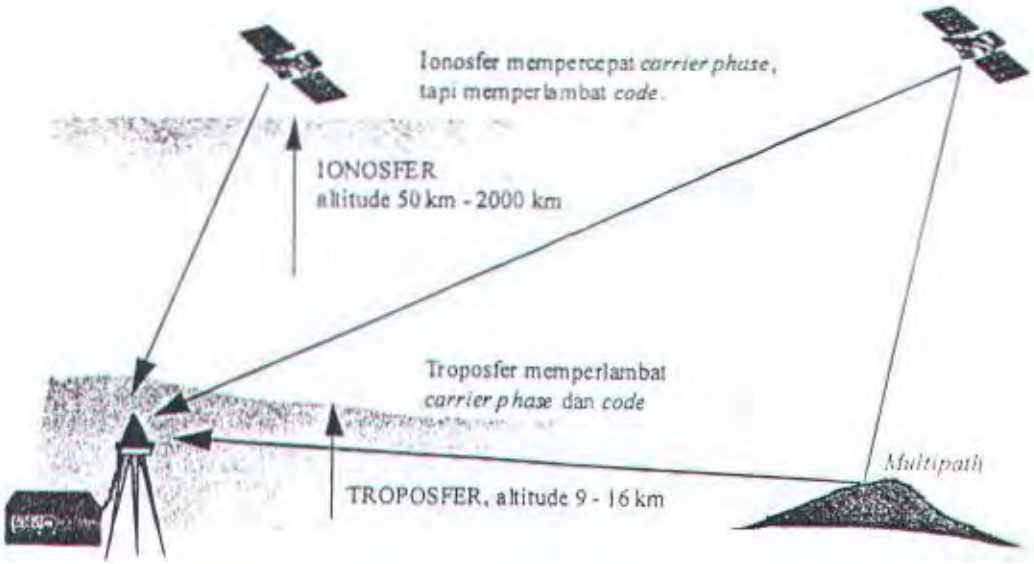
Aktivitas ionosfer juga bergantung pada aktivitas matahari. Aktivitas matahari dikarakterisasi dengan jumlah sunspot yang muncul pada permukaan matahari. Semakin banyak jumlah sunspot, akan semakin tinggi aktivitas matahari, demikian pula sebaliknya.

2.12 Bias Troposfer

Sinyal dari satelit GPS untuk sampai ke antenna harus melalui laisan troposfer, yaitu lapisan atmosfer netral yang berbatasan dengan permukaan bumi

dan mempunyai ketebalan setinggi 9 sampai 16 km, bergantung pada tempat dan waktu. Saat melalui troposfer, sinyal GPS akan mengalami refraksi yang menyebabkan perubahan pada kecepatan dan arah dari sinyal GPS. Efek utama dari troposfer dalam hal ni adalah terhadap kecepatan, atau dengan kata lain terhadap hasil ukuran jarak. Gambar 9.

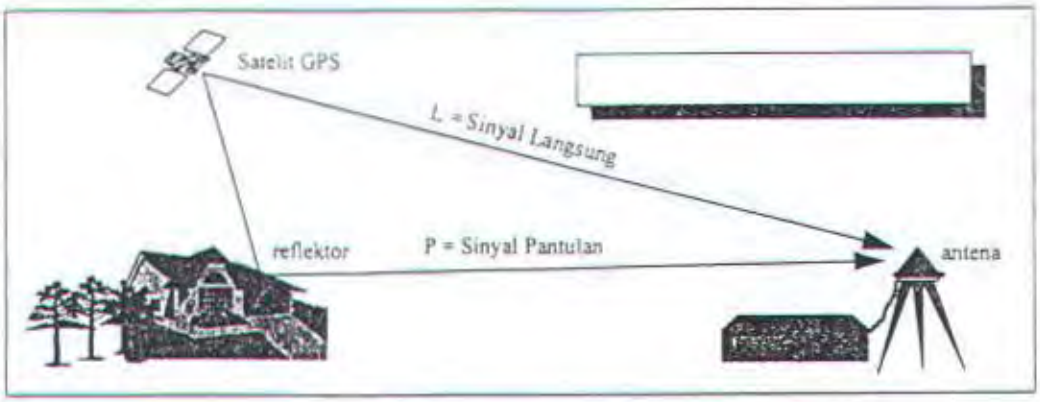
Bias troposfer biasanya dipisahkan menjadi komponen kering (sekitar 90% dari bias total) dan komponen basah. Dengan menggunakan model troposfer (seperti model Hopfield, Sastamoinen, dll), serta data ukuran meteorologi (temperatur, tekanan dan kelembaban) di permukaan bumi, ukuran komponen kering dari bias troposfer, biasanya dapat diestimasi sampai ketelitian sekitar 1 %. Sedangkan ukuran dari komponen basah , yang tergantung pada kandungan uap air sepanjang lintasan sinyal, biasanya lebih sulit untuk diestimasi secara teliti dari data pengamatan meteorologi dipermukaan bumi. Untuk mendapatkan ketelitian dari ukuran komponen basah, digunakan peralatan WVR (Water Vapour Radiometer), yang dapat mengukur kandungan uap air sepanjang lintasan sinyal.



Gambar 9. Perjalanan Sinyal Satelit GPS

2.13 Multipath

Multipath adalah fenomena atau keadaan dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS (receiver) melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Lihat gambar 10. Dalam hal ini satu sinyal adalah sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya adalah sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda di sekitar antena sebelum tiba di antena. Beberapa benda yang bisa memantulkan sinyal GPS antara lain adalah jalan raya, gedung, kendaraan dan lain-lain. Bidang-bidang pantulan bisa berupa bidang horizontal, vertical, maupun bidang miring. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antena yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan. Multipath mempengaruhi hasil ukuran data pseudorange maupun carrier phase. Besarnya efek dari multipath tersebut akan bergantung pada beberapa faktor seperti jenis dan posisi reflektor, posisi relatif satelit, jarak reflector ke antena, panjang gelombang sinyal, dan kekuatan sinyal. Efek multipath pada pseudorange jauh lebih besar dibanding pada carrier phase.



Gambar 10. Efek Multipath.

Pengelompokkan efek multipath pada data pseudorange dibagi atas 3 kelompok:

- Sebaran sinyal dari suatu lingkungan (objek dan permukaan) pemantul yang terkumpul pada suatu daerah yang luas, yang menyebabkan kesalahan jarak sekitar 10 meter.
- Refleksi dari objek yang menyebabkan kesalahan berkisar 2 sampai 6 meter.
- Fluktuasi yang berfrekuensi sangat rendah, yang umumnya disebabkan oleh refleksi dari permukaan air, yang menyebabkan kesalahan sekitar 10 meter.

Sampai saat ini belum ada suatu model umum yang dapat mengkarakterisasi efek dari multipath, jika seandainya efek multipath dapat dieliminir secara matematis, maka penanganannya harus dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik benda-benda pemantul di sekitar pengamat.

Karena pendekatan secara matematis dalam pengeliminiran efek dari multipath bukanlah merupakan pekerjaan yang mudah, maka pendekatan atau usaha preventif lebih baik dilakukan, untuk mengurangi efek multipath.

Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk menanggulangi efek multipath:

- Hindari lingkungan pengamatan yang reflektif. Dalam hal ini pemilihan stasiun pengamatan dan penempatan antena harus dijauhkan dari benda-benda yang diperkirakan akan memantulkan sinyal GPS.
- Gunakan antena GPS yang baik. Dalam hal ini antena yang lebih tahan terhadap efek multipath. Ada antenna yang memanfaatkan karakterisasi dari polarisasi sinyal GPS. Sinyal GPS mempunyai polarisasi lingkaran tangan kanan, sedangkan sinyal yang dipantulkan mempunyai polarisasi tangan kiri.

- Jangan mengamati satelit yang berelevasi rendah, karena sinyal dari satelit akan lebih mudah mengalami pemantulan.
- Gunakan receiver yang dapat mengeliminir sebagian efek multipath secara internal di dalam receiver, seperti receiver type Turbo Rogue.
- Lakukan pengamatan yang relatif panjang, dan berulang-ulang, kemudian ratakan data pengamatan.

2.14 Selective Availability

Selective Availability (SA) adalah metode yang diaplikasikan untuk memproteksi ketelitian posisi absolut secara real-time yang tinggi dari GPS. Metode SA ini hanya dipakai oleh pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang diberi ijin. Ini dilakukan oleh pihak militer Amerika Serikat sebagai pemilik dan pengelola GPS secara sengaja dengan menerapkan kesalahan-kesalahan berikut, yaitu:

- Kesalahan waktu satelit (Dithering Technique atau SA-δ)
- Kesalahan ephimeris satelit (Epsilon Technique atau SA-ε)

Pada saat ini SA diterapkan pada semua satelit GPS yang beroperasi. Dalam hal ini SA-δ, memanipulasi data ephemeris dalam pesan navigasi yang dikirimkan satelit. Kedua tipe SA tersebut mengakibatkan variasi-variasi pada data pengamatan pseudorange maupun fase, yang selanjutnya menyebabkan kesalahan pada posisi yang dihitung.

Mekanisme pengoreksian SA hanya diketahui oleh pihak militer AS, sedangkan pihak sipil tidak mengetahui cara mengkoreksinya. Dalam hal ini, pihak militer AS dapat membaca koreksi untuk SA yang dirahasiakan (encrypted)

dalam pesan navigasi dan kemudian memecahkannya (decrypted) dan mengaplikasikannya, sehingga efek SA dapat dihilangkan dari data pengamatan.

Bagi pihak sipil yang tidak mempunyai akses untuk mengkoreksi SA, secara umum dapat dikatakan bahwa SA adalah sumber kesalahan terbesar dalam penentuan posisi secara absolut dengan GPS. Akan tetapi perlu diingat bahwa efek dari SA dapat dieliminir atau direduksi dengan baik dengan menggunakan metode penentuan posisi differensial (relatif) secara statik serta dengan panjang baseline yang tidak terlalu panjang [5].

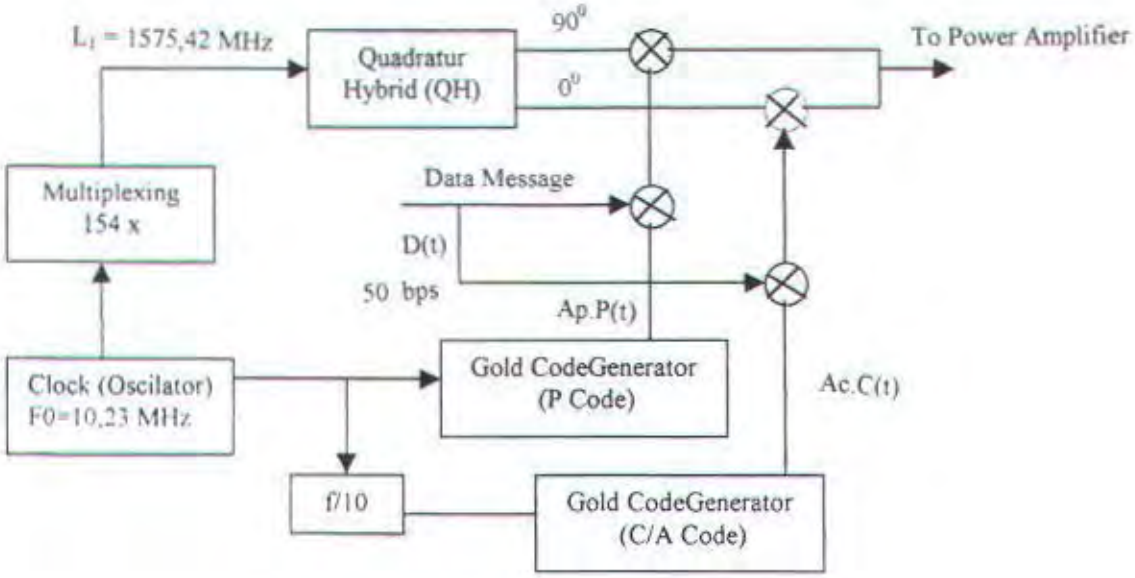
2.15 Metode Pembangkitan Kanal C/A dan P dengan Gelombang Pembawa L_1

Kedua gelombang pembawa L_1 dan L_2 yang termodulasi oleh spreading code C/A atau P code yang bersama-sama dengan data message D(t), untuk gelombang pembawa L_1 dipergunakan untuk kepentingan umum, sedangkan gelombang pembawa L_2 dipakai untuk kalangan militer dan instansi yang ditunjuk. Pada Tugas Akhir ini hanya akan dibahas gelombang pembawa L_1. Dalam bentuk blok diagram, metode pembangkitan kanal C/A dan P dengan gelombang pembawa L_1 ditunjukkan pada gambar 11.

Qrystal Quartz yang besar frekuensinya 10,23 MHz, yang terdapat main oscilator dari setiap satelit GPS-NAVSTAR adalah sebagai sumber utama clock presisi. Sebelum menuju blok Quadratur Hybrid (QH), frekuensi dari sumber utama clock presisi dilipatkan sebesar 154 kali yang hasilnya berupa gelombang pembawa L_1 yaitu 1575,42 MHz. Gelombang pembawa L_1 yang dipancarkan oleh antena satelit GPS-NAVSTAR dimodulasi oleh data message D(t) yang

[5] Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, Hasanuddin Z. Abidin, Hal.66

bersama-sama dengan sinyal pembangkit kode (Spreding code generator) P dan C/A.



Gambar 11.Pembangkitan Spread Spectrum Sinyal L_1

Dalam bentuk matematis, persamaan gelombang pembawa yang termodulasi oleh data message D(t) bersama-sama dengan spreading code C/A dan P yang dipancarkan oleh antena satelit GPS, ditunjukkan pada persamaan :

$$X_s(t) = A_c.C(t).D(t).\text{Sin}\,(2\pi fL_1t + \phi c) + A_p P(t)\,\text{Cos}\,(2\pi fL_2 + \phi p) \qquad (2\text{-}37)$$

Dimana: A_c dan A_p = Amplitudo spreading code C/A dan P

C(t) = Spreading code C/A

P(t) = Spreading code P

D(t) = Data-message

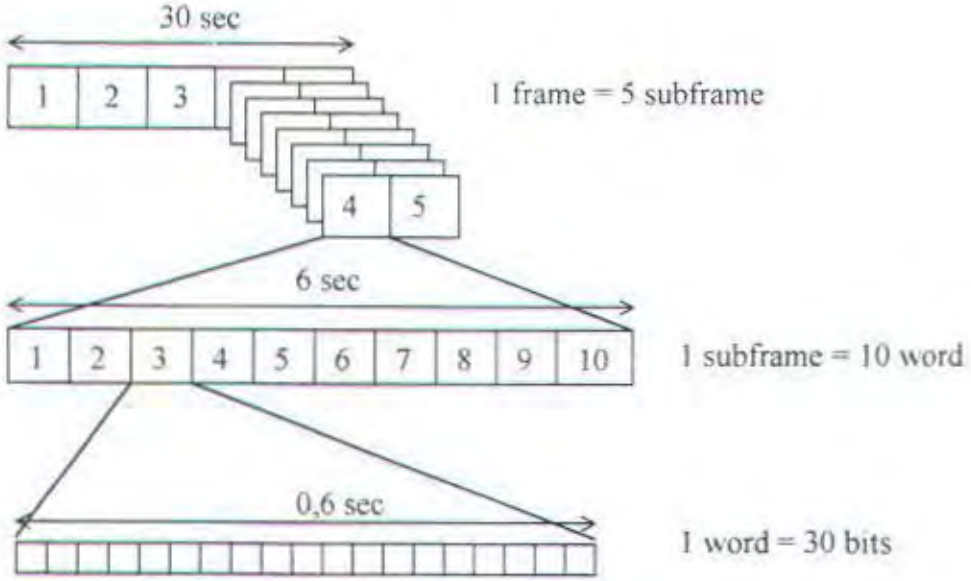
ϕ_c dan ϕ_p = Pergeseran phase kode C/A dan P

Persamaan (2-37) dapat juga ditulis:

$$X_s(t) = \sqrt{P}.D(t)[C(t).\text{Sin}\,(2\pi fL_1t + \phi c) + P(t)\,\text{Cos}\,(2\pi fL_2 + \phi p) \qquad (2\text{-}38)$$

Dimana: P = Daya RF pada final amplifier

Dari gambar 11, nampak jelas bahwa chip rate untuk C/A kode adalah sebesar $f_0/10$ = 1,023 MHz. Dengan setiap transmisi data message D(t) dalam 1 m/s akan memuat spreading code C(t) sebesar 1023 chip atau 2046 bit (1 chip = 2 bit). Adapun spreading code P dalam satu periode memuat kode 235.469.592.765.000 bit. Dengan chip rate sebesar 10,23 MHz maka lamanya transmisi spreading P code selama satu periode memerlukan waktu 38 minggu atau 266 hari, 9 jam , 45 menit dan ± 55 detik. Karena itu spreading code P tingkat ketelitian pengukurannya jauh lebih teliti dibanding dengan spreading code C/A[3]. Diketahui bahwa satu frame data message D(t) memuat 1500 bit dalam periode waktu transmisi 30 detik yang terbagi dalam 5 sub frame dengan masing-masing sub frame memuat 10 kata dalam periode waktu 6 detik (Gambar 12).



Gambar 12. Format data yang dipancarkan satelit GPS

Gambar 13(a), sebagai uraian penjelasan di atas merupakan pembangkit clock presisi yang merupakan sumber frekuensi utama atau main oscillator yang dibangkitkan oleh satelit GPS-NAVSTAR yang mempunyai chip rate sebesar f_0 = 10 Cps. Gambar 13(b), merupakan gelombang pembawa S(t) dalam hal ini sebesar

[3] Detailed Data Signal satelit GPS-NAVSTAR, Vol. B

L_1 = 5 Cps. Gambar 13(b) merupakan data pemodulasi D(t) yang mempunyai chip rate sebesar 2,5 bps, dan dalam satu frame data memerlukan waktu transmisi sebesar 2 detik yang memuat 5 bit. Gelombang pembawa S(t) yang termodulasi oleh sinyal data D(t) digambarkan pada gambar 13(d). Gambar 13(e) dan 13(f) merupakan kode chip dan kode state C/A. Jika kode chip berharga "0", maka kode state akan berharga 1 dan sebaliknya. Hubungan antara kode chip dan kode state mengikuti persamaan 2-39

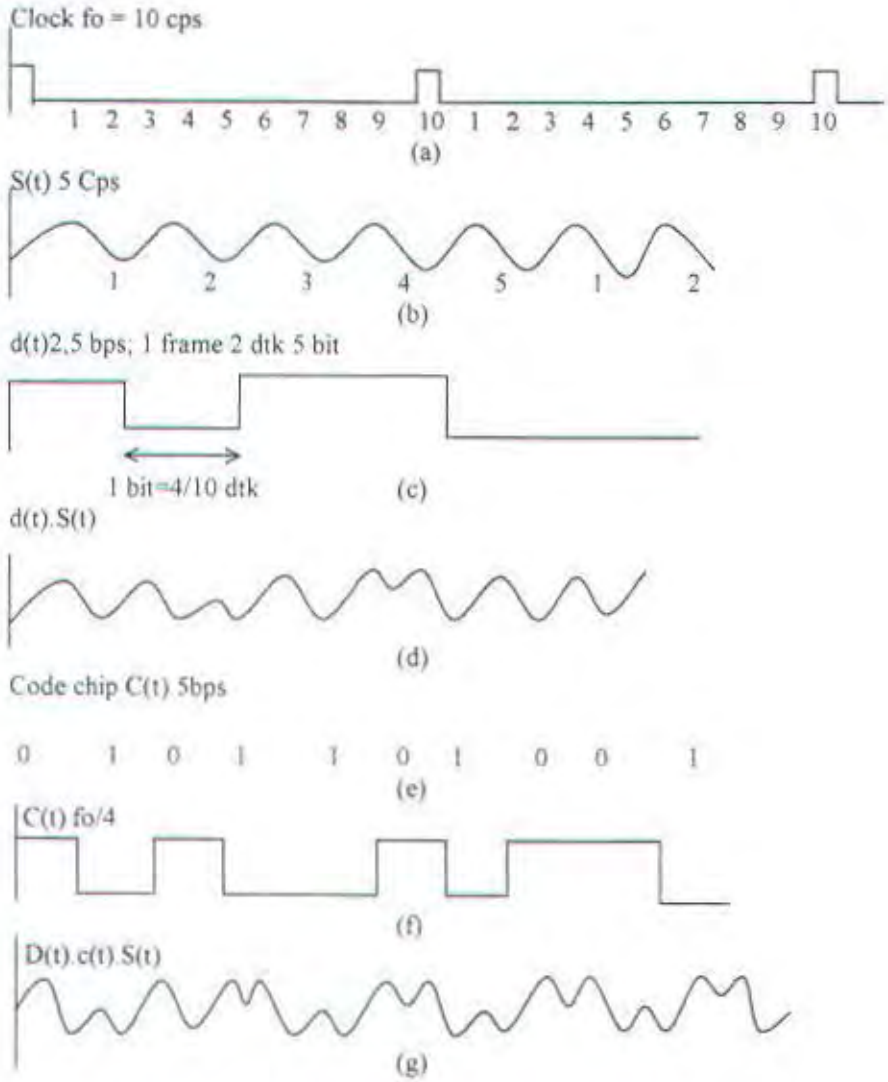
$$Y = 1 - 2X \qquad (2\text{-}39)$$

Dimana: Y = Kode state

X = Kode chip

Sebagai contoh, jika kode chip berharga 0. Maka kode state berharga 1. Dan sebaliknya untuk kode chip berharga 1 maka kode state akan berharga 0. Jadi kode state merupakan bayangan dari kode chip. Gambar 13(g), merupakan bentuk sinyal gelombang pembawa L_1 yang termodulasi oleh spreading C/A code yang bersama-sama dengan data message D(t). persamaan gelombang pembawa termodulasi diperoleh dengan cara mengalikan sinyal data dengan sinyal kode dan sinyal gelombang pembawa. Spreading C/A code pada gambar13(e) mempunyai chip rate sebesar fo/4 = 2,5 Cps, ini berarti bahwa dalam satu pulsa atau satu bit C/A memerlukan waktu sebesar 2/10 detik. Dengan data message D(t) sebesar 2,5 bps, berarti setiap 1 bit data D(t) memerlukan waktu transmisi sebesar 4/10 detik. Selama waktu transmisi data sebesar 4/10 detik, (gambar 13c) spreading C/A code yang mempunyai chip rate sebesar 2,5 Cps akan terkirim 4/10 x 5 bit = 2 bit. Jika data data message D(t) sebesar 50 bps, maka setiap 1 bit data message D(t) memerlukan waktu transmisi sebesar 1/50 detik atau 0,02 detik.

Dalam waktu transmisi data message D(t) selama 0,02 detik spreading C/A code yang mempunyai chip rate sebesar 1,023 MHz akan terkirim 0,02 x 1,023 x 10^6 x 2 bit = 40.920 bit dan dalam waktu transmisi data message D(t) selama 1 m/s spreading code akan terkirim sebesar 1 x 10^{-3} x 2,046 x 10^6 bit = 2046 bit.



Gambar 13. Proses Pembentukan Pulsa dan Kode

2.16 Deteksi data sinyal GPS-NAVSTAR

Pesawat GPS receiver yang canggih selalu dilengkapi dengan perangkat penerima sinyal yang dapat memisahkan kanal-kanal I dan Q yang dipancarkan

oleh masing-masing satelit GPS-NAVSTAR melalui gelombang pembawa RF. Pesawat GPS receiver sederhana hanya mempunyai kanal tunggal dan biasanya hanya kanal I atau C/A code saja, karena pada kanal ini hanya dapat dipakai untuk kepentingan umum.

Untuk penentuan posisi lokal suatu tempat, minimum ada 4 buah sinyal GPS yang harus diterima oleh receiver GPS dalam waktu yang bersamaan. Dalam bentuk blok diagram, bagian-bagian utama dari receiver GPS, terdiri dari :

- Carrier tracking Loop
- Code tracking Loop
- Demodulator.

Langkah awal yang harus dilakukan oleh receiver GPS adalah melakukan proses sinkronisasi antara sinyal/ carrier yang diterima dari satelit GPS NAVSTAR, dengan sinyal yang dibangkitkan oleh receiver GPS. Proses sinkronisasi dari dua buah sinyal tersebut disebut *carrier tracking loop*. Setelah proses sinkronisasi tersebut berhasil, rangkaian *carrier recovery* akan mengunci phase sinyal pembawa dan kemudian dilakukan proses *code tracking loop* yaitu proses pelacakan kode atau pseudorandom noise yang diterima. Setelah proses kode tracking loop diperoleh, baru dilakukan deteksi sinyal data message D(t) yang dilakukan pada bagian modulator.

2.17 Deteksi Data sinyal GPS-NAVSTAR

Sesuai dengan persamaan (2-38) yaitu sinyal yang diterima oleh receiver GPS pada antena penerima, karena adanya media transmisi berupa lapisan atmosfer dan straposfer antara satelit GPS-NAVSTAR dengan receiver GPS,

maka akan timbul waktu tunda ($\hat{Td}$) antara waktu yang dipancarkan oleh sateli GPS dengan waktu yang diterima receiver GPS. Dengan adanya waktu tunda tersebut, sesuai dengan persamaan (2-38) maka persamaan rambatan gelombang pembawa yang diterima pada antena penerima receiver GPS adalah:

$$X_s(t\text{-}Td) = \sqrt{P}.D(t\text{-}Td)\,[C(t\text{-}Td).\,\mathrm{Sin}\,(2\pi fL1 + \phi c) + P(t\text{-}Td).\,\mathrm{Cos}\,(2\pi fL1 + \phi p)] \qquad (2\text{-}40)$$

Untuk melakukan proses deteksi dari persamaan 2-40, (dalam bentuk sinyal digambarkan pada gambar 15(c). khususnya untuk sinyal C/A code) maka pada receiver GPS harus ada bagian yang dapat membangkitkan sinyal dan disebut bagian quadratur lokal oscillator sebesar :

$2 \sin [(W_o + W_{IF}) + \phi c]$ dan $2 \cos [(W_o + W_{IF}) + \phi p]$

Dimana : $W_o = 2\pi fL_1$

Bagian Kuadratur lokal oscillator disebut bagian tracking system. Apabila phasa spreading code tiruan yang dibangkitkan oleh receiver GPS tepat/ sinkron dengan phase spreading code yang diterima ($Td \approx \hat{Td}$), maka output pada bagian Band Pass filter (BPF) adalah:

$$Z(t) = \sqrt{2P}.D(t\text{-}Td).\mathrm{Cos}\,W_{IF}\,t \qquad (2\text{-}41)$$

Di dalam persamaan (2-41), dalam bentuk sinyal digambarkan pada gambar 15(f), yang menunjukkan bahwa data message D(t) yang dipancarkan oleh satelit GPS-NAVSTAR telah meliputi seluruh prose deteksi tersebut. Selanjutnya proses deteksi data-message D(t) dapat dilakukan dengan BPSK data demodulator.

Pada gambar 15(a), bentuk sinyal data message D(t) yang telah sampai pada antena receiver GPS yang waktunya tertunda selama Td detik. Demikian juga

pada gambar 15(b) merupakan sinyal kode C/A Yang diterima pada antena receiver GPS. Sedangkan pada gambar 15(d) merupakan sinyal kode tiruan yang dibangkitkan oleh receiver GPS dengan waktu tunda sebesar $Td^{\wedge}$ detik. Pada gambar tersebut juga terlihat beda waktu tunda antara Td dan $Td^{\wedge}$ dimana hal ini pada dasarnya sama dengan waktu tunda antara waktu yang dipancarkan oleh satelit receiver GPS dengan waktu tunda yang diterima oleh receiver GPS. Jika waktu tunda $Td-Td^{\wedge}$ diketahui, maka range error atau ketelitian pengukuran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\rho = (Td - Td^{\wedge}) \times c \qquad (2\text{-}42)$$

Dimana: ρ = range error

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

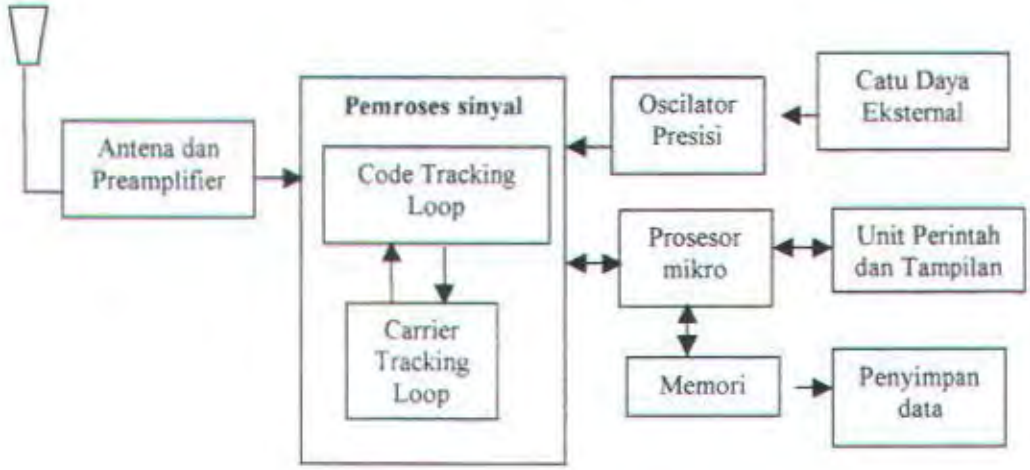
Untuk pengukuran posisi lokal dengan menggunakan teknik *one way ranging* (point positioning) pada kanal Precision code, besar $Td-Td^{\wedge}$ sebesar $0,1\mu$ detik sehingga range error diperoleh sekitar 30 meter. Sedangkan pada C/A code, besar $Td-Td^{\wedge}$ adalah sekitar 1μ detik karenanya range error diperoleh sebesar 300 meter [41].

Dengan diketahuinya range error maka jarak semu (pseudorange) antara satelit dengan receiver GPS akan diketahui dengan menggunakan persamaan 2-43

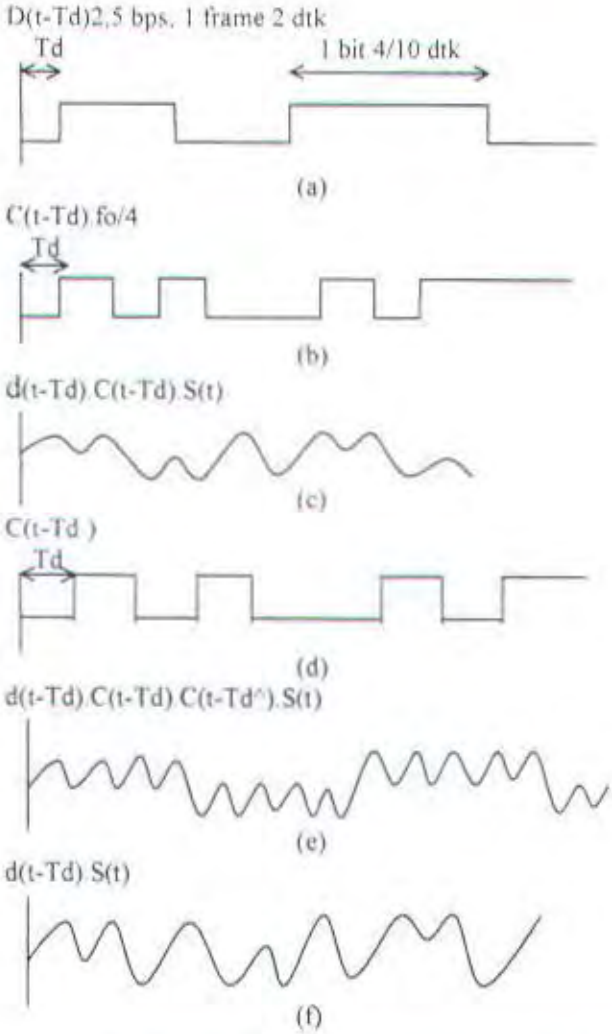
$$R_{si} = R_l - \rho \qquad (2\text{-}43)$$

Dimana: R_{si} = Jarak semu antara satelit ke-i dengan receiver GPS.

R_l = Jarak sesungguhnya antara satelit ke-l dengan receiver GPS.



Gambar 14 Komponen Utama receiver GPS



Gambar 15. Proses Deteksi Sinyal Data dan Kode

2.18 Deteksi sinyal data bercampur dengan noise

Dalam kenyataannya, sinyal datamessage D(t) yang diterima oleh receiver GPS, tidak akan luput dari gangguan noise baik noise yang disebabkan oleh receiver GPS itu sendiri maupun noise yang ditimbulkan oleh lingkungan dimana receiver GPS itu berada, maupun noise yang disebabkan oleh media transmisi, serta noise pada satelit GPS. Dari berbagai macam noise tersebut, dapat dikatakan bahwa sinyal data message D(t) yang diterima telah bercampur dengan noise tambahan atau Additive White Gausian Noise (AWGN).

2.19 Modulasi QPSK (Quadratur Phase Shift Keying)

Modulsi RF dengan menggunakan teknik PSK (Phase Shift Keying) lazim digunakan untuk memodulasi informasi band dasar berupa data digital. Data digital berupa sinyal biner yang notasi beranggota dua harga yaitu "0" dan "1". Sehingga dalam bentuk sinyal dapat diwakili dengan dua harga tegangan. Dalam bentuk unipolar, nilai "1" mawakili nilai tegangan 5 volt sedangkan nilai "0" mewakili nilai tegangan 0 volt. Dalam bentuk bipolar, nilai "1", mewakili nilai tegangan +5 volt, sedangkan nilai "0" mewakili nilai tegangan –5 volt. Dengan catatan, nilai digit "1" dan "0" mempunyai lebar (waktu) yangs sama.

Perubahan fase modulasi PSK yang lazim digunakan untuk memodulasi data digital terdiri atas 2, 4, 8, atau 16 fase. Untuk PSK dengan perubahan 2 fase disebut BPSK. Sedangkan untuk 4 fase disebut QPSK (Quadratur Phase shift Keying).

Perubahan fase terjadi pada sudut 0^0 dan 180^0. Untuk modulasi BPSK yang persamaan gelombangnya adalah:

$$S(t) = A.d(t).\text{Sin}\,(W_c t + \phi) \qquad (2\text{-}44)$$

Dimana: A = Amplitudo tegangan

d(t) = Digit data nilai "1" atau "0"

W_c = Frekuensi gelombang pembawa

ϕ = Beda fase

Untuk d(t) bernilai "1", besar $\phi = 0^0$, sedangkan d(t) bernilai "0". Besar $\phi = 180^0$, sehingga persamaan (2-44) menjadi:

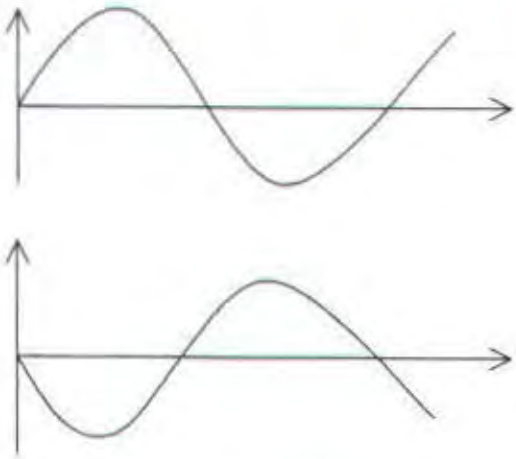
$$S(t) = A.\text{Sin}\,W_c t \text{ untuk } d(t) = \text{"1"} \qquad (2\text{-}44)$$

$$S(t) = A.\text{Sin}\,(W_c t + 180^0) \text{ untuk } d(t) = \text{"0"}$$

$$S(t) = -A.\text{Sin}\,W_c\,t \qquad (2\text{-}45)$$

Bentuk vektor atau diagram phasor dapat dilihat pada gambar 16. Sedangkan gambar 17 merupakan bentuk gelombangnya.

Gambar 16. Bentuk vektor BPSK



Gambar 17. Bentuk gelombang BPSK

Modulasi QPSK ada empat buah perubahan fase yang terjadi yaitu pada $\phi = 45^0$; $\phi = 135^0$; $\phi = 225^0$; $\phi = 315^0$. Teknik modulasi ini, nilai digit dikelompokkan dua-dua (bit pertama dengan ke dua, ketiga dengan ke empat, dst). Sedangkan pada PSK delapan fase, nilai digit dikelompokkan tiga-tiga, dan untuk enam belas fase dikelompokkan empat-empat.

BAB III
APLIKASI GPS
DALAM PERHUBUNGAN LAUT

BAB III

APLIKASI GPS DALAM PERHUBUNGAN LAUT

Salah satu aspek yang cukup penting dari perhubungan laut adalah navigasi serta hal-hal yang terkait dengannya. Pada dasarnya suatu proses navigasi di laut bertujuan memandu pergerakan suatu wahana laut secara benar, efektif dan efisien, sehingga wahana laut yang bersangkutan dapat dengan selamat tiba pada tempat yang dituju.

Mengingat pentingnya aspek navigasi laut ini dan pengaruhnya yang besar pada hajat hidup dan kehidupan manusia, pada tahun 1948 Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) membentuk suatu badan khusus dibawah naungannya yang bernama IMO (International Maritime Organization). Fungsi utama IMO adalah untuk merealisasikan navigasi laut yang aman dan efisien, serta untuk mengontrol polusi lingkungan laut yang diakibatkan oleh pengoperasian kapal laut dan wahana laut lainnya. Disamping itu IMO itu juga bertanggung jawab terhadap konvensi dari INMARSAT (International Maritime Satellite Organization). Sampai saat ini IMO terdiri atas 137 negara anggota.

Keterlibatan IMO dalam sistem navigasi sudah cukup lama, dimulai dari keterlibatannya pada rekomendasi 44 dari SOLAS 60 tentang alat bantu elektronik untuk navigasi. Sebagai respon terhadap rekomendasi tersebut, tahun 1968, IMO merekomendasi tentang kewajiban kapal untuk diperlengkapi dengan peralatan penentuan posisi elektronik. Tahun 1983, IMO mengadopsi resolusi tentang standart ketelitian untuk navigasi laut, dan pada tahun 1989 resolusi tentang

oleh IMO. Dalam hal ini IMO serius mempetimbangkan keberadaan suatu navigasi satelit (yang mencakup GPS dan GLONASS) sebagai sistem navigasi laut dan udara di masa mendatang. Disamping itu juga IALA (International Association of Lighthouse Authorities) juga aktif mengembangkan pelayanan differential GPS untuk keperluan navigasi laut.

Di samping sistem navigasi berbasis satelit, IMO juga menyadari besarnya potensi penggunaan Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) untuk meningkatkan keselamatan naviasi di laut. Dalam hal ini IMO telah bekerja sama dengan IHO (International Hydrographic Organization), dalam pengembangan standard kinerja untuk ECDIS.

3.1. Peranan GPS pada Perhubungan Laut.

Peranan GPS dalam bidang perhubungan laut terutama terkait dengan masalah navigasi wahana laut, yaitu menuntun pergerakan wahana laut dengan selamat dan benar dari suatu tempat ke tempat lainnya. Dengan kemampuannya untuk memberikan informasi yang teliti tentang posisi dan kecepatan kapal laut secara kontinyu dari waktu ke waktu tanpa bergantung pada cuaca diseluruh permukaan bumi, tidaklah sulit untuk memperkirakan bahwa GPS sebagai suatu sistem navigasi berbasis satelit yang akan mempunyai peranan sangat besar dalam bidang navigasi laut.

Kinerja dari sistem navigasi yang dibutuhkan akan bergantung pada beberapa faktor seperti besar dan ukuran kapal, aktivitas fungsional dari kapal (berlayar, menangkap ikan atau survei), serta lokasi kapal (laut lepas, pantai atau pelabuhan). Pada umumnya karakteristik dari sistem navigasi yang dibutuhkan

dijabarkan berdasarkan fase-fase navigasi terhadap beberapa parameter seperti Ketelitian (Accuracy), Keandalan (Reliability), Integritas (Intergrity), Ketersediaan (Availability). Parameter-parameter diatas akan dijelaskan sebagai berikut:

- ***Ketelitian (Accuracy)***

  Dalam navigasi, ketelitian didefinisikan sebagai tingkat kesamaan antara hasil ukuran atau estimasi dari posisi dan kecepatan wahana pada suatu waktu dengan harga posisi atau kecepatan yang sebenarnya.

- ***Keandalan (Reliability)***

  Keandalan dari suatu sisem navigasi dalah fungsi dari banyaknya kegagalan (failure) yang terjadi dalam sistem yang bersangkutan. Parameter keandalan ini adalah tingkat probabilitas dimana suatu sistem akan berfungsi dalam ruang lingkup kinerja yang didefinisikan untuknya selama periode waktu tertentu dalam kondisi operasional yang diberikan. Secara formal keandalan sistem adalah satu dikurangi dengan probabilitas dari kegagalan sistem.

- ***Integritas (Integrity)***

  Integritas didefinisikan sebagai kemampuan dari sistem untuk memberikan peringatan (warning) pada waktunya kepada pengguna pada saat sistem yang bersangkutan tidak boleh digunakan untuk navigasi.

- ***Ketersediaan (Availability)***

  Ketersediaan dari suatu sistem navigasi adalah persentase waktu dimana sistem yang bersangkutan dapat dimanfaatkan oleh para pengguna. Parameter ketersediaan ini merupakan indikasi kemampuan sistem dalam memberikan

pelayanan yang bermanfaat dalam suatu daerah cakupan tertentu. Sedangkan ketersediaan sinyal (signal availability) adalah persentase waktu dimana sinyal yang ditransmisikan dari sumber-sumber eksternal tersedia untuk digunakan. Ini adalah fungsi dari karakteristik lingkungan dan juga kapabilitas teknis dari fasilitas pemancar.

Dalam hal fase-fase navigasi laut, IMO membagi fase pelayaran suatu wahana laut atas dua fase yaitu daerah memasuki pelabuhan serta perairan dimana kebebasan manuver kapal terbatas dan peraian lainnya. Sedangkan Federal Navigation Plan (FNP) dari Amerika Serikat, membaginya atas fase-fase yang lebih terperinci. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 5. Masing-masing fase ini mempunyai tuntutan yang berbeda terhadap karakteristik dari sistem navigasi yang diperlukan. FNP menetapkan persyaratan minimum bagi keselamatan pelayaran untuk fase-fase navigasi. Tabel 6.

Tabel 5. Fase-fase navigasi laut

Fase navigasi	Karakteristik
Navigasi daerah pantai (Coastal Navigation)	- Kapal didalam batas kontinental shelf atau berjarak kurang dari 50 mil laut dari daratan. - Ancaman dari kedangkalan ataupun tabrakan relatif lebih besar.
Navigasi mendekati pelabuhan (Harbor Approach Navigation)	- Transisi dari daerah pantai ke pelabuhan. - Lalu lintas semakin ramai dan konvergen. - Ancaman dari kedangkalan atau tabrakan semakin besar.
Navigasi pelabuhan (Harbor Navigation)	- Manuver dari kapal lebih sering diperlukan. - Ancaman dari tabrakan semakin besar. - Menuntut ketelitian navigasi yang ketat.
Navigasi perairan darat (Inland Waterways Navigation)	- Diaplikasikan pada danau, sungai dan terusan. - Ancaman dari kedangkalan atau tabrakan semakin besar.

Fase Navigasi	Ketelitiaan Minimum	Ketersediaan (Availability)
Laut lepas (Ocean)	1-2 nm (1,8 – 3,7 Km)	99 %
Daerah pantai (Coastal)	460 m	99,7 %
Daerah pelabuhan (Harbor & Harbor Approach)	8 – 20 m	99,7 %

Tabel 6 Persyaratan minimum untuk keselamatan pelayaran

Dalam kaitannya dengan penggunaaan ECDIS, GPS juga akan sangat bermanfaat dalam hal menentukan posisi kapal dari waktu ke waktu untuk ditampilkan pada layar display dari ECDIS yang bersangkutan. Dengan menggunakan ECDIS yang diperlengkapi dengan GPS maka nakhoda kapal pada setiap waktu dapat selalu memantau perubahan posisi kedangkalan, rambu-rambu pelayaran, garis pantai, dan sebagainya, sehingga nakhoda kapal dapat menavigasi kapal yang bersangkutan dengan aman dan efektif.

3.2. Dampak penggunaan GPS

Ada beberapa dampak penggunaan GPS (yang sebaiknya dikombinasikan dengan ECDIS, bila tidak dengan peta navigasi kertas)

- Penggunaan GPS dapat digunakan untuk memperkecil jarak minimum yang diperlukan antara dua alur pelayaran kapal. Dalam suatu jalur pelayaran, seperti contohnya pada Selat Malaka, maka penggunaan GPS oleh setiap kapal yang berlayar, disamping dapat memperkecil resiko tabrakan juga dapat lebih mengefisienkan penggunaan jalur pelayaran yang bersangkutan yaitu dengan penggunaan jalur pelayaran yang lebih banyak.

- GPS dapat memberikan informasi yang relatif teliti, jarak minimum yang harus dijaga terhadap sumber-sumber bahaya pelayaran dapat diperkecil, sehingga kapal dapat berlayar melalui jalur-jalur pelayaran sulit yang sebelumnya biasa dihindari. Ini pada kasus-kasus tertentu dapat memperpendek jalur pelayaran, dan akibatnya dapat menghemat waktu dan bahan bakar. Disamping itu larangan terhadap kapal-kapal yang dilarang masuk ke dalam suatu pelabuhan karena keterbatasan manuver yang dapat dilakukannya, kemungkinan besar dapat ditiadakan seandainya kapal yang bersangkutan dilengkapi dengan GPS.
- Penggunaan GPS sebagai sistem navigasi untuk tahap Harbor Approach and Harbor dapat meningkatkan kapasitas peralatan kapal di pelabuhan-pelabuhan, disamping juga dapat meningkatkan faktor keamanannya.
- Karena GPS memberikan pelayanan dengan cakupan wilayah yang global maka penggunaan GPS memberikan penggunaan perairan yang lebih fleksibel bagi pelayaran, penentuan rute pelayaran yang lebih bervariasi, dan juga membuka kemungkinan pembukaan pelabuhan-pelabuhan baru ditempat-tempat yang relatif terpencil.

3.3. GPS dan Pemetaan Laut.

Dalam hal survei dan pemetaan serta penentuan posisi di laut, GPS telah digunakan untuk keperluan survei hidro-oseanografi, survei seismic, penentuan posisi bui-bui dan peralatan bantu navigasi serta titik-titik pengeboran minyak lepas pantai, ataupun untuk mempelajari karakteristik arus, gelombang ataupun pasang surut di lepas pantai. Bahkan beberapa peneliti di Amerika Serikat juga

telah menggunakan GPS, dikombinasikan dengan sistem penentuan posisi akustik, untuk menentukan posisi tititk-titik di dasar laut secara teliti, dalam rangka mempelajari dinamika lempeng-lempeng benua di bawah lautan.

Dalam kaitannya dengan aktivitas pemetaan laut di atas, metode penentuan posisi yang digunakan umumnya adalah metode kinematik differensial menggunakan data pseudorange untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian menengah (level meter), dan menggunakan data fase untuk ketelitian yang lebih tinggi (level cm).

Di Indonesia, sebelum adanya GPS, survei hidro-oseanografi, umumnya menggunakan sistem penentuan posisi elektronik menggunakan gelombang radio seperti Mini Ranger, Syledis, Polarfix, Hyperfix, dan Argo untuk mendapatkan informasi tentang posisi. Kadangkala Sextant dan Theodolith juga masih digunakan. Saat ini penggunakan GPS dalam survei hidro-oseanografi di Indonesia terutama terkait dengan penentuan posisi titik-titik garis pantai, navigasi kapal survai, penentuan posisi titik-titik perum (sounding), penentuan posisi sensor-sensor hidrografi dan oseanografi, serta penentuan posisi struktur atau objek di laut, seperti wahana pengeboran, dll.

BAB IV
PENGADAAN DATA DIGITAL

BAB IV

PENGADAAN DATA DIGITAL

4.1 Digitasi Peta

Suatu sistem informasi yang berbasis komputer memerlukan data masukan berupa data digital. Digitasi merupakan proses konversi dari data analog ke dalam format digital.

Pada Tugas Akhir ini, peta yang akan didigitasi adalah peta kertas milik DISHIDROS-AL (Dinas Survei Hidrografi dan Oseanografi), dengan kode peta no.84, untuk peta kawasan Pantai Utara (Bagian Selat Madura). Skala peta yang dipakai adalah 1:12.500, dengan proyeksi yang digunakan adalah proyeksi Mercator. Untuk menyesuaikan format proyeksi yang ada pada data GPS, maka dilakukan transformasi proyeksi ke dalam proyeksi UTM (Universal Transfer Mercator).

Keuntungan dari proyeksi UTM adalah:

1. Proyeksinya simetris untuk setiap wilayah dengan bujur 6^0.
2. Transformasi koordinat dari zone ke zone dapat dikerjakan dengan rumus yang sama untuk setiap zone di seluruh dunia.
3. Setiap zone berukuran 6^0 bujur x 8^0 lintang. Ada perkecualian pada lintang 72^0 U dab 84^0 U.

Dalam penerapan sistem proyeksi UTM bagi peta-peta dasar nasional seluruh wilayah Indonesia terbagi dalam 9 zone (wilayah), yang masing-masing

mempunyai lebar 6^0 bujur, mulai dari dari meridian 90^0 bujur timur sampai dengan meridian 144^0 bujur timur dengan batas garis paralel 10^0 lintang utara dan 15^0 lintang selatan dengan 4 satuan daerah L,M,N,P. (Lihat Tabel 14).

Untuk menghindari koordinat negatif di dalam proyeksi UTM setiap meridian tengah di dalam zone diberi harga 500.000 m pada bagian timur. Untuk harga-harga ke arah utara ekuator, dipakai sebagai garis datum dan diberi harga 0 m pada bagian utara. Untuk perhitungan ke arah selatan ekuator diberi harga 10.000.000 m pada bagian utara.

Langkah-langkah pelaksanaan digitasi.

1. ***Persiapan***

   Sebelum melakukan suatu pekerjaan sebaiknya dilakukan persiapan yang menunjang kelancaran suatu pekerjaan. Persiapan didalam pelaksanaan digitasi antara lain:

   - Mempersiapkan peta-peta yang akan didigitasi
   - Mempersiapkan obyek-obyek yang akan didigitasi.
   - Perencanaan pelaksanaan digitasi.
   - Mempersiapkan peralatan yang menunjang proses digitasi.

   Peralatan yang digunakan dalam pekerjaan digitasi adalah sebagai berikut:

   - Seperangkat komputer
   - Satu set alat digitizer
   - Perangkat lunak (seperti; AutoCAD)

2. ***Pembuatan Layer***

Layerisasi dimaksudkan sebagai suatu proses untuk mengelompokkan data yang terdapat di dalam peta, seperti alur pelayaran, garis pantai, arah arus dan lain-lain ke dalam layer. Dengan demikian diharapkan setiap layer akan memberikan suatu informasi tertentu.

3. ***Digitasi peta.***

Tahap ini bertujuan untuk memindahkan bentuk data analog ke dalam bentuk data digital dengan bantuan alat digitizer dan perangkat lunak tertentu. Metode digitasi dilakukan secara on-line, maksudnya bahwa objek yang didigitasi dapat langsung dilihat pada layar monitor, dan bila hasilnya tidak baik, maka operator dapat langsung melakukan perbaikan.

Teknis pelaksanaan digitasi dapat dibagi ke dalam tiga kelompok pekerjaan sebagai berikut:

- Kalibrasi alat digitasi. Pada tahap ini dilakukan transformasi dari koordinat peta ke dalam koordinat meja digitizer dengan bantuan titik-titik sekutu.
- Digitasi peta. Pada tahap ini dilakukan transformasi dari format digital dengan mengacu pada sistem koordinat yang telah dikonfigurasikan sebelumnya.
- Editing. Proses editing dilakukan untuk memperbaiki kesalahan hasil digitasi, sebenarnya pekerjaan editing telah dimulai selama proses digitasi, tetapi biasanya editing dilakukan setelah digitasi selesai dikerjakan.

4. ***Edgematching***

Yang dimaksud edgematching adalah suatu proses penggabungan antar lembar peta satu dengan yang lainnya sehingga diharapkan setiap lembar yang bersebelahan cocok.

5. ***Penyimpanan dan format antar file***

Data yang telah didigitasi kemudian disimpan ke disket atau harddisk yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain dan revisi jika terdapat perubahan. Untuk penggunaan lebih lanjut, beberapa perangkat lunak menyediakan fasilitas bentuk file yang dapat dibaca oleh program lain. (misal AutoCAD dengan file dxf)

4.2. Data GPS

Metode pengamatan yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah secara absolut positioning (pengamatan absolut) dengan menggunakan data pseudorange. Pengamatan dilakukan di atas kapal Ferry dengan rute dermaga Ujung – Kamal dan demikian pula sebaliknya. Dengan metode absolut positioning ini, maka akan diperoleh informasi data mengenai posisi, kecepatan dan waktu secara instan (pada saat itu juga).

Untuk menentukan posisi pengamat di bumi, terlebih dahulu harus diketahui jarak antara pengamat dengan satelit GPS. Jarak tersebut dapat diperoleh dengan mengetahui beda waktu antara waktu yang dipancarkan oleh sateli GPS dengan waktu yang diterima oleh receiver GPS. Kemudian beda waktu tersebut dikalikan dengan cepat rambat cahaya di ruang hampa. Akan tetapi

karena beda waktu tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti penundaan pada lapisan ionosfer dan troposfer, maka jarak yang terukur adalah bukan jarak sesungguhnya, tetapi jarak semu atau biasa disebut dengan pseudorange.

Misalkan posisi pengamat adalah $P_0 = x_0, y_0, z_0$ dengan sistem waktu T_S

Posisi satelit-satelit Pi, dengan i = 1,2,3,4,5, ... dst

$$Pi = x_i, y_i, z_i$$

Waktu masing-masing satelit yang diterima oleh pesawat penerima (T_{Ri}). Dengan mengabaikan efek relativitas, maka diperoleh waktu tunda (T_{di}), masing-masing satelit, yaitu:

$$T_{di} = T_S - T_{Ri}$$

Jarak semu (ρ_i) antara pengamat dengan satelit dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\rho_i = c \cdot T_{di}$$

Dimana c = cepat rambat cahaya ($3x10^8$ m/s)

Hubungan antara jarak semu dengan jarak sesungguhnya dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$R_{Si} = Si + c\,\Delta t$$

Δt merupakan koreksi waktu yang disebabkan oleh adanya penundaan karena lapisan ionosfer troposfer.

$$Si = \sqrt{(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 + (z_i - z_o)^2}$$

Dengan memasukkan empat persamaan (untuk 4 satelit) kedalam persamaan diatas, maka posisi pengamat x_o, y_o, z_o dapat diketahui.

4.3 Penggabungan data

Setelah data pengamatan GPS diperoleh maka dilakukan pemindahan data GPS (dalam proyeksi UTM), kedalam komputer. Melalui software Autocad, peta Dishidros hasil digitasi dengan data GPS segera digabungkan, untuk mengetahui perbedaan posisi antara data dari hasil pengamatan GPS dengan alur pelayaran pada peta. Dari hasil tersebut, maka akan diketahui selisih jarak antara kedua data tersebut. Selisih jarak dari hasil pengamatan penulis dapat dilihat pada tabel 9.

4.4 Pembuatan Data Atribut

Data atribut merupakan data yang berupa informasi tekstual maupun numerik dari suatu obyek berupa gambar atau peta. Data atribut ini dapat berupa keterangan atau disusun dalam bentuk tabel-tabel. Data atribut dapat dimasukkan dengan key-in melalui keyboard komputer dengan perangkat lunak, seperti ; dBase, Excel, lotus dan program-program lain yang termasuk spreatsheet. Software yang digunakan penulis dalam Tugas Akhir ini yang berfungsi sebagai data atribut ini adalah Mapinfo.

Langkah-langkah dalam pembuatan data atribut adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan objek atau gambar yang akan diberi label atau keterangan. Dalam hal ini adalah peta hasil digitasi.
- Melakukan transformasi data; peta hasil digitasi yang menggunakan format dxf, dipindahkan (diekspor) ke dalam file Mapinfo.
- Membuat data atribut ; dalam file Mapinfo tersebut akan dilakukan pembuatan data atribut yang berisi informasi data hasil pengamatan GPS.

BAB V
ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

BAB V

ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

5.1 Metode Pengamatan dan Langkah Kerja

Pengamatan untuk mengetahui ketepatan posisi pada Tugas Akhir ini dilakukan di Selat Madura dengan menggunakan receiver GPS tipe navigasi, dengan merk GARMIN-45. Metode yang digunakan dalam pengamatan tersebut alah metode pseudorange atau point positioning. Pengamatan dilakukan pada tanggal 10 Maret 2000, mulai pukul 16.00 sampai pukul 19.00. Pengamatan dilakukan dengan mengikuti alur lintasan Kapal Ferry dengan rute dermaga Ujung menuju dermaga Kamal, dan demikian pula sebaliknya.

Secara umum, langkah-langkah dalam melakukan pengamatan tersebut adalah sebagai berikut:

1. ***Persiapan***
   - Sebelum melakukan pengamatan, dilakukan persiapan alat yaitu receiver GPS.
   - Menghapus memori data yang ada pada receiver GPS, untuk menghindari terjadinya percampuran data dari pengamatan GPS sebelumnya.
2. ***Melakukan Pengamatan***
   - Mengaktifkan sinyal pada receiver GPS, dengan menekan tombol "ON".
   - Setelah diaktifkan beberapa saat, maka pada display receiver akan tampak

geometri penyebaran satelit diatas horizon pengamat. Setelah 4 buah satelit GPS berhasil diamati, maka receiver akan melakukan proses kerja untuk menampilkan data posisi pengamat pada saat itu.

- Melakukan proses penyimpanan data untuk tiap waypoint pengamatan.
- Tampilan data pada receiver GPS adalah sebagai berikut:
  - Koordinat Geodetik
  - Koordinat proyeksi, dengan sistem proyeksi UTM (Universal transfer Mercator)
  - Kecepatan (knot)
  - Waktu GPS (berorientasi pada GMT)
  - Nomor dan Jumlah satelit yang berhasil diamati.
  - Bearing/ Sudut haluan sejati.

3. Melakukan digitasi peta

   Digitasi peta yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah peta laut milik DISHIDROS (Dinas Survei Hidrografi dan Oseanografi) Angkatan Laut. Dengan kode peta no. 8 untuk daerah Pantai Utara Jawa (Bagian Selat Madura). Skala yang dipakai adalah 1:12.500, dengan memakai proyeksi Mercator. Untuk menyesuaikan data koordinat GPS yang memakai proyeksi UTM (Universal Transfer Mercator), maka dilakukan pengubahan transformasi proyeksi ke dalam sistem UTM. Software yang dipakai dalam pendigitasian peta ini adalah AutoCAD R14.

4. Sebagai database dari tiap point pengamatan GPS, maka digunakan software Map Info.

5. Melakukan analisa data.

5.2 ANALISA DATA

5.2.1 Perhitungan untuk Selisih Jarak

Untuk mengetahui adanya perbedaan infornasi data yang diberikan oleh GPS, maka dilakukan perbandingan data yaitu data dari GPS maupun data dari alur lintasan Kapal Ferry pada peta. Perhitungan selisih jarak dilakukan dengan dengan memakai persamaan matematis berikut:

$$S = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Sehingga diperoleh nilai sebagai berikut:

Way point	Koordinat proyeksi Lintasan ferry		Koordinat proyeksi GPS		Selisih Jarak
	X	Y	X	Y	
1	691593.1267	9203987.387	691594.4778	9203990.022	44.14430
2	691465.8022	9204296.013	691466.7809	9204297.725	38.17475
3	691659.899	9204472.644	691673.0357	9204478.201	166.56755
4	691651.8941	9204709.892	691673.9332	9204714.756	208.41955
7	691441.2033	9205123.638	691451.5500	9205136.487	177.96130
12	691296.2166	9205488.394	691302.5793	9205499.568	172.04205
17	691319.2829	9205617.298	691324.5218	9205622.372	203.51895
39	691178.8394	9205695.959	691183.7079	9205708.925	167.65325
63	690929.9567	9205839.576	690938.7705	9205848.098	123.82305
82	690805.3288	9205942.189	690813.3894	9205959.169	114.87595
99	690675.9033	9206102.451	690682.0334	9206113.272	118.25835
118	690559.9821	9206135.289	690562.4638	9206138.300	82.36515
129	690460.8953	9206159.253	690461.3038	9206163.258	49.07220
153	690452.8521	9206151.368	690455.1441	9206157.137	53.40265
179	690197.0199	9206323.989	690198.0339	9206324.000	10.70920
189	690100.4891	9206444.804	690103.3791	9206447.242	17.03030
197	690105.7388	9206457.731	690106.4935	9206459.519	22.63180
203	690129.289	9206485.802	690131.1435	9206487.076	40.80195

Tabel 9. Perhitungan selisih jarak untuk interval waktu 2 menit

Dari tabel 9 diatas, diperoleh harga untuk selisih jarak yang besarnya bervariasi yakni antara 10,70920 m (waypoint 179) sampai 208,41955 m (waypoint 3). Adanya perbedaan informasi mengnai posisi yang disampaikan oleh

GPS ini disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor tersebut dapat dibagi dalam 2 kategori, yaitu:

- **Faktor Internal**

  Faktor yang disebabkan oleh kesalahan pada GPS tersebut, seperti

  - Metode Pengamatan yang digunakan
  - Kualitas dari receiver GPS
  - Efek multipath, bias ionosfer dan troposfer, kesalahan orbit satelit GPS serta Selective Availability.

  Untuk menganalisa error/ kesalahan dari informasi data yang disampaikan GPS, mengenai kecepatan dan waktu maka akan dibahas pada subbab 5.3 .

- **Faktor Eksternal**

  Faktor ini bukan disebabkan oleh kesalahan informasi posisi yang disampaikan GPS, melainkan adanya kesalahan dalam melakukan prosedur kerja di lapangan.

  Dalam pelayaran suatu kapal, pergerakan yang dilakukan oleh kapal tersebut tidak hanya berorientasi pada alur lintasan yang sudah ditetapkan pada peta navigasi di kapal, melainkan juga kondisi lapangan yang terjadi pada saat pelayaran berlangsung. Sehingga dapat dipastikan bahwa suatu kapal ada saatnya mengalami pergeseran posisi dari alur yang sudah ditetapkan.

  Kondisi lapangan yang menyebabkan pergeseran posisi kapal adalah sebagai berikut:

- **Kondisi alam**, seperti kecepatan arus, keadaan pasang surut air laut, serta kekuatan angin yang terjadi dapat mempengaruhi pergeseran posisi dari pelayaran suatu kapal.

a) Kecepatan Arus

Berdasarkan informasi dari tabel arus laut untuk daerah Surabaya (Tidal Stream Tables), pada tanggal 10 maret 2000, pada pukul 16.00 sampai pukul 19.00 WIB, Kecepatan arus yang terjadi di Selat Madura adalah sekitar 11 mill/jam sampai 8 mill/jam dengan arah menuju barat (tanda positif). Lihat tabel 12. Dengan adanya keterangan tersebut, diperkirakan bahwa kapal Ferry mengalami pergeseran posisi dari alur lintasannya, yakni ke arah barat.

Kecepatan arus pada tabel 12, diperoleh berdasarkan data dari alat current meters yang dipasang satu atau lebih dari jenis self recording, pada kedalaman yang dikehendaki, untuk mengukur kecepatan dan arah (direction) dari arus tersebut. Hasil (kurva) dari self recording current meters ini dikoreksi dengan hasil (kurva) dari pengamatan pasang surut. Pengukuran kecepatan arus ini dilakukan oleh DISHIDROS-AL.

Berdasarkan tabel 9, untuk waypoint pengamatan 3 sampai dengan 129. Kesalahan informasi GPS mengenai posisi mengalami selisih jarak yang cukup besar. Hal ini dapat terjadi karena pada point-point tersebut, kapal berada di tengah pelayaran menuju dermaga Kamal, dimana kecepatan arus yang timbul saat itu juga semakin besar, yakni mencapai 11 mill/jam.

Sedangkan untuk waypoint pengamatan awal dan akhir dari GPS, selisih jarak yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena pergerakan

kapal sudah tidak dipengaruhi oleh adanya arus laut, sehingga kapal dapat mengikuti alur lintasan yang sudah ditetapkan di peta. Berkurangnya kecepatan arus tersebut disebabkan karena kapal sudah mendekati daratan (dermaga).

b) Kecepatan Angin

Untuk menentukan kekuatan angin, dibutuhkan alat berupa wind meters self recording, namun pada saat pengamatan GPS, penulis tidak memperoleh data untuk kecepatan angin tersebut, maka penulis berasumsi bahwa arah angin juga ke arah barat sesuai dengan arah arus yang terjadi pada saat itu.

c) Informasi Pasang Surut Air Laut (Pasut)

Dalam suatu pelayaran, informasi mengenai pasut perairan yang akan dilewati oleh sebuah kapal juga mesti diketahui, hal ini bertujuan untuk menghindari resiko terhadap kecelakaan atau karam. Dengan mengetahui informasi pasut, maka seorang navigator akan dapat memprediksikan daerah-daerah yang harus dihindari dalam suatu pelayaran.

Berdasarkan tabel 13. Pasut yang terjadi pada tanggal 10 Maret 2000 pukul 16.00 sampai 19.00 WIB berkisar antara 10 hingga 18 dm. Hal ini berarti bahwa air laut di Selat Madura mengalami kenaikan sebesar 10 sampai 18 dm, yang diukur pada saat surut terendah.

- **Kondisi Lalu Lintas Perairan**

Faktor lain yang mempengaruhi seorang navigator mengambil rute di luar alur yang sudah ditentukan (dengan tetap memperhatikan interval alur dan rambu

navigasi yang telah ditetapkan), adalah kepadatan lalu lintas kapal pada saat itu. Seperti yang terjadi pada pelayaran kapal-kapal Ferry di Selat Madura. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT ASDP Surabaya, jumlah kapal Ferry yang berlabuh maupun merapat untuk setiap 30 menit adalah sekitar 12 buah, dengan rincian 4 buah Ferry berada di dermaga ujung, 4 buah Ferry di dermaga Kamal dan 4 buah Ferry lainnya berada di tengah pelayaran . Dari keempat Ferry untuk masing-masing lokasi, terdiri atas 2 buah yang menuju Kamal, dan 2 buah yang menuju dermaga Ujung. Karena faktor kepadatan lalu lintas tersebut maka seorang navigator kapal Ferry tidak bisa hanya berpatokan pada alur lintasan yang sudah ditetapkan, melainkan berpatokan pada interval alur lintasan Ferry yang panjangnya kurang lebih 400-600 m. (Untuk daerah pelayaran di selat Madura).

5.2.2 Perhitungan Error/ Kesalahan Terhadap Kecepatan GPS

Salah satu informasi data yang ditampilkan oleh receiver GPS adalah kecepatan dengan satuan knot. Kecepatan diperoleh setelah informasi mengenai posisi dan waktu yang dipancarkan oleh satelit GPS berhasil diterima oleh receiver GPS. Untuk mengetaui besarnya error atau kesalahan dari kecepatan yang diinformasikan GPS maka akan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

a) Menghitung Kecepatan Kapal

Memasukkan data GPS mengenai jarak (s) dan waktu (t) ke dalam persamaan matematis. Jarak (s) diperoleh dari hasil perhitungan antara waypoint yang ditampilkan dalam bentuk koordinat proyeksi (x,y). Dengan asumsi bahwa pergerakan kapal untuk tiap waypoint pengamatan berlangsung secara gerak lurus

beraturan, maka digunakan persamaan matematis untuk menghitung kecepatan:

$$v = s/t$$

Dimana: v = kecepatan kapal untuk tiap point pengamatan (m/s)

s = jarak tiap point pengamatan (m)

t = waktu tempuh (s)

Perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel 11 dan tabel 13, pada kolom kecepatan perhitungan.

b) Menghitung Error Untuk Kecepatan GPS

Untuk mengetahui besarnya error dari kecepatan GPS maka data mengenai kecepatan GPS akan dibandingkan dengan data kecepatan dari hasil perhitungan.

$$\text{Error} = \left| \frac{V_{GPS} - V_{perhitungan}}{V_{GPS}} \right| \times 100\ \%$$

Hasil perhitungan diatas ditampilkan pada tabel 11 dan tabel 13.

Tanda (-) pada hasil perhitungan error menyatakan bahwa nilai kecepatan (V) GPS lebih kecil dari kecepatan (V) perhitungan.

c) Membuat Perkiraan (Approximate) Untuk Error/ Kesalahan Kecepatan GPS-GARMIN 45.

$$\text{Approximate (A)} = \frac{\Sigma\ \text{Error kecepatan}}{\Sigma\ \text{waypoint}}$$

Untuk rute Ujung – Kamal:

$$\text{Approximate (A)} = \frac{\Sigma \text{ Error kecepatan}}{\Sigma \text{ waypoint}}$$

$$= \frac{906{,}0927}{162}$$

$$= 5{,}593\ \%$$

Untuk rute Kamal – Ujung :

$$\text{Approximate (A)} = \frac{\Sigma \text{ Error kecepatan}}{\Sigma \text{ waypoint}}$$

$$= \frac{1093{,}55}{153}$$

$$= 7{,}147\ \%$$

$$\text{Approximate total} = A1 + A2$$

$$= \frac{5{,}593\ \% + 7{,}147\ \%}{2}$$

$$= \pm 6{,}37\ \%$$

Nilai approximate (perkiraan) error rata-rata untuk kecepatan GPS-GARMIN 45 adalah $\pm 6{,}37\ \%$

5.2.3 Perhitungan Error/ Kesalahan Terhadap Waktu GPS

Selain menyampaikan informasi mengenai kecepatan, GPS juga memberikan informasi mengenai waktu. Untuk mengetahui besarnya error/ kesalahan yang terjadi dari informasi waktu yang diberikan oleh GPS, maka akan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

a) Menghitung waktu tempuh

Dengan asumsi bahwa pergerakan kapal untuk tiap waypoint pengamatan berlangsung secara gerak lurus beraturan, maka digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$t = s / v$$

Dimana = t = waktu tempuh

s = jarak tiap point pengamatan

v = kecepatan kapal

Perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel 11 dan tabel 13, pada kolom perhitungan waktu.

b) Menghitung Error Untuk Kecepatan GPS

Untuk mengetahui besarnya error dari waktu GPS maka data mengenai waktu GPS akan dibandingkan dengan data waktu dari hasil perhitungan.

$$\text{Error} = \left| \frac{t_{GPS} - t_{perhitungan}}{t_{GPS}} \right| \times 100\ \%$$

Hasil perhitungan diatas ditampilkan pada tabel 11 dan tabel 13.

Tanda (-) pada hasil perhitungan error menyatakan bahwa nilai waktu (t) GPS lebih kecil dari kecepatan (t) perhitungan.

c) Membuat Perkiraan (Approximate) Untuk Error/ Kesalahan Terhadap waktu GPS-GARMIN 45.

$$\text{Approximate (A)} = \frac{\Sigma \text{ Error waktu}}{\Sigma \text{ waypoint}}$$

$$\text{Approximate (A)} = \frac{906{,}0927}{162}$$

$$= 5{,}593\ \%$$

Untuk rute Kamal – Ujung :

$$\text{Approximate (A)} = \frac{\Sigma \text{ Error waktu}}{\Sigma \text{ waypoint}}$$

$$= \frac{1093{,}55}{153}$$

$$= 7{,}147\ \%$$

$$\text{Approximate total} = A1 + A2$$

$$= \frac{5{,}593\ \% + 7{,}147\ \%}{2}$$

$$= \pm 6{,}37\ \%$$

Jadi nilai approximate (perkiraan) error rata-rata untuk waktu GPS-GARMIN 45 adalah sebesar $\pm 6{,}37\ \%$

Dari hasil perhitungan error terhadap kecepatan dan waktu, diperoleh nilai yang bervariasi, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

- **Metode pengamatan**

  Metode pengamatan yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah metode pseudorange, dimana pada metode ini informasi posisi yang dihasilkan sudah dipengaruhi oleh faktor –faktor seperti efek multipath, bias ionosfer, bias

troposfer, serta Selective Availability. Hal ini menyebabkan informasi data yang dihasilkan mengalami error atau kesalahan yang cukup besar.

Berbeda dengan metode pengamatan secara differential baik secara post positioning maupun real time, dimana faktor-faktor tersebut diatas dapat dieliminir atau direduksi sehingga informasi data GPS yang dihasilkan lebih akurat.

- **Receiver GPS**

  Kualitas dari receiver dan antenna penerima sinyal juga mempengaruhi dari informasi data yang dihasilkan.

- **Adanya faktor-faktor yang menyebabkan error/ kesalahan informasi data dari GPS**

  Efek Multipath; sinyal GPS yang diterima oleh receiver GPS tidak langsung diterima oleh receiver, melainkan dipantulkan oleh benda-benda disekitar antena. Benda-benda tersebut dapat berupa rumah, bangunan, pohon, dll. Pada kapal, objek yang bisa mempengaruhi efek multipath adalah bangunan kapal serta gelombang air laut. Hal ini akan berpengaruh terhadap jarak semu antara pengamat dan satelit.

  Bias Ionosfer dan Troposfer;

  Ionosfer adalah bagian dari lapisan atmosfer dimana terdapat sejumlah eletron dan ion bebas yang mempengaruhi perambatan gelombang radio. Efek dari ionosfer yang terbesar adalah pada kecepatan sinyal, dimana ini akan langsung mempengaruhi ukuran jarak antara pengamat dan satelit.

  Sinyal dari satelit GPS untuk sampai ke antena juga harus melalui lapisan troposfer, yaitu lapisan atmosfer netral yang berbatasan dengan permukaan

bumi dan mempunyai ketebalan setinggi 9 sampai 16 km. Efek utama dari troposfer dalam hal ini adalah terhadap kecepatan, atau dengan kata lain terhadap hasil ukuran jarak.

Selective Availability

Selective availability (SA) adalah metode yang diaplikasikan untuk memproteksi ketelitian posisi absolut secara real-time yang tinggi dari GPS. Metode SA ini hanya dipakai oleh pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang diberi ijin. Ini dilakukan oleh pihak militer Amerika Serikat sebagai pemilik dan pengelola GPS secara sengaja dengan menerapkan kesalahan-kesalahan berikut, yaitu:

- Kesalahan waktu satelit (dithering technique atau SA-δ)
- Kesalahan ephimeris satelit (epsilon technique atau SA-ε)

Kedua type SA tersebut mengakibatkan variasi-variasi pada data pengamatan pseudorange maupun fase, yang selanjutnya menyebabkan kesalahan pada posisi yang dihitung.

Bagi pihak sipil yang tidak mempunyai akses untuk mengkoreksi SA, secara umum dapat dikatakan bahwa SA adalah sumber kesalahan terbesar dalam penentuan posisi secara absolut dengan GPS. Akan tetapi perlu diingat bahwa efek dari SA dapat dieliminir atau direduksi dengan baik dengan menggunakan metode penentuan posisi differensial (relatif) secara statik

Tabel.10

DATA PENGAMATAN GPS-GARMIN 45

RUTE PELAYARAN UJUNG -KAMAL

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X	Y				
1	07 11' 53,1"	112 44' 06,5"	691594.4778	9203990.0224	16:33:03	0.0	2,10,16,18	4
2	07 11' 43,1"	112 44' 02,3"	691466.7809	9204297.7249	16:34:58	7.2	2,10,16,18	4
3	07 11' 37,2"	112 44' 0,90"	691673.0357	9204478.2011	16:35:57	6.8	2,8,10,13,16,18,27	7
4	07 11' 29,5"	112 44' 0,90"	691673.9332	9204714.7557	16:36:25	6.5	2,8,10,13,16,18	6
5	07 11' 24,4"	112 44' 01,2"	691435.2082	9204872.3419	16:36:41	7.5	2,8,10,13,18,27	6
6	07 11' 20,1"	112 44' 01,5"	691444.9133	9205004.4087	16:36:53	7.5	2,8,10,13,18,27	6
7	07 11' 15,8"	112 44' 01,7"	691451.5500	9205136.4872	16:37:04	6.5	2,8,10,13,18,27	6
8	07 11' 13,4"	112 44' 01,0"	691430.3517	9205210.2998	16:37:18	5.2	2,8,10,13,18,27	6
9	07 11' 11,4"	112 43' 49,6"	691080.8077	9205273.0656	16:37:28	5.8	2,8,10,13,18,27	6
10	07 11' 07,9"	112 43' 07,6"	691019.8496	9205380.8219	16:37:37	6.0	2,8,10,13,18,27	6
11	07 11' 05,4"	112 43' 05,9"	690967.9799	9205457.8221	16:37:45	6.5	2,8,10,13,18,27	6
12	07 11' 04,0"	112 43' 56,8"	691302.5793	9205499.5679	16:37:57	6.7	2,8,10,13,18,27	6
13	07 11' 02,0"	112 43' 57,2"	691315.0847	9205560.9641	16:38:12	6.7	2,4,8,13,27	5
14	07 11' 01,4"	112 43' 57,7"	691330.4956	9205579.3388	16:38:31	6.7	2,4,8,13,27	5
15	07 11' 0,60"	112 43' 47,7"	691329.9609	9205438.0208	16:38:41	6.7	2,4,8,13,27	5
16	07 11' 0,10"	112 43' 47,5"	691017.5821	9205592.8102	16:38:55	6.5	2,4,8,10,13,27	6
17	07 11' 000"	112 43' 57,5"	691324.5218	9205622.3719	16:39:04	6.6	2,4,8,10,13,18,27	7
18	07 10' 59,7"	112 43' 57,5"	691324.5566	9205631.5883	16:39:15	6.6	2,4,8,10,13,18,27	7
19	07 10' 59,5"	112 43' 47,4"	691321.5116	9205637.7441	16:39:32	6.3	2,4,8,10,13,18,27	7
20	07 10' 59,4"	112 43' 57,3"	691318.4550	9205640.8279	16:39:54	6.1	2,8,10,13,18,27	6
21	07 10' 59,3"	112 43' 57,2"	691315.3984	9205643.9116	16:45:58	6,1	2,8,10,13,18,27	6
22	07 10' 59,3"	112 43' 57,2"	691315.3984	9205643.9116	16:40:10	6.2	2,8,10,13,18,27	6
23	07 10' 59,1"	112 43' 57,1"	691312.3534	9205650.0675	16:40:24	6.2	2,8,10,13,18,27	6
24	07 10' 58,9"	112 43' 56,9"	691306.2402	9205656.2349	16:40:38	6.2	2,8,10,13,18,27	6
25	07 10' 58,7"	112 43' 56,7"	691300.1269	9205662.4024	16:40:48	6.2	2,8,10,13,18,27	6
26	07 10' 58,6"	112 43' 56,6"	691297.0703	9205665.4861	16:40:57	6.1	2,8,10,13,18,27	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X	Y				
27	07 10' 58,5"	112 43' 56,4"	691290.9454	9205668.5815	16:41:04	6.1	2,8,10,13,18,27	6
28	07 10' 58,5"	112 43' 56,3"	691287.8772	9205668.5931	16:41:13	6.1	2,8,10,13,18,27	6
29	07 10' 58,4"	112 43' 56,1"	691281.7523	9205671.6884	16:41:22	6.0	2,8,10,13,18,27	6
30	07 10' 58,3"	112 43' 56,0"	691278.6957	9205674.7722	16:41:29	5.8	2,8,10,13,18,27	6
31	07 10' 58,2"	112 43' 55,8"	691272.5708	9205677.8675	16:41:43	5.8	2,8,10,13,18,27	6
32	07 10' 58,2"	112 43' 55,7"	691269.5026	9205677.8791	16:41:52	5.8	2,8,10,13,18,27	6
33	07 10' 58,2"	112 43' 55,6"	691266.4343	9205677.8907	16:42:02	5.8	2,8,10,18,27	5
34	07 10' 58,2"	112 43' 55,4"	691260.2979	9205677.9139	16:42:08	6.0	2,8,10,13,27	5
35	07 10' 58,1"	112 43' 55,2"	691254.1730	9205681.0092	16:42:22	6.0	2,8,10,13,27	5
36	07 10' 57,5"	112 43' 54,2"	691223.5603	9205699.5580	16:42:34	6.0	2,8,10,13,27	5
37	07 10' 57,4 "	112 43' 54,0"	691217.4354	9205702.6533	16:42:41	5.9	2,8,10,18,27	5
38	07 10' 57,3"	112 43' 53,6"	691205.1740	9205705.7718	16:42:57	5.9	2,8,10,18,27	5
39	07 10' 57,2"	112 43' 52,9"	691183.7079	9205708.9251	16:43:15	5.9	2,8,10,18,27	5
40	07 10' 57,2"	112 43' 52,5"	691171.4350	9205708.9715	16:43:28	6.0	2,8,10,18,27	5
41	07 10' 57,0"	112 43' 51,7"	691146.9123	9205715.2085	16:43:47	6.0	2,8,10,18,27	5
42	07 10' 57,0"	112 43' 51,6"	691143.8440	9205715.2201	16:43:51	6.0	2,8,10,13,18,27	6
43	07 10' 56,8"	112 43' 51,3"	691134.6625	9205721.3992	16:44:11	6.0	2,8,10,13,18,27	6
44	07 10' 55,4"	112 43' 50,9"	691122.5520	9205764.4553	16:44:27	5.9	2,8,10,13,18,27	6
45	07 10' 55,2"	112 43' 49,1"	691067.3468	9205770.8082	16:44:48	5.9	2,8,10,13,18,27	6
46	07 10' 55,2"	112 43' 48,8"	691058.1421	9205770.8430	16:45:00	5.9	2,8,10,13,18,27	6
47	07 10' 55,1"	112 43' 48,8"	691058.1537	9205773.9151	16:45:17	5.9	2,8,10,13,18,27	6
48	07 10' 54,9"	112 43' 48,8"	691058.1769	9205780.0594	16:45:25	6.1	2,8,10,13,18,27	6
49	07 10' 54,8"	112 43' 48,4"	691058.1885	9205783.1315	16:45:34	6.3	2,8,10,13,18,27	6
50	07 10' 54,5"	112 43' 48,2"	691058.2233	9205792.3479	16:45:44	6.3	2,8,10,13,18,27	6
51	07 10' 54,5"	112 43' 47,8"	691045.9503	9205792.3942	16:45:58	6.3	2,8,10,13,18,27	6
52	07 10' 54,4"	112 43' 47,5"	691039.8254	9205795.4895	16:45:17	6.5	2,8,10,13,18,27	6
53	07 10' 54,3"	112 43' 47,4"	691027.5641	9205798.6080	16:45:31	6.5	2,8,10,13,18,27	6
54	07 10' 54,3"	112 43' 47,3"	691018.3593	9205798.6427	16:45:41	6.5	2,8,10,13,18,27	6
55	07 10' 54,0"	112 43' 46,6"	691015.3259	9205807.8707	16:45:57	6.5	2,8,10,13,18,27	6
56	07 10' 54,0"	112 43' 46,5"	691012.2576	9205807.8823	16:46:06	6.5	2,8,10,13,18,27	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X	Y				
57	07 10' 53,9"	112 43' 46,3"	690990.7915	9205811.0355	16:46:21	6.5	2,8,10,13,18,27	6
58	07 10' 53,9"	112 43' 46,1"	690987.7233	9205811.0471	16:46:29	6.3	2,8,10,13,18,27	6
59	07 10' 53,7"	112 43' 45,9"	690969.3370	9205817.2608	16:46:39	6.3	2,8,10,13,18,27	6
60	07 10' 53,4"	112 43' 45,8"	690966.3035	9205826.4888	16:46:47	6.3	2,8,10,13,18,27	6
61	07 10' 53,3"	112 43' 45,4"	690954.0421	9205829.6072	16:47:00	6.3	2,8,10,13,18,27	6
62	07 10' 53,3"	112 43' 45,4"	690954.0421	9205829.6072	16:47:00	6.3	2,8,10,13,18,27	6
63	07 10' 52,7"	112 43' 44,9"	690938.7705	9205848.0979	16:47:08	6.5	2,8,10,13,18,24,27	7
64	07 10' 52,6"	112 43' 44,8"	690935.7138	9205851.1816	16:47:15	6.5	2,8,10,13,18,24,27	7
65	07 10' 52,4"	112 43' 44,5"	690926.5322	9205857.3606	16:47:24	6.6	2,8,10,13,18,24,27	7
66	07 10' 52,4"	112 43' 44,4"	690923.4640	9205857.3721	16:47:32	6.7	2,8,10,13,18,24,27	7
67	07 10' 52,2"	112 43' 43,6"	690898.9412	9205863.0900	16:47:39	6.7	2,8,10,13,18,24,27	7
68	07 10' 52,1"	112 43' 43,5"	690895.8845	9205866.6927	16:47:46	6.7	2,8,10,13,18,24,27	7
69	07 10' 51,8"	112 43' 43,2"	690886.7146	9205875.4380	16:47:55	6.7	2,8,10,13,18,24,27	7
70	07 10' 51,7"	112 43' 42,9"	690877.5214	9205879.0507	16:48:02	6.7	2,8,13,18,24,27	6
71	07 10' 51,7"	112 43' 42,8"	690874.4532	9205879.0622	16:48:08	6.7	2,8,13,18,24,27	6
72	07 10' 51,6"	112 43' 42,7"	690871.3965	9205882.1459	16:48:16	6.7	2,8,13,18,24,27	6
73	07 10' 51,4"	112 43' 42,6"	690868.3514	9205888.3018	16:48:27	6.7	2,8,13,18,24,27	6
74	07 10' 51,2"	112 43' 42,5"	690865.3064	9205894.4576	16:48:37	6.5	2,8,13,18,24,27	6
75	07 10' 51,1"	112 43' 42,4"	690862.2497	9205897.5413	16:48:45	6.5	2,8,13,18,24,27	6
76	07 10' 50,5"	112 43' 41,9"	690846.9780	9205916.0319	16:48:51	6.5	2,8,13,18,24,27	6
77	07 10' 50,3"	112 43' 41,7"	690840.8647	9205922.1993	16:48:58	6.7	2,8,13,18,24,27	6
78	07 10' 50,2"	112 43' 41,6"	690837.8080	9205925.2830	16:49:05	6.7	2,8,13,18,24,27	6
79	07 10' 49,9"	112 43' 41,4"	690831.7063	9205934.5225	16:49:12	6.7	2,8,13,18,24,27	6
80	07 10' 49,7"	112 43' 41,3"	690828.6612	9205940.6783	16:49:20	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
81	07 10' 49,6"	112 43' 41,2"	690825.6045	9205943.7620	16:49:26	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
82	07 10' 49,1"	112 43' 40,8"	690813.3894	9205959.1689	16:49:32	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
83	07 10' 48,8"	112 43' 40,5"	690804.2194	9205968.4200	16:49:38	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
84	07 10' 48,6"	112 43' 40,4"	690801.1743	9205974.5758	16:49:50	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
85	07 10' 48,5"	112 43' 40,3"	690798.1177	9205977.6595	16:50:00	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
86	07 10' 48,3"	112 43' 40,2"	690795.0726	9205983.8153	16:50:08	7.2	2,10,13,18,24,27	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X	Y				
87	07 10' 48,0"	112 43' 40,0"	690788.9708	9205993.0548	16:50:15	7.2	2,10,13,18,24,27	6
88	07 10' 47,4"	112 43' 39,5"	690773.6990	9206011.5454	16:50:22	7.2	2,10,13,18,24,27	6
89	07 10' 47,3"	112 43' 39,4"	690770.6424	9206014.6291	16:50:31	7.2	2,10,13,18,24,27	6
90	07 10' 47,1"	112 43' 39,3"	690767.5973	9206020.7849	16:50:40	7.2	2,10,13,18,24,27	6
91	07 10' 46,9"	112 43' 39,1"	690761.4839	9206026.9523	16:50:53	7.1	2,10,13,18,24,27	6
92	07 10' 46,3"	112 43' 38,6"	690746.2121	9206045.4428	16:51:00	7.1	2,10,13,18,24,27	6
93	07 10' 46,0"	112 43' 38,3"	690737.0421	9206054.6939	16:51:06	7.1	2,10,13,18,24,27	6
94	07 10' 45,9"	112 43' 38,2"	690733.9854	9206057.7776	16:51:20	7.2	2,10,13,18,24,27	6
95	07 10' 45,8"	112 43' 38,1"	690730.9287	9206060.8612	16:51:31	7.2	2,10,13,18,24,27	6
96	07 10' 45,6"	112 43' 37,9"	690724.8154	9206067.0286	16:51:39	7.1	2,10,13,18,24,27	6
97	07 10' 45,4"	112 43' 37,7"	690718.7020	9206073.1960	16:51:46	7.1	2,10,13,18,24,27	6
98	07 10' 44,7"	112 43' 37,2"	690703.4418	9206094.7586	16:51:55	6.9	2,10,13,18,24,27	6
99	07 10' 44,1"	112 43' 36,5"	690682.0334	9206113.2723	16:52:03	6.9	2,10,13,18,24,27	6
100	07 10' 44,0"	112 43' 36,4"	690678.9767	9206116.3560	16:52:12	6.9	2,10,13,18,24,27	6
101	07 10' 43,8"	112 43' 36,2"	690672.8633	9206122.5233	16:52:26	6.9	2,10,13,18,24,27	6
102	07 10' 43,6"	112 43' 35,6"	690654.4769	9206128.7369	16:52:40	6.9	2,10,13,18,24,27	6
103	07 10' 43,6"	112 43' 35,5"	690651.4087	9206128.7485	16:52:57	6.8	2,10,13,18,24,27	6
104	07 10' 43,6"	112 43' 35,4"	690648.3404	9206128.7600	16:53:05	6.8	2,10,13,18,24,27	6
105	07 10' 43,6"	112 43' 35,2"	690642.2039	9206128.7832	16:53:12	6.8	2,10,13,18,24,27	6
106	07 10' 43,6"	112 43' 35,2"	690642.2039	9206128.7832	16:53:12	6.8	2,10,13,18,24,27	6
107	07 10' 43,6"	112 43' 35,1"	690639.1356	9206128.7947	16:53:21	6.6	2,10,13,18,24,27	6
108	07 10' 43,6"	112 43' 35,0"	690636.0674	9206128.8063	16:53:32	6.6	2,10,13,18,24,27	6
109	07 10' 43,6"	112 43' 34,9"	690632.9991	9206128.8178	16:53:39	6.6	2,10,13,18,24,27	6
110	07 10' 43,6"	112 43' 34,8"	690629.9308	9206128.8294	16:53:50	6.7	2,10,13,18,24,27	6
111	07 10' 43,6"	112 43' 34,7"	690626.8626	9206128.8409	16:53:57	6.7	2,10,13,18,24,27	6
112	07 10' 43,5"	112 43' 34,5"	690620.7376	9206131.9362	16:54:09	6.7	2,10,13,18,24,27	6
113	07 10' 43,5"	112 43' 34,4"	690617.6694	9206131.9477	16:54:24	6.7	2,8,10,13,18,27	6
114	07 10' 43,3"	112 43' 34,1"	690608.4877	9206138.1266	16:54:34	6.7	2,8,10,13,18,27	6
115	07 10' 43,3"	112 43' 34,0"	690605.4195	9206138.1382	16:54:45	6.7	2,8,10,13,18,27	6
116	07 10' 43,3"	112 43' 33,6"	690593.1464	9206138.1844	16:54:53	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X	Y				
117	07 10' 43,3"	112 43' 32,9"	690571.6686	9206138.2653	16:55:01	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
118	07 10' 43,3"	112 43' 32,6"	690562.4638	9206138.2999	16:55:12	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
119	07 10' 43,3"	112 43' 32,6"	690562.4638	9206138.2999	16:55:12	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
120	07 10' 43,3"	112 43' 32,4"	690556.3273	9206138.3230	16:55:21	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
121	07 10' 43,3"	112 43' 32,1"	690547.1225	9206138.3577	16:55:28	7.1	2,8,10,13,18,24,27	7
122	07 10' 43,3"	112 43' 31,4"	690525.6447	9206138.4386	16:55:40	7.2	2,8,10,13,18,24,27	7
123	07 10' 43,3"	112 43' 31,2"	690519.5082	9206138.4617	16:55:47	7.1	2,8,10,13,18,24,27	7
124	07 10' 43,3"	112 43' 30,8"	690507.2352	9206138.5079	16:55:56	7.1	2,8,10,13,18,24,27	7
125	07 10' 43,3"	112 43' 30,7"	690504.1669	9206138.5194	16:56:02	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
126	07 10' 43,3"	112 43' 30,6"	690501.0987	9206138.5309	16:56:08	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
127	07 10' 43,2"	112 43' 30,3"	690491.9054	9206141.6377	16:56:15	6.9	2,8,10,13,18,24,27	7
128	07 10' 42,7"	112 43' 29,6"	690470.4854	9206157.0791	16:56:24	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
129	07 10' 42,5"	112 43' 29,3"	690461.3038	9206163.2580	16:56:35	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
130	07 10' 42,5"	112 43' 29,3"	690458.2355	9206163.2696	16:56:42	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
131	07 10' 42,5"	112 43' 29,2"	690455.1673	9206163.2811	16:56:49	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
132	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
133	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
134	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
135	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
136	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
137	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
138	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
139	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:56:58	6.8	2,8,10,13,18,24,27	7
140	07 10' 42,7"	112 43' 29,2"	690458.2124	9206157.1253	16:57:04	6.9	2,8,10,13,18,24	6
141	07 10' 42,7"	112 43' 29,2"	690458.2124	9206157.1253	16:57:04	6.9	2,8,10,13,18,24	6
142	07 10' 42,7"	112 43' 29,2"	690458.2124	9206157.1253	16:57:04	6.9	2,8,10,13,18,24	6
143	07 10' 42,7"	112 43' 29,2"	690458.2124	9206157.1253	16:57:04	6.9	2,8,10,13,18,24	6
144	07 10' 42,7"	112 43' 29,4"	690464.3489	9206157.1022	16:57:13	7.1	2,8,10,13,18,24	6
145	07 10' 42,7"	112 43' 29,4"	690464.3489	9206157.1022	16:57:13	7.1	2,8,10,13,18,24	6
146	07 10' 42,7"	112 43' 29,4"	690464.3489	9206157.1022	16:57:13	7.1	2,8,10,13,18,24	6
147	07 10' 42,7"	112 43' 29,4"	690464.3489	9206157.1022	16:57:13	7.1	2,8,10,13,18,24	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X	Y				
148	07 10' 42,7"	112 43' 29,3"	690461.2807	9206157.1138	16:57:21	6.8	2,8,10,13,18,24	6
149	07 10' 42,7"	112 43' 29,3"	690461.2807	9206157.1138	16:57:21	6.8	2,8,10,13,18,24	6
150	07 10' 42,7"	112 43' 29,2"	690458.2124	9206157.1253	16:57:29	6.8	2,8,10,13,18,24	6
151	07 10' 42,7"	112 43' 29,2"	690458.2124	9206157.1253	16:57:29	6.8	2,8,10,13,18,24	6
152	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:57:36	6.5	2,8,10,13,18,24	6
153	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:57:36	6.5	2,8,10,13,18,24	6
154	07 10' 42,7"	112 43' 29,1"	690455.1441	9206157.1369	16:57:36	6.5	2,8,10,13,18,24	6
155	07 10' 42,7"	112 43' 29,0"	690452.0759	9206157.1484	16:57:44	6.5	2,8,10,13,18,24	6
156	07 10' 42,9"	112 43' 28,9"	690448.9845	9206151.0157	16:57:53	6.3	2,8,10,13,18,24	6
157	07 10' 42,9"	112 43' 28,9"	690448.9845	9206151.0157	16:57:53	6.3	2,8,10,13,18,24	6
158	07 10' 43,2"	112 43' 28,9"	690448.9498	9206141.7994	16:58:00	6.3	2,8,10,13,18,24	6
159	07 10' 43,4"	112 43' 28,7"	690442.7902	9206135.6782	16:58:12	6.1	2,8,10,13,18,24	6
160	07 10' 43,4"	112 43' 28,7"	690442.7902	9206135.6782	16:58:12	6.1	2,8,10,13,18,24	6
161	07 10' 43,4"	112 43' 28,7"	690442.7902	9206135.6782	16:58:12	6.1	2,8,10,13,18,24	6
162	07 10' 43,4"	112 43' 28,7"	690442.7902	9206135.6782	16:58:12	6.1	2,8,10,13,18,24	6
163	07 10' 43,4"	112 43' 28,7"	690442.7902	9206135.6782	16:58:12	6.1	2,8,10,13,18,24	6
164	07 10' 43,4"	112 43' 28,7"	690442.7902	9206135.6782	16:58:12	6.1	2,8,10,13,18,24	6
165	07 10' 43,5"	112 43' 28,3"	690430.5056	9206132.6523	16:58:20	6.1	2,8,10,13,18,24	6
166	07 10' 43,5"	112 43' 28,3"	690430.5056	9206132.6523	16:58:20	6.1	2,8,10,13,18,24	6
167	07 10' 43,5"	112 43' 28,0"	690421.3008	9206132.6869	16:58:26	6.1	2,8,10,13,18,24	6
168	07 10' 43,5"	112 43' 27,8"	690415.1643	9206132.7100	16:58:37	6.1	2,8,10,13,18,24	6
169	07 10' 43,5"	112 43' 27,4"	690402.8913	9206132.7562	16:58:45	6.1	2,8,10,13,18,24	6
170	07 10' 43,5"	112 43' 26,6"	690378.3452	9206132.8485	16:58:55	6.1	2,8,10,13,18,24	6
171	07 10' 43,5"	112 43' 26,2"	690366.0722	9206132.8947	16:59:04	6.1	2,8,10,13,18,24	6
172	07 10' 42,2"	112 43' 25,7"	690350.8811	9206172.8899	16:59:14	6.0	2,8,10,13,18,24	6
173	07 10' 41,2"	112 43' 25,4"	690341.7919	9206203.6457	16:59:22	5.9	2,8,10,13,24	5
174	07 10' 41,1"	112 43' 24,6"	690317.2574	9206206.8101	16:59:28	5.9	2,8,10,13,24	5
175	07 10' 40,5"	112 43' 24,3"	690308.1219	9206225.2774	16:59:40	5.9	2,8,10,13,24	5
176	07 10' 40,1"	112 43' 48,2"	655200.7313	9206357.3758	16:59:58	5.9	2,8,10,13,18,24	6
177	07 10' 38,8"	112 43' 21,7"	690228.5434	9206277.8032	17:00:13	5.9	2,8,10,13,18,24	6
178	07 10' 37,9"	112 43' 21,3"	690216.3742	9206305.4983	17:00:20	5.9	2,8,10,13,18,24	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X	Y				
179	07 10' 37,3"	112 43' 20,7"	690198.0339	9206324.0002	17:00:32	5.9	2,8,10,13,18,24	6
180	07 10' 36,9"	112 43' 20,4"	690188.8752	9206336.3232	17:00:44	5.9	2,8,10,13,18,24	6
181	07 10' 36,2"	112 43' 19,4"	690158.2734	9206357.9433	17:00:52	5.9	2,8,10,13,18,24	6
182	07 10' 35,9"	112 43' 19,0"	690146.0349	9206367.2057	17:01:01	5.6	2,8,10,13,18,24	6
183	07 10' 35,5"	112 43' 18,6"	690133.8080	9206379.5402	17:01:11	5.6	2,8,10,13,18,24	6
184	07 10' 35,2"	112 43' 18,2"	690121.5695	9206388.8027	17:01:27	5.3	8,10,13,18,24	5
185	07 10' 35,2"	112 43' 18,2"	690121.5695	9206388.8027	17:01:27	5.3	8,10,13,18,24	5
186	07 10' 32,2"	112 43' 18,1"	690118.8473	9206480.9776	17:01:39	5.3	8,10,13,18,24	5
187	07 10' 32,8"	112 43' 17,8"	690109.5733	9206462.5795	17:01:49	5.3	8,10,13,18,24	5
188	07 10' 33,0"	112 43' 17,6"	690103.4137	9206456.4583	17:01:56	5.2	8,10,13,18,24	5
189	07 10' 33,3"	112 43' 17,6"	690103.3791	9206447.2419	17:02:08	5.2	8,10,13,18,24	5
190	07 10' 33,3"	112 43' 17,5"	690100.3108	9206447.2535	17:02:16	5.2	2,8,10,13,18,24	5
191	07 10' 33,3"	112 43' 17,4"	690097.2425	9206447.2650	17:02:24	5.2	2,8,10,13,18,24	5
192	07 10' 33,3"	112 43' 17,3"	690094.1743	9206447.2765	17:02:35	4.5	2,8,10,13,18,24	6
193	07 10' 33,3"	112 43' 17,3"	690094.1743	9206447.2765	17:02:35	4.5	2,8,10,13,18,24	6
194	07 10' 33,3"	112 43' 17,3"	690094.1743	9206447.2765	17:02:35	4.5	2,8,10,13,18,24	6
195	07 10' 33,3"	112 43' 17,4"	690097.2425	9206447.2650	17:02:48	4.5	2,8,10,13,18,24	6
196	07 10' 33,3"	112 43' 17,4"	690097.2425	9206447.2650	17:02:48	4.5	2,8,10,13,18,24	6
197	07 10' 32,9"	112 43' 17,7"	690106.4935	9206459.5189	17:03:07	3.5	2,8,10,13,18,24	6
198	07 10' 32,3"	112 43' 17,7"	690106.5627	9206477.9515	17:03:19	3.1	2,8,10,13,18,24	6
199	07 10' 31,9"	112 43' 18,0"	690115.8136	9206490.2054	17:03:34	2.6	2,8,10,13,18,24	6
200	07 10' 31,5"	112 43' 18,1"	690118.9281	9206502.4824	17:03:52	2.0	2,8,10,13,18,24	6
201	07 10' 31,6"	112 43' 18,2"	690121.9848	9206499.3987	17:04:08	1.7	2,8,10,13,18,24	6
202	07 10' 32,0"	112 43' 18,4"	690128.0752	9206487.0872	17:04:37	1.1	2,8,10,13,18,24	6
203	07 10' 32,0"	112 43' 18,5"	690131.1435	9206487.0757	17:05:01	0.3	2,8,10,13,18,24	6
204	07 10' 32,0"	112 43' 18,5"	690131.1435	9206487.0757	17:05:01	0.3	2,8,10,13,18,24	6
205	07 10' 43,4"	112 43' 18,5"	690129.8282	9206136.8548	17:09:36	0.0	2,8,10,13,18,24	6

Perhitungan Error Terhadap Kecepatan dan Waktu dari GPS-GARMIN 45
Rute Pelayaran: Ujung - Kamal

Metode Pengamatan : Pseudorange
Tabel 11

Point	Jarak tiap waypoint (m)	kecepatan(m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan(m/s) (Perhitungan)	Waktu (s) (Perhitungan)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
1-2	411.833	3.704	115	3.581	111.196	3.31	3.31
2-3	236.556	3.498	69	3.428	67.628	1.99	1.99
3-4	86.824	3.344	28	3.101	25.967	7.26	7.26
4-5	48.928	3.344	16	3.058	14.633	8.54	8.54
5-6	37.203	3.344	12	3.100	11.127	7.28	7.28
6-7	36.232	3.344	11	3.294	10.836	1.49	1.49
7-8	37.135	2.675	14	2.652	13.883	0.84	0.84
8-9	31.676	2.984	10	3.168	10.617	-6.17	-6.17
9-10	26.908	3.086	9	2.990	8.718	3.13	3.13
10-11	25.013	3.344	8	3.127	7.481	6.49	6.49
11-12	39.920	3.446	12	3.327	11.583	3.48	3.48
12-13	47.103	3.446	15	3.140	13.667	8.89	8.89
13-14	69.343	3.446	19	3.650	20.120	-5.89	-5.89
14-15	35.626	3.344	10	3.563	10.655	-6.55	-6.55
15-16	43.939	3.344	14	3.138	13.141	6.13	6.13
16-17	29.216	3.189	9	3.246	9.161	-1.79	-1.79
17-18	34.868	3.189	11	3.170	10.933	0.61	0.61
18-19	52.342	3.138	17	3.079	16.681	1.88	1.88
19-20	65.342	3.138	22	2.970	20.824	5.35	5.35
20-21	49.868	3.138	16	3.117	15.892	0.67	0.67
21-22	16.684	3.138	11	1.517	5.317	1.52	51.66
22-23	41.890	3.138	14	2.992	13.350	4.64	4.64
23-24	28.342	3.138	10	2.834	9.032	9.68	9.68
24-25	24.863	3.138	9	2.763	7.923	11.96	11.96
25-26	19.068	2.984	7	2.724	6.391	8.70	8.70

Point	Jarak tiap waypoint (m)	kecepatan(m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan (m/s) (pengukuran)	Waktu (s) (pengukuran)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
26-27	32.863	2.984	12	2.739	11.015	8.21	8.21
27-28	29.342	2.984	9	3.260	9.835	-9.27	-9.27
28-29	19.863	2.984	7	2.838	6.657	4.89	4.89
30-31	39.068	2.984	14	2.791	13.095	6.47	6.47
31-32	29.068	2.984	9	3.230	9.743	-8.26	-8.26
32-33	32.136	2.984	10	3.214	10.771	-7.71	-7.71
33-34	16.863	3.086	6	2.810	5.464	8.94	8.94
34-35	35.794	3.086	14	2.557	11.597	17.16	17.16
35-36	36.343	3.086	12	3.029	11.775	1.87	1.87
36-37	20.653	3.035	7	2.950	6.805	2.78	2.78
37-38	46.696	3.035	16	2.919	15.386	3.84	3.84
38-39	56.343	3.035	18	3.130	18.565	-3.14	-3.14
39-40	39.433	3.086	13	3.033	12.776	1.72	1.72
40-41	56.068	3.086	19	2.951	18.166	4.39	4.39
41-42	32.067	3.086	11	2.915	10.390	5.55	5.55
42-43	59.890	3.086	20	2.995	19.405	2.98	2.98
43-44	55.570	3.035	16	3.473	18.310	-14.44	-14.44
44-45	62.205	3.035	21	2.962	20.496	2.40	2.40
45-46	34.205	3.035	12	2.850	11.270	6.08	6.08
46-47	54.144	3.035	17	3.185	17.840	-4.94	-4.94
47-48	25.072	3.138	8	3.134	7.990	0.12	0.12
48-49	26.216	3.241	9	2.913	8.090	10.11	10.11
49-50	29.988	3.241	10	2.999	9.253	7.47	7.47
50-51	39.237	3.241	14	2.803	12.108	13.52	13.52
51-52	63.652	3.344	19	3.350	19.037	-0.19	-0.19
52-53	49.205	3.344	14	3.515	14.716	-5.12	-5.12
53-54	30.341	3.344	10	3.034	9.074	9.26	9.26
54-55	48.068	3.344	16	3.004	14.376	10.15	10.15
55-56	29.696	3.344	9	3.300	8.882	1.32	1.32
56-57	52.068	3.344	15	3.471	15.573	-3.82	-3.82

Point	Jarak tiap waypoint (m)	kecepatan(m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan(m/s) (pengukuran)	Waktu (s) (pengukuran)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
57-58	28.676	3.241	8	3.585	8.849	-10.61	-10.61
58-59	32.652	3.241	10	3.265	10.075	-0.75	-0.75
59-60	26.651	3.241	8	3.331	8.224	-2.80	-2.80
60-61	38.789	3.241	13	2.984	11.969	7.93	7.93
61-62	28.342	3.344	8	3.543	8.476	-5.96	-5.96
62-63	24.067	3.344	7	3.438	7.198	-2.83	-2.83
63-64	29.896	3.395	9	3.322	8.806	2.16	2.16
64-65	25.181	3.446	8	3.148	7.306	8.67	8.67
65-66	20.725	3.446	7	2.961	6.013	14.10	14.10
66-67	26.272	3.446	7	3.753	7.623	-8.90	-8.90
67-68	29.878	3.446	9	3.320	8.669	3.68	3.68
68-69	25.891	3.446	7	3.699	7.512	-7.32	-7.32
69-70	21.342	3.446	6	3.557	6.192	-3.21	-3.21
70-71	26.868	3.446	8	3.358	7.796	2.55	2.55
71-72	34.868	3.446	11	3.170	10.117	8.03	8.03
72-73	34.342	3.344	10	3.434	10.271	-2.71	-2.71
73-74	23.982	3.344	8	2.998	7.172	10.34	10.34
74-75	20.684	3.344	6	3.447	6.186	-3.10	-3.10
75-76	23.342	3.446	7	3.335	6.773	3.25	3.25
76-77	30.072	3.446	9	3.341	8.726	3.05	3.05
77-78	24.868	3.446	7	3.553	7.215	-3.08	-3.08
78-79	27.342	3.549	8	3.418	7.703	3.71	3.71
79-80	19.662	3.549	6	3.277	5.539	7.68	7.68
80-81	19.026	3.549	6	3.171	5.360	10.66	10.66
81-82	25.868	3.549	7	3.695	7.288	-4.11	-4.11
82-83	47.030	3.549	12	3.919	13.250	-10.42	-10.42
83-84	31.868	3.549	10	3.187	8.978	10.22	10.22
84-85	29.569	3.704	8	3.696	7.984	0.20	0.20
85-86	23.982	3.704	7	3.426	6.475	7.50	7.50

Point	Jarak tiap waypoint (m)	kecepatan(m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan(m/s) (pengukuran)	Waktu (s) (pengukuran)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
86-87	24.890	3.704	7	3.556	6.720	3.99	3.99
87-88	31.051	3.704	9	3.450	8.384	6.85	6.85
88-89	37.890	3.704	9	4.210	10.230	-13.67	-13.67
89-90	41.021	3.652	13	3.155	11.232	13.60	13.60
90-91	24.406	3.652	7	3.487	6.682	4.54	4.54
91-92	21.342	3.652	6	3.557	5.844	2.61	2.61
92-93	57.342	3.704	14	4.096	15.482	-10.59	-10.59
93-94	34.684	3.704	11	3.153	9.365	14.87	14.87
94-95	30.684	3.652	8	3.835	8.401	-5.02	-5.02
95-96	26.416	3.652	7	3.774	7.233	-3.33	-3.33
96-97	28.303	3.549	9	3.145	7.974	11.40	11.40
97-98	25.945	3.549	8	3.243	7.310	8.63	8.63
98-99	33.684	3.549	9	3.743	9.490	-5.45	-5.45
99-100	34.980	3.549	9	3.887	9.855	-9.50	-9.50
100-101	45.891	3.549	14	3.278	12.929	7.65	7.65
101-102	53.805	3.498	17	3.165	15.382	9.52	9.52
102-103	25.707	3.498	8	3.213	7.349	8.14	8.14
103-104	24.780	3.498	7	3.540	7.084	-1.20	-1.20
104-105	28.506	3.395	9	3.167	8.396	6.71	6.71
105-106	36.010	3.395	11	3.274	10.607	3.58	3.58
106-107	24.802	3.395	7	3.543	7.305	-4.36	-4.36
107-108	39.343	3.446	11	3.577	11.415	-3.78	-3.78
108-109	22.102	3.446	7	3.157	6.413	8.39	8.39
109-110	41.102	3.446	12	3.425	11.926	0.62	0.62
110-111	47.902	3.446	15	3.193	13.899	7.34	7.34
111-112	33.233	3.446	10	3.323	9.643	3.57	3.57
112-113	36.908	3.446	11	3.355	10.709	2.65	2.65
113-114	25.783	3.498	8	3.223	7.371	7.86	7.86
114-115	27.402	3.498	8	3.425	7.834	2.08	2.08

Point	Jarak tiap waypoint (m)	kecepatan(m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan(m/s) (pengukuran)	Waktu (s) (pengukuran)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
115-116	35.333	3.549	11	3.212	9.955	9.50	9.50
116-117	30.560	3.549	9	3.396	8.610	4.33	4.33
117-118	21.478	3.652	7	3.068	5.881	15.99	15.99
118-119	38.920	3.704	12	3.243	10.509	12.43	12.43
119-120	26.922	3.652	7	3.846	7.371	-5.31	-5.31
120-121	33.670	3.652	9	3.741	9.219	-2.43	-2.43
121-122	21.563	3.549	6	3.594	6.075	-1.25	-1.25
122-123	21.894	3.549	6	3.649	6.168	-2.81	-2.81
123-124	26.406	3.549	7	3.772	7.440	-6.28	-6.28
124-125	27.323	3.498	9	3.036	7.811	13.21	13.21
125-126	35.890	3.498	11	3.263	10.261	6.72	6.72
126-127	24.506	3.395	7	3.501	7.218	-3.12	-3.12
127-128	21.710	3.395	7	3.101	6.395	8.65	8.65
128-129	27.092	3.395	9	3.010	7.980	11.33	11.33
129-130	25.678	3.395	8	3.210	7.563	5.46	5.46
130-131	30.602	3.395	9	3.400	9.014	-0.15	-0.15
131-132	24.749	3.344	8	3.094	7.402	7.48	7.48
132-133	27.121	3.344	8	3.390	8.111	-1.39	-1.39
133-134	21.165	3.344	7	3.024	6.330	9.57	9.57
134-135	26.895	3.344	8	3.362	8.044	-0.55	-0.55
135-136	26.404	3.241	9	2.934	8.148	9.47	9.47
136-137	22.854	3.241	7	3.265	7.052	-0.74	-0.74
137-138	35.934	3.138	12	2.994	11.452	4.57	4.57
138-139	23.320	3.138	8	2.915	7.432	7.10	7.10
139-140	21.041	3.138	6	3.507	6.705	-11.76	-11.76
140-141	34.997	3.138	11	3.182	11.153	-1.39	-1.39
141-142	24.546	3.138	8	3.068	7.823	2.22	2.22
142-143	29.058	3.138	10	2.906	9.260	7.40	7.40
143-144	42.783	3.138	14	3.056	13.635	2.61	2.61
144-145	32.071	3.086	10	3.207	10.391	-3.91	-3.91
145-146	24.738	3.035	8	3.092	8.151	-1.89	-1.89

Point	Jarak tiap waypoint (m)	kecepatan(m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan(m/s) (pengukuran)	Waktu (s) (pengukuran)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
146-147	20.603	3.035	6	3.434	6.789	-13.14	-13.14
147-148	35.263	3.035	12	2.939	11.619	3.17	3.17
148-149	56.923	3.035	18	3.162	18.756	-4.20	-4.20
149-150	47.298	3.035	15	3.153	15.585	-3.90	-3.90
150-151	21.893	3.035	7	3.128	7.213	-3.05	-3.05
151-152	42.782	3.035	14	3.056	14.096	-0.69	-0.69
152-153	37.469	3.035	12	3.122	12.346	-2.88	-2.88
153-154	25.203	3.035	8	3.150	8.304	-3.80	-3.80
154-155	26.373	2.881	9	2.930	9.155	-1.73	-1.73
155-156	30.384	2.881	10	3.038	10.548	-5.48	-5.48
156-157	39.783	2.726	16	2.486	14.592	8.80	8.80
157-158	31.922	2.726	12	2.660	11.709	2.43	2.43
158-159	28.092	2.726	10	2.809	10.304	-3.04	-3.04
159-160	19.273	2.675	7	2.753	7.205	-2.93	-2.93
160-161	27.563	2.315	12	2.297	11.907	0.77	0.77
161-162	18.230	2.315	8	2.279	7.876	1.56	1.56
162-163	19.010	2.315	8	2.376	8.212	-2.66	-2.66

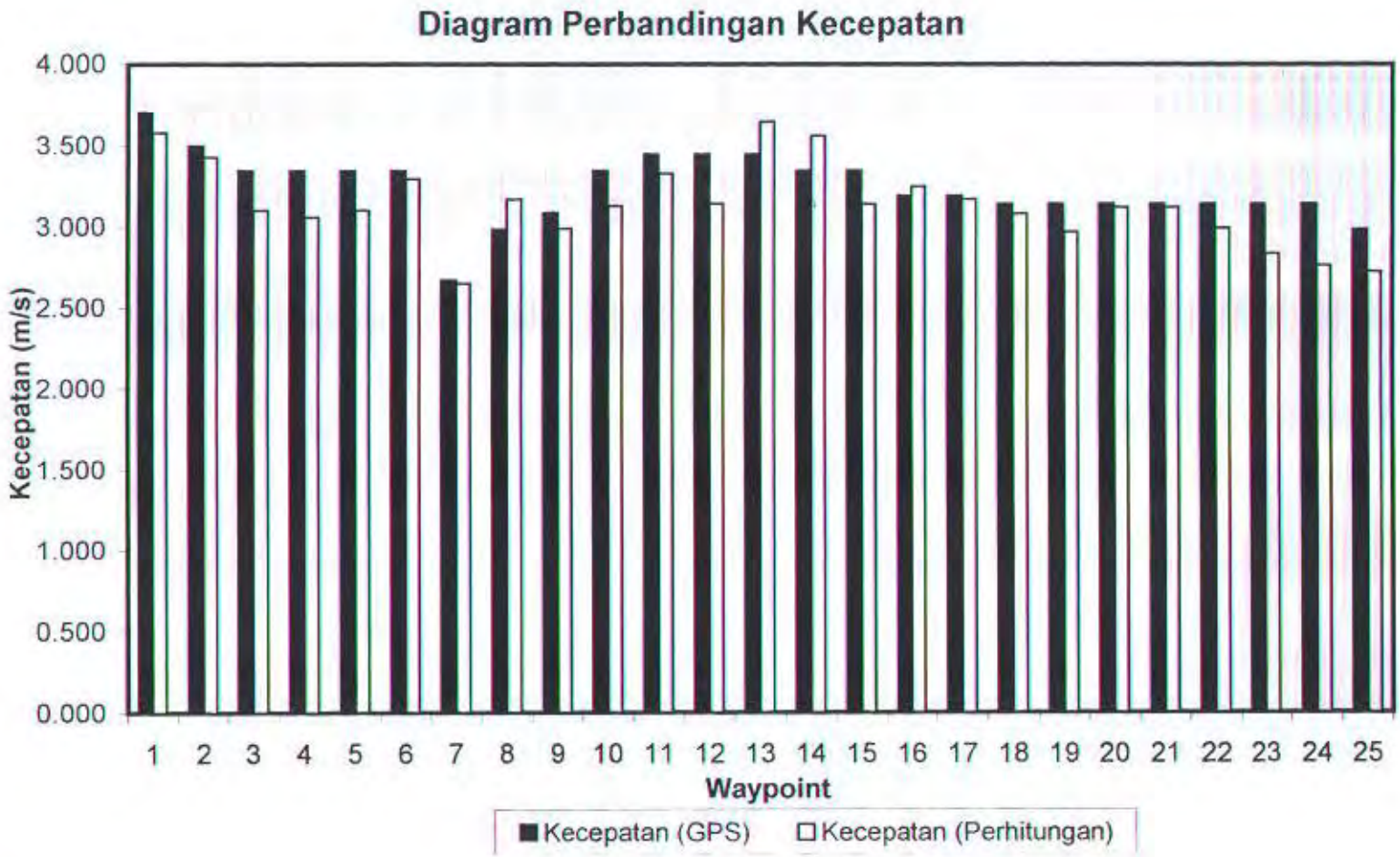
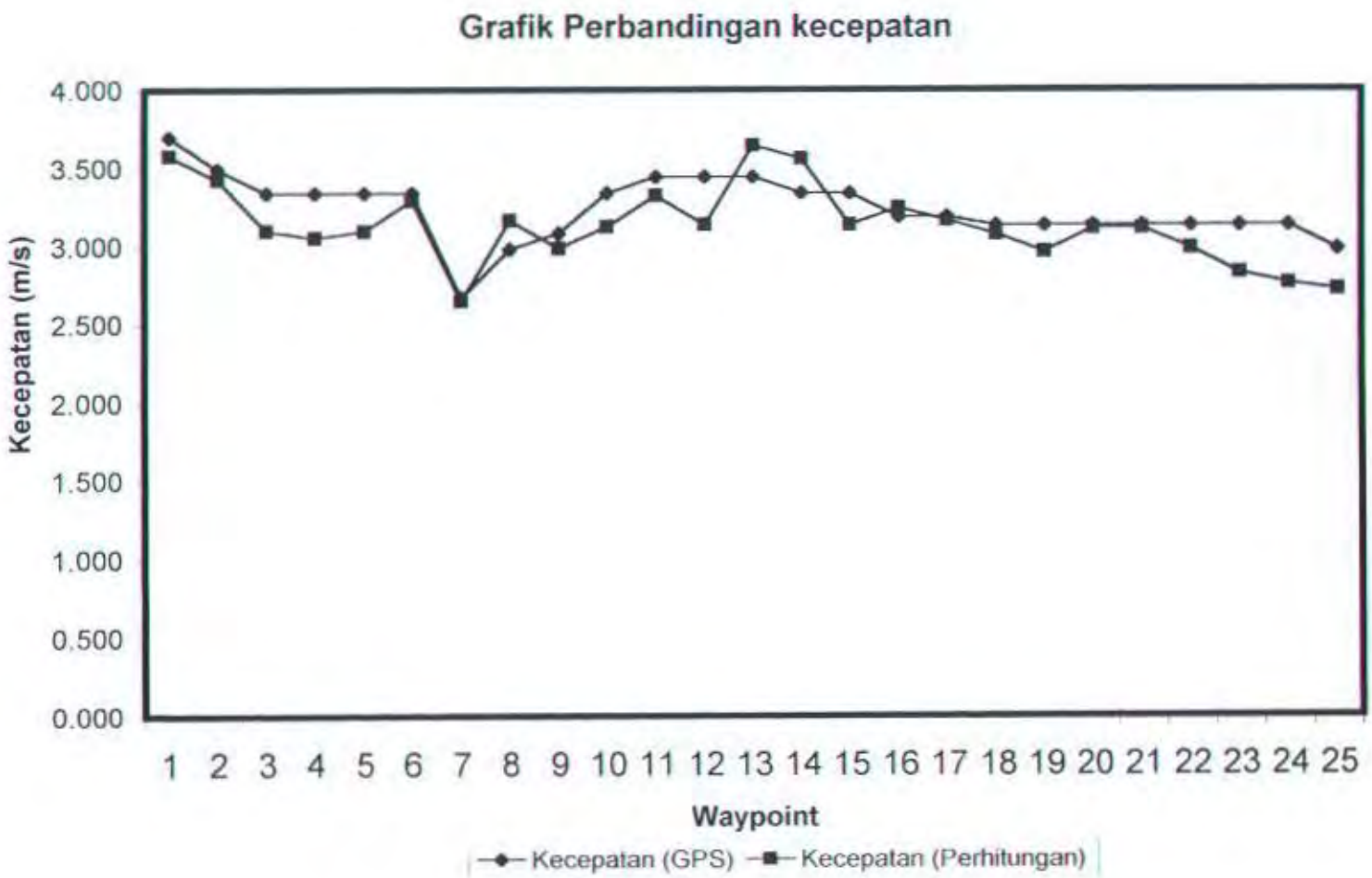
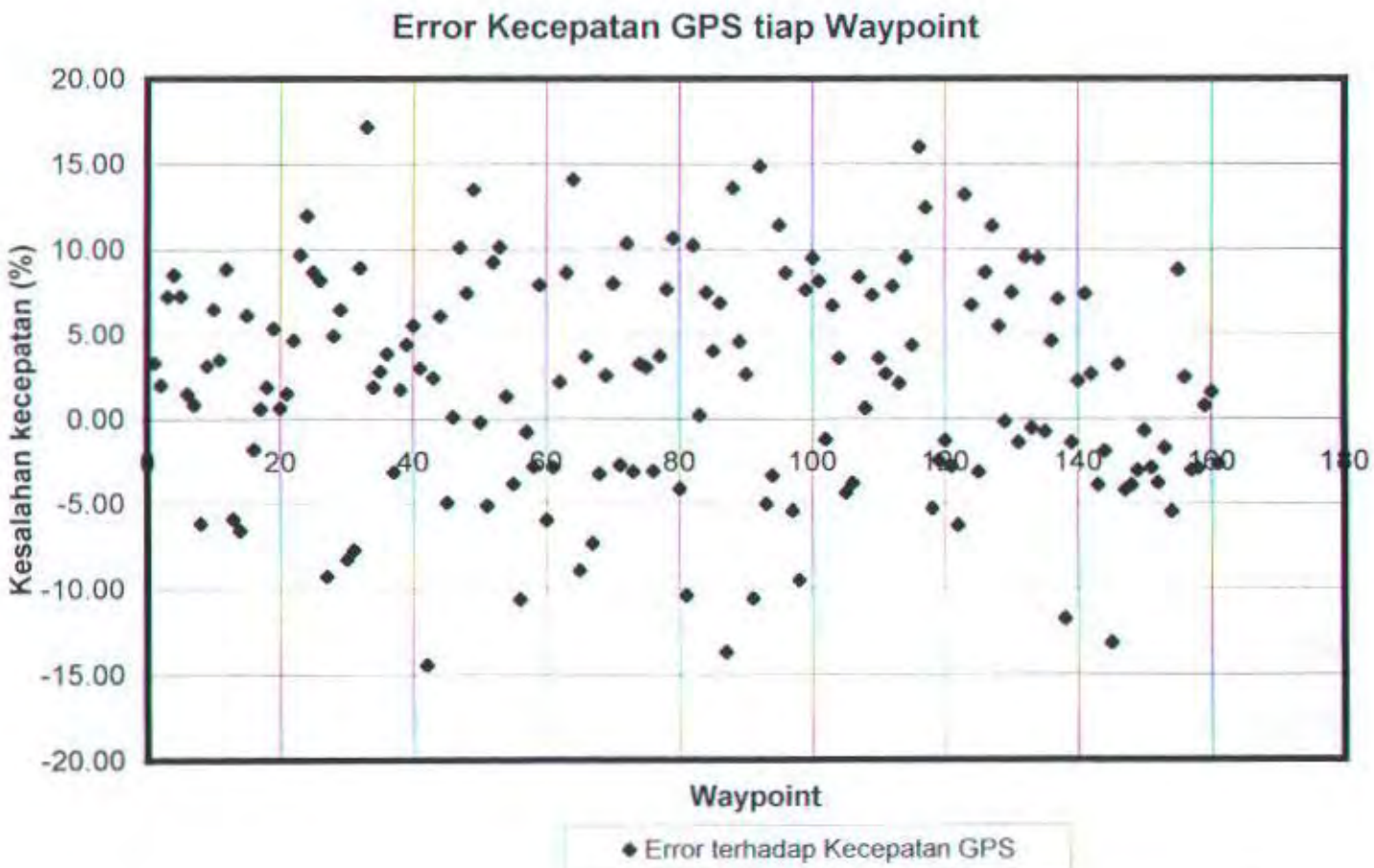


Diagram Perbandingan Kecepatan
4.000
3.500
3.000
2.500
2.000
1.500
1.000
0.500
0.000
Kecepatan (m/s)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Waypoint
Kecepatan (GPS)
Kecepatan (Perhitungan)

Gambar.18


Grafik Perbandingan kecepatan
Kecepatan (m/s)
4.000
3.500
3.000
2.500
2.000
1.500
1.000
0.500
0.000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Waypoint
Kecepatan (GPS)
Kecepatan (Perhitungan)

Gambar.19


Error Kecepatan GPS tiap Waypoint
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
-5.00
-10.00
-15.00
-20.00
Kesalahan kecepatan (%)
20
40
60
80
100
120
140
160
180
Waypoint
Error terhadap Kecepatan GPS

Gambar .21

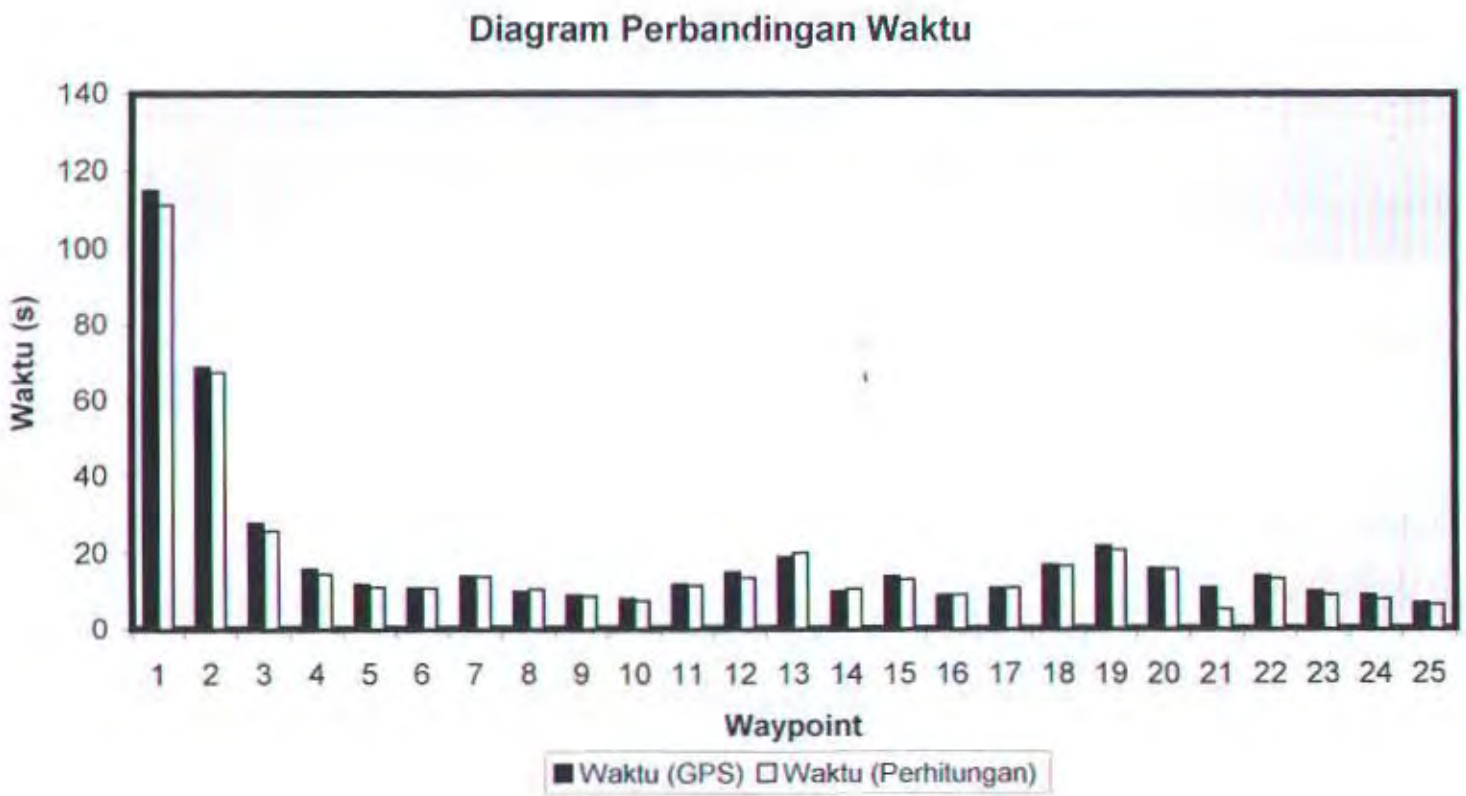


Diagram Perbandingan Waktu
Waktu (s)
140
120
100
80
60
40
20
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Waypoint
Waktu (GPS)
Waktu (Perhitungan)

Gambar.20

Tabel.12

DATA PENGAMATAN GPS-GARMIN 45

RUTE PELAYARAN KAMAL-UJUNG

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X (m)	Y (m)				
1	07 10' 32,8"	112 43' 18,2"	690121.846	9206462.533	19:02:25	0	2,5,7,13,26	5
2	07 10' 35,2"	112 43' 18,2"	690121.570	9206388.803	19:03:12	1.5	2,5,7,13,26	5
3	07 10' 35,4"	112 43' 18,2"	690121.546	9206382.658	19:03:28	1,7	2,5,8,13,26	5
4	07 10' 35,6"	112 43' 18,3"	690124.592	9206376.503	19:03:55	2,3	2,5,7,8,13,26	6
5	07 10' 39,2"	112 43' 19,9"	690173.269	9206265.722	19:04:27	2,8	2,5,7,8,20,13,26	7
6	07 10' 40,2"	112 43' 20,9"	690203.836	9206234.886	19:04:41	3,5	2,5,7,8,20,13,26	7
7	07 10' 40,9"	112 43' 21,6"	690225.233	9206213.300	19:04:57	4,7	2,5,7,8,20,13,26	7
8	07 10' 41,4"	112 43' 22,3"	690246.653	9206197.859	19:05:22	5,1	2,5,7,20,13,26	6
9	07 10' 41,9"	112 43' 22,9"	690265.005	9206182.429	19:05:40	6,4	2,5,7,20,13,26	6
10	07 10' 43,0"	112 43' 24,7"	690320.106	9206148.428	19:05:53	7,9	2,5,7,10,13,26	6
11	07 10' 43,6"	112 43' 25,7"	690350.719	9206129.880	19:06:02	7,9	2,7,8,10,13,26	6
12	07 10' 43,9"	112 43' 26,0"	690359.890	9206120.629	19:06:16	8,0	2,7,8,10,13,26	6
13	07 10' 46,8"	112 43' 30,1"	690485.353	9206031.065	19:06:27	8,3	2,7,8,10,13,26	6
14	07 10' 47,5"	112 43' 30,9"	690509.818	9206009.467	19:06:35	8,3	2,7,8,10,13,26	6
15	07 10' 47,8"	112 43' 31,2"	690518.988	9206000.216	19:06:44	8,8	2,7,10,13,26	5
16	07 10' 48,6"	112 43' 32,1"	690546.510	9205975.535	19:06:52	8,9	2,7,8,13,26	6
17	07 10' 49,0"	112 43' 32,8"	690567.941	9205963.166	19:07:03	9,0	2,5,7,13,26	5
18	07 10' 49,4"	112 43' 33,2"	690580.168	9205950.831	19:07:18	9,7	2,5,7,13,26	5
19	07 10' 49,8"	112 43' 33,9"	690601.599	9205938.462	19:07:30	9,7	2,5,7,10,13,26	6
20	07 10' 50,1"	112 43' 34,6"	690623.042	9205929.165	19:07:44	10,0	2,5,7,10,13,26	6
21	07 10' 51,7"	112 43' 40,8"	690813.088	9205879.294	19:07:53	9,8	2,5,7,10,13,26	6
22	07 10' 52,1"	112 43' 42,5"	690865.202	9205866.809	19:08:01	9,8	2,5,7,10,13,26	6
23	07 10' 52,3"	112 43' 43,1"	690883.588	9205860.595	19:08:15	9,9	2,5,7,10,13,26	6
24	07 10' 52,5"	112 43' 43,8"	690905.043	9205854.370	19:08:26	9,6	2,5,7,10,13,26	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time	Speed	No.Satelit	Jumlah
	South	East	X (m)	Y (m)	(WIB)	(knot)		satelit
25	07 10' 52,6"	112 43' 44,8"	690935.714	9205851.182	19:08:42	9,3	2,5,7,10,13,26	6
26	07 10' 52,7"	112 43' 45,2"	690947.975	9205848.063	19:08:34	8,7	2,5,7,10,13,26	6
27	07 10' 52,8"	112 43' 45,9"	690969.441	9205844.910	19:08:49	8,3	2,5,7,10,13,26	6
28	07 10' 52,9"	112 43' 46,2"	690978.635	9205841.803	19:09:05	8,5	2,5,7,10,13,26	6
29	07 10' 53,2"	112 43' 47,0"	691003.146	9205832.494	19:09:29	8,2	2,4,5,7,10,13,26	7
30	07 10' 53,4"	112 43' 47,3"	691012.327	9205826.315	19:09:41	8,1	2,4,5,7,10,13,26	7
31	07 10' 53,9"	112 43' 47,4"	691015.338	9205810.943	19:09:57	8,2	2,4,7,10,13,26	6
32	07 10' 57,7"	112 43' 49,6"	691082.398	9205693.947	19:10:12	8,0	2,4,5,7,10,13,26	7
33	07 10' 58,5"	112 43' 49,9"	691091.510	9205669.335	19:10:22	8,5	2,4,5,7,10,13,26	7
34	07 10' 59,2"	112 43' 50,2"	691100.633	9205647.796	19:10:31	8,5	2,4,5,7,10,13,26	7
35	07 10' 59,8"	112 43' 50,6"	691112.837	9205629.317	19:10:48	8,4	2,4,5,7,10,13,26	7
36	07 11' 0,07"	112 43' 51,1"	691128.073	9205601.609	19:10:56	8,5	2,4,5,7,10,13,26	7
37	07 11' 01,2"	112 43' 51,5"	691140.288	9205586.202	19:11:06	8,4	2,4,5,7,10,13,26	7
38	07 11' 01,7"	112 43' 51,7"	691146.367	9205570.819	19:11:14	8,4	2,4,5,7,10,13,26	7
39	07 11' 02,1"	112 43' 52,1"	691158.593	9205558.484	19:11:26	8,4	2,4,5,7,10,13,26	7
40	07 11' 03,1"	112 43' 52,7"	691176.886	9205527.693	19:11:42	8,2	2,4,5,7,10,13,26	7
41	07 11' 03,8"	112 43' 53,2"	691192.146	9205506.130	19:11:56	8,0	2,4,5,7,10,13,26	7
42	07 11' 04,4"	112 43' 53,7"	691207.418	9205487.639	19:12:05	8,1	2,4,7,8,10,13,26	7
43	07 11' 04,7"	112 43' 54,1'	691219.656	9205478.376	19:12:25	8,1	2,4,7,8,10,13,26	7
44	07 11' 05,1"	112 43' 54,5'	168631.259	9204741.832	19:12:47	8,1	2,4,7,8,10,13,26	7
45	07 11' 05,5"	112 43' 54,9"	691244.109	9205453.706	19:13:00	8,2	2,4,7,8,10,13,26	7
46	07 11' 05,7"	112 43' 55,1"	691250.222	9205447.539	19:13:10	8,4	2,4,7,8,10,13,26	7
47	07 11' 06,1"	112 43' 55,5"	691262.448	9205435.204	19:13:21	8,6	2,4,7,8,10,13,26	7
48	07 11' 06,4"	112 43' 55,8"	691271.618	9205425.953	19:13:36	8,6	2,4,7,8,10,13,26	7
49	07 11' 07,0"	112 43' 56,3"	691286.890	9205407.462	19:13:57	8,6	2,4,7,8,10,13,26	7
50	07 11' 12,0"	112 44' 00,1"	691402.901	9205253.414	19:14:08	8,5	2,4,7,8,10,13,26	7
51	07 11' 12,5"	112 44' 00,5"	691415.115	9205238.007	19:14:28	8,6	2,4,7,10,13,26	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time	Speed	No.Satelit	Jumlah
	South	East	X (m)	Y (m)	(WIB)	(knot)		satelit
52	07 11' 13,2"	112 44' 01,0"	691430.375	9205216.444	19:14:37	8,7	2,4,7,10,13,26	6
53	07 11' 13,7"	112 44' 01,3"	691439.522	9205201.049	19:14:51	8,6	2,4,7,10,13,26	6
54	07 11' 14,1"	112 44' 01,7"	168633.074	9204465.094	19:15:00	8,6	2,4,7,10,13,26	6
55	07 11' 15,0"	112 44' 02,3"	691470.052	9205160.995	19:15:08	8,7	2,4,7,10,13,26	6
56	07 11' 15,9"	112 44' 02,9"	691488.357	9205133.276	19:15:17	8,9	2,4,7,10,13,26	6
57	07 11' 16,6"	112 44' 03,0"	691491.344	9205111.759	19:15:23	8,8	2,4,7,10,13,26	6
58	07 11' 16,8"	112 44' 03,0"	691491.320	9205105.615	19:15:33	8,8	2,4,7,10,13,26	6
59	07 11' 17,3"	112 44' 03,4"	691503.535	9205090.208	19:15:46	8,8	2,4,7,8,10,13,26	7
60	07 11' 17,8"	112 44' 03,8"	691515.750	9205074.801	19:15:55	8,8	2,4,7,8,10,13,26	7
61	07 11' 18,0"	112 44' 03,9"	691518.795	9205068.645	19:16:13	8,8	2,4,7,8,10,13,26	7
62	07 11' 18,4"	112 44' 04,1"	691524.885	9205056.333	19:16:24	8,9	4,7,8,10,13,26	6
63	07 11' 19,7"	112 44' 04,7"	691543.142	9205016.325	19:16:33	8,8	4,7,8,10,13,26	6
64	07 11' 19,9"	112 44' 04,8"	691546.187	9205010.169	19:15:45	8,8	4,7,8,10,13,26	6
65	07 11' 20,3"	112 44' 05,1"	168634.324	9204274.452	19:16:56	9,0	4,7,8,10,13,26	6
66	07 11' 20,9"	112 44' 05,2"	691558.344	9204979.402	19:16:11	9,2	4,5,7,8,10,13,26	7
67	07 11' 21,6"	112 44' 05,5"	691567.467	9204957.862	19:16:31	9,3	4,5,7,8,10,13,26	7
68	07 11' 25,5"	112 44' 06,8"	691606.899	9204837.897	19:16:49	9,3	4,5,7,8,10,13,26	7
69	07 11' 26,0"	112 44' 06,9"	691609.909	9204822.525	19:17:01	9,2	4,5,7,8,10,13,26	7
70	07 11' 26,4"	112 44' 07,0"	691612.931	9204810.225	19:17:22	9,2	4,5,7,8,10,13,26	7
71	07 11' 27,1"	112 44' 07,1"	691615.917	9204788.708	19:17:35	9,2	4,5,7,8,10,13,26	7
72	07 11' 28,6"	112 44' 07,1"	691615.743	9204742.626	19:17:45	9,0	4,5,7,8,10,13,26	7
73	07 11' 29,0"	112 44' 07,1"	691615.696	9204730.338	19:17:56	9,0	4,5,7,8,10,13,26	7
74	07 11' 29,3"	112 44' 07,1"	691615.661	9204721.121	19:18:12	9,1	4,5,7,8,10,13,26	7
75	07 11' 29,7"	112 44' 07,1"	691615.614	9204708.833	19:18:25	8,9	4,5,7,8,10,13,26	7
76	07 11' 30,2"	112 44' 07,1"	691615.556	9204693.472	19:18:35	8,8	4,5,7,8,10,13,26	7
77	07 11' 30,5"	112 44' 07,1"	691615.521	9204684.256	19:18:44	8,8	4,5,7,8,10,13,26	7
78	07 11' 30,7"	112 44' 07,1"	691615.498	9204678.111	19:18:53	8,8	4,5,7,8,10,13,26	7
79	07 11' 31,0"	112 44' 07,1"	691615.463	9204668.895	19:19:05	8,7	4,5,7,8,10,13,26	7

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time (WIB)	Speed (knot)	No.Satelit	Jumlah satelit
	South	East	X (m)	Y (m)				
80	07 11' 31,5"	112 44' 07,1"	691615.405	9204653.534	19:19:17	8,7	4,5,7,8,10,13,26	7
81	07 11' 31,9"	112 44' 07,1"	691615.358	9204641.246	19:19:33	8,4	4,5,7,8,10,13,26	7
82	07 11' 32,2"	112 44' 07,1"	691615.323	9204632.029	19:19:55	7,8	4,5,7,8,10,13,26	7
83	07 11' 32,5"	112 44' 07,1"	691615.288	9204622.813	19:20:06	7,5	4,5,7,8,10,13,26	7
84	07 11' 32,8"	112 44' 07,1"	691615.253	9204613.596	19:20:16	7,5	4,5,7,8,10,13,26	7
85	07 11' 33,4"	112 44' 07,1"	691615.183	9204595.164	19:20:32	7,2	2,4,5,7,8,10,26	7
86	07 11' 33,8"	112 44' 07,1"	691615.137	9204582.875	19:20:53	7,0	2,4,5,7,8,10,19,26	8
87	07 11' 34,6"	112 44' 07,2"	691618.112	9204558.286	19:21:07	6,8	2,4,5,7,8,10,19,26	8
88	07 11' 37,8"	112 44' 07,3"	691620.807	9204459.966	19:21:25	6,8	2,4,5,7,8,10,19,26	8
89	07 11' 38,0"	112 44' 07,3"	691620.783	9204453.822	19:21:46	7,0	2,4,5,7,8,10,19,26	8
90	07 11' 38,3"	112 44' 07,3"	691620.749	9204444.606	19:21:55	7,2	2,4,5,7,8,10,19,26	8
91	07 11' 38,8"	112 44' 07,3"	691620.690	9204429.245	19:22:06	7,2	2,4,5,7,8,10,19,26	8
92	07 11' 39,5"	112 44' 07,3"	691620.609	9204407.740	19:22:25	7,2	2,4,5,8,10,19,26	7
93	07 11' 39,8"	112 44' 07,3"	691620.574	9204398.524	19:22:40	7,4	2,4,5,8,10,19,26	7
94	07 11' 40,3"	112 44' 07,4"	691623.584	9204383.151	19:22:57	7,3	2,4,5,10,19,26	6
95	07 11' 40,8"	112 44' 07,2"	691617.389	9204367.814	19:23:05	7,3	2,4,5,8,10,19,26	7
96	07 11' 41,3"	112 44' 07,1"	691614.262	9204352.465	19:23:16	7,3	2,4,8,10,19,26	6
97	07 11' 42,5"	112 44' 06,9"	691607.986	9204315.622	19:23:25	6,9	2,4,8,10,19,26	6
98	07 11' 43,2"	112 44' 06,9"	691607.905	9204294.117	19:23:33	6,5	2,4,8,10,19,26	6
99	07 11' 43,5"	112 44' 06,9"	691607.870	9204284.901	19:23:42	6,0	2,4,8,10,19,26	6
100	07 11' 43,7"	112 44' 06,9"	691607.846	9204278.757	19:24:02	5,8	2,4,8,10,19,26	6
101	07 11' 43,7"	112 44' 06,9"	691607.846	9204278.757	19:24:26	5,3	2,4,8,10,19,26	6
102	07 11' 43,9"	112 44' 06,9"	691607.823	9204272.612	19:24:44	4,9	2,4,8,10,19,26	6
103	07 11' 44,0"	112 44' 06,8"	691604.743	9204269.552	19:25:06	4,7	2,4,8,10,19,26	6
104	07 11' 44,1"	112 44' 06,8"	168639.126	9203542.632	19:25:32	4,2	4,5,8,10,13,26	6
105	07 11' 44,2"	112 44' 06,8"	691604.720	9204263.408	19:25:44	4,2	4,5,8,10,13,26	6
106	07 11' 44,4"	112 44' 06,8"	691604.697	9204257.263	19:26:04	3,9	5,7,8,10,13,26	6
107	07 11' 46,3"	112 44' 06,1"	691582.998	9204198.974	19:26:22	4,0	5,7,8,10,13,26	6

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time	Speed	No.Satelit	Jumlah
	South	East	X (m)	Y (m)	(WIB)	(knot)		satelit
108	07 11' 46,4"	112 44' 06,0"	691579.918	9204195.914	19:26:33	4,1	5,7,8,10,13,26	6
109	07 11' 46,6"	112 44' 06,0"	691579.895	9204189.770	19:26:43	4,0	5,7,8,10,13,26	6
110	07 11' 47,0"	112 44' 06,0"	691579.848	9204177.481	19:27:01	3,9	5,7,8,10,13,26	6
111	07 11' 47,1"	112 44' 06,0"	691579.837	9204174.409	19:27:17	3,9	5,7,8,10,13,26	6
112	07 11' 47,3"	112 44' 06,0"	691579.813	9204168.265	19:27:32	3,9	5,7,8,10,13,26	6
113	07 11' 47,4"	112 44' 06,0"	691579.802	9204165.193	19:27:42	3,7	5,7,8,10,13,26	6
114	07 11' 47,6"	112 44' 06,0"	691579.778	9204159.048	19:27:51	3,8	5,7,8,10,13,26	6
115	07 11' 47,8"	112 44' 06,0"	691579.755	9204152.904	19:28:00	3,8	5,7,8,10,13,26	6
116	07 11' 47,9"	112 44' 06,0"	691579.743	9204149.832	19:28:12	3,7	5,7,8,10,13,26	6
117	07 11' 48,0"	112 44' 06,0"	691579.732	9204146.760	19:28:38	3,8	5,7,8,10,13,26	6
118	07 11' 48,1"	112 44' 06,0"	691579.720	9204143.688	19:28:47	3,8	5,7,8,10,13,26	6
119	07 11' 48,4"	112 44' 06,1"	691582.753	9204134.459	19:28:54	4,1	5,7,8,10,13,26	6
120	07 11' 48,6"	112 44' 06,2"	691585.798	9204128.304	19:29:07	4,0	5,7,8,10,13,26	6
121	07 11' 48,7"	112 44' 06,2"	691585.786	9204125.231	19:29:16	4,0	5,7,8,10,13,26	6
122	07 11' 48,7"	112 44' 06,2"	691585.786	9204125.231	19:29:27	3,9	5,7,8,10,13,26	6
123	07 11' 48,7"	112 44' 06,2"	691585.786	9204125.231	19:29:37	3,6	5,7,10,13,26	5
124	07 11' 48,7"	112 44' 06,2"	691585.786	9204125.231	19:29:46	3,5	5,7,10,13,26	5
125	07 11' 48,8"	112 44' 06,3"	691588.843	9204122.148	19:29:56	3,3	5,7,10,13,26	5
126	07 11' 48,9"	112 44' 06,4"	691591.899	9204119.064	19:30:11	3,2	5,7,10,13,26	5
127	07 11' 50,2"	112 44' 07,4"	691622.429	9204079.010	19:30:23	3,2	5,7,10,13,26	5
128	07 11' 50,3"	112 44' 07,5"	691625.486	9204075.926	19:30:39	3,2	5,7,10,13,26	5
129	07 11' 50,4"	112 44' 07,5"	691625.474	9204072.854	19:30:48	3,2	5,7,10,13,26	5
130	07 11' 50,6"	112 44' 07,7"	691631.587	9204066.686	19:30:59	3,3	5,7,10,13,26	5
131	07 11' 51,0"	112 44' 07,8"	691634.609	9204054.374	19:31:08	3,3	5,7,10,13,26	5
132	07 11' 51,0"	112 44' 07,9"	691637.677	9204054.374	19:31:24	3,5	5,7,10,13,26	5
133	07 11' 51,1"	112 44' 08,0"	691640.733	9204051.291	19:31:33	3,6	5,7,10,13,26	5
134	07 11' 51,2"	112 44' 08,1"	691643.790	9204048.207	19:31:45	3,5	5,7,10,13,26	5
135	07 11' 51,3"	112 44' 08,2"	691646.462	9204045.123	19:31:53	3,5	5,7,10,13,26	5

No	Koordinat geodetic		Koordinat Proyeksi (UTM)		Time	Speed	No.Satelit	Jumlah
	South	East	X (m)	Y (m)	(WIB)	(knot)		satelit
136	07 11' 51,3"	112 44' 08,4"	691652.983	9204045.100	19:32:07	3,5	5,7,10,13,26	5
137	07 11' 51,5"	112 44' 08,4"	691652.959	9204038.955	19:32:18	3,5	5,7,10,13,26	5
138	07 11' 51,7"	112 44' 08,4"	691652.936	9204032.811	19:32:31	3,5	5,7,10,13,26	5
139	07 11' 51,9"	112 44' 08,6"	691659.049	9204026.644	19:32:41	3,2	5,7,10,13,26	5
140	07 11' 52,0"	112 44' 08,7"	691662.105	9204023.560	19:32:56	3,2	5,7,10,13,26	5
141	07 11' 52,1"	112 44' 08,7"	691662.094	9204020.488	19:33:05	3,2	5,7,10,13,26	5
142	07 11' 52,4"	112 44' 08,6"	691658.990	9204011.283	19:33:16	3,2	5,7,10,13,26	5
143	07 11' 52,9"	112 44' 08,6"	691658.932	9203995.922	19:33:33	3,2	5,7,10,13,26	5
144	07 11' 53,0"	112 44' 08,6"	691658.921	9203992.850	19:33:47	3,2	5,7,10,13,26	5
145	07 11' 53,1"	112 44' 08,5"	691655.841	9203989.790	19:33:59	3,2	5,7,10,13,26	5
146	07 11' 53,2"	112 44' 08,5"	691655.829	9203986.717	19:34:08	3,1	5,7,10,13,26	5
147	07 11' 53,4"	112 44' 08,5"	691655.806	9203980.573	19:34:28	3,0	5,7,10,13,26	5
148	07 11' 53,5"	112 44' 08,5"	691655.794	9203977.501	19:34:38	3,0	5,7,10,13,26	5
149	07 11' 53,6"	112 44' 08,5"	691655.782	9203974.429	19:34:46	3,0	5,7,10,13,26	5
150	07 11' 53,8"	112 44' 08,5"	691655.759	9203968.285	19:34:56	2,9	5,7,10,13,26	5
151	07 11' 53,8"	112 44' 08,4"	691652.691	9203968.296	19:35:08	2,9	5,7,10,13,26	5
152	07 11' 54,0"	112 44' 08,4"	691652.668	9203962.152	19:35:15	2,8	5,7,10,13,26	5
153	07 11' 54,9"	112 44' 08,2"	691646.426	9203934.260	19:35:25	2,6	5,7,10,13,26	5
154	07 11' 55,0"	112 44' 08,2"	691646.415	9203931.454	19:35:31	2,5	5,7,10,13,26	5
155	07 11' 55,2"	112 44' 08,1"	691643.323	9203925.321	19:35:40	2,0	5,7,10,13,26	5
156	07 11' 55,2"	112 44' 08,1"	691643.323	9203925.321	19:35:48	1,5	5,7,10,13,26	5
157	07 11' 55,2"	112 44' 08,1"	691643.323	9203925.321	19:35:54	1,5	5,7,10,13,26	5
158	07 11' 55,2"	112 44' 08,1"	691643.323	9203925.321	19:36:03	1,3	5,7,10,13,26	5
159	07 11' 55,2"	112 44' 08,1"	691643.323	9203925.321	19:36:11	0,9	5,7,10,13,26	5
160	07 11' 55,2"	112 44' 08,0"	691643.323	9203922.261	19:36:18	0,3	5,7,10,13,26	5
161	07 11' 55,3"	112 44' 08,0"	691640.243	9203922.261	19:36:24	0,3	5,7,10,13,26	5
162	07 11' 55,3"	112 44' 08,0"	691640.243	9203922.261	19:36:32	0	5,7,10,13,26	5

Perhitungan Error Terhadap Kecepatan dan Waktu dari GPS-GARMIN 45

Rute Pelayaran: Kamal - Ujung

Metode Pengamatan : Pseudorange

Tabel 13

Point	Jarak tiap Point (GPS)	kecepatan(m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan(m/s) (Perhitungan)	Waktu (s) (Perhitungan)	Error Kecepatan(%)	Error waktu (%)
1-2	33.5449	0.772	47	0.7137	43.475	7.50	7.50
2-3	13.2834	0.874	16	0.8302	15.190	5.06	5.06
3-4	29.2033	1.183	27	1.0816	24.683	8.58	8.58
4-5	43.4193	1.440	32	1.3569	30.146	5.79	5.79
5-6	26.9203	1.800	14	1.9229	14.952	-6.80	-6.80
6-7	31.2351	2.418	16	1.9522	12.919	19.25	19.25
7-8	56.7823	2.623	25	2.2713	21.644	13.42	13.42
8-9	64.7475	3.292	18	3.5971	19.667	-9.26	-9.26
9-10	54.8743	4.064	13	4.2211	13.503	-3.87	-3.87
10-11	34.0933	4.064	9	3.7881	8.390	6.78	6.78
11-12	46.8334	4.115	14	3.3452	11.381	18.71	18.71
12-13	43.2900	4.270	11	3.9355	10.139	7.82	7.82
13-14	31.9092	4.270	8	3.9887	7.474	6.58	6.58
14-15	36.9674	4.527	9	4.1075	8.166	9.26	9.26
15-16	35.2990	4.578	8	4.4124	7.710	3.62	3.62
16-17	46.2909	4.630	11	4.2083	9.999	9.10	9.10
17-18	73.8933	4.990	15	4.9262	14.809	1.27	1.27
18-19	53.9094	4.990	12	4.4925	10.804	9.97	9.97
19-20	70.3894	5.144	14	5.0278	13.684	2.26	2.26
20-21	53.5886	5.041	9	5.9543	10.630	-18.11	-18.11
21-22	41.7804	5.041	8	5.2226	8.288	-3.60	-3.60
22-23	58.9454	5.093	14	4.2104	11.575	17.32	17.32
23-24	53.9893	4.938	11	4.9081	10.933	0.61	0.61
24-25	12.6518	4.784	16	4.3399	14.515	9.28	9.28

Point	Jarak tiap Point (GPS)	Kecepatan (m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan (m/s) (Perhitungan)	Waktu (s) (Perhitungan)	Error Kecepatan(%)	Error waktu (%)
25-26	37.3983	4.475	9	4.155	8.357	7.15	7.15
26-27	61.9026	4.270	15	4.127	14.499	3.34	3.34
27-28	63.5909	4.372	16	3.974	14.544	9.10	9.10
28-29	59.3563	4.218	14	4.240	14.072	-0.51	-0.51
30-31	47.9033	4.167	12	3.992	11.497	4.19	4.19
31-32	63.9833	4.218	16	3.999	15.169	5.19	5.19
32-33	66.7398	4.115	15	4.449	16.218	-8.12	-8.12
33-34	46.7834	4.372	10	4.678	10.700	-7.00	-7.00
34-35	35.9732	4.372	9	3.997	8.227	8.59	8.59
35-36	69.8906	4.321	17	4.111	16.175	4.85	4.85
36-37	31.9706	4.372	8	3.996	7.312	8.60	8.60
37-38	37.1023	4.321	9	4.122	8.587	4.59	4.59
38-39	28.9503	4.321	8	3.619	6.700	16.25	16.25
39-40	46.9232	4.321	12	3.910	10.859	9.50	9.50
40-41	65.9890	4.218	16	4.124	15.644	2.22	2.22
41-42	51.0800	4.115	14	3.649	12.413	11.34	11.34
42-43	35.5603	4.167	9	3.951	8.535	5.17	5.17
43-44	81.4490	4.167	20	4.072	19.548	2.26	2.26
44-45	84.0403	4.167	22	3.820	20.170	8.32	8.32
45-46	53.1504	4.218	13	4.088	12.601	3.07	3.07
46-47	40.4533	4.321	10	4.045	9.362	6.38	6.38
47-48	52.0455	4.424	11	4.731	11.765	-6.95	-6.95
48-49	69.7657	4.424	15	4.651	15.770	-5.14	-5.14
49-50	92.0605	4.424	21	4.384	20.810	0.90	0.90
50-51	47.3021	4.372	11	4.300	10.818	1.65	1.65
51-52	41.0560	4.424	10	4.106	9.281	7.19	7.19
52-53	36.9898	4.475	9	4.110	8.265	8.16	8.16
53-54	55.5402	4.424	14	3.967	12.555	10.32	10.32

Point	Jarak tiap Point (GPS)	Kecepatan (m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan (m/s) (Perhitungan)	Waktu (s) (Perhitungan)	Error Kecepatan(%)	Error waktu (%)
54-55	37.2633	4.424	9	4.140	8.423	6.41	6.41
55-56	33.2174	4.475	8	4.152	7.422	7.22	7.22
56-57	41.9028	4.578	9	4.656	9.153	-1.70	-1.70
57-58	21.9893	4.527	6	3.665	4.858	19.04	19.04
58-59	42.9023	4.527	10	4.290	9.478	5.22	5.22
59-60	49.6550	4.527	13	3.820	10.969	15.62	15.62
60-61	42.2090	4.527	9	4.690	9.324	-3.60	-3.60
61-62	76.9334	4.527	18	4.274	16.995	5.58	5.58
62-63	43.9767	4.578	11	3.998	9.606	12.67	12.67
63-64	37.0400	4.527	9	4.116	8.183	9.08	9.08
64-65	52.3430	4.527	12	4.362	11.563	3.64	3.64
65-66	50.4942	4.630	11	4.590	10.907	0.85	0.85
66-67	62.9200	4.732	15	4.195	13.295	11.36	11.36
67-68	79.5645	4.784	20	3.978	16.632	16.84	16.84
68-69	82.8440	4.784	18	4.602	17.317	3.79	3.79
69-70	47.3767	4.732	12	3.948	10.011	16.58	16.58
70-71	45.9551	4.732	11	4.178	9.711	11.72	11.72
71-72	54.2021	4.732	13	4.169	11.453	11.90	11.90
72-73	47.9334	4.630	10	4.793	10.354	-3.54	-3.54
73-74	51.0113	4.630	11	4.637	11.019	-0.17	-0.17
74-75	64.3203	4.681	16	4.020	13.741	14.12	14.12
75-76	50.3530	4.578	13	3.873	10.999	15.40	15.40
76-77	44.9833	4.527	10	4.498	9.937	0.63	0.63
77-78	38.4510	4.527	9	4.272	8.494	5.62	5.62
78-79	35.9307	4.527	9	3.992	7.937	11.81	11.81
79-80	49.4510	4.475	12	4.121	11.050	7.92	7.92
80-81	58.3770	4.475	12	4.865	13.044	-8.70	-8.70
81-82	58.3992	4.321	16	3.650	13.515	15.53	15.53

Point	Jarak tiap Point (GPS)	Kecepatan (m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan (m/s) (Perhitungan)	Waktu (s) (Perhitungan)	Error Kecepatan(%)	Error waktu (%)
82-83	85.6733	4.012	22	3.894	21.353	2.94	2.94
83-84	39.5617	3.858	11	3.597	10.254	6.78	6.78
84-85	35.4713	3.858	10	3.547	9.194	8.06	8.06
85-86	58.3949	3.704	16	3.650	15.767	1.46	1.46
86-87	76.2034	3.601	21	3.629	21.163	-0.78	-0.78
87-88	43.9829	3.498	14	3.142	12.574	10.19	10.19
88-89	62.1514	3.498	18	3.453	17.768	1.29	1.29
89-90	89.0579	3.601	21	4.241	24.733	-17.78	-17.78
90-91	28.9276	3.704	9	3.214	7.811	13.22	13.22
91-92	42.7827	3.704	11	3.889	11.551	-5.01	-5.01
92-93	62.5653	3.704	19	3.293	16.893	11.09	11.09
93-94	62.7639	3.807	15	4.184	16.488	-9.92	-9.92
94-95	62.4747	3.755	17	3.675	16.637	2.13	2.13
95-96	34.8792	3.755	8	4.360	9.288	-16.11	-16.11
96-97	37.3731	3.755	11	3.398	9.953	9.52	9.52
97-98	32.7820	3.549	9	3.642	9.236	-2.62	-2.62
98-99	28.3821	3.344	8	3.548	8.488	-6.11	-6.11
99-100	25.3281	3.086	9	2.814	8.206	8.82	8.82
100-101	57.9271	2.984	20	2.896	19.416	2.92	2.92
101-102	68.7613	2.726	24	2.865	25.221	-5.09	-5.09
102-103	51.8920	2.521	18	2.883	20.588	-14.38	-14.38
103-104	24.9868	2.418	10	2.499	10.335	-3.35	-3.35
104-105	19.7101	2.160	9	2.190	9.123	-1.37	-1.37
105-106	26.4058	2.160	12	2.200	12.222	-1.85	-1.85
106-107	16.9729	2.006	8	2.122	8.460	-5.75	-5.75
107-108	18.7721	2.058	10	1.877	9.123	8.77	8.77
108-109	23.7875	2.109	11	2.163	11.279	-2.53	-2.53
109-110	18.6711	2.058	10	1.867	9.074	9.26	9.26

Point	Jarak tiap Point (GPS)	Kecepatan (m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan (m/s) (Perhitungan)	Waktu (s) (Perhitungan)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
110-111	23.8210	2.006	11	2.166	11.874	-7.94	-7.94
111-112	17.4587	2.006	9	1.940	8.703	3.31	3.31
112-113	25.5837	2.006	12	2.132	12.753	-6.27	-6.27
113-114	17.6786	1.903	10	1.768	9.288	7.12	7.12
114-115	15.9384	1.955	9	1.771	8.154	9.40	9.40
115-116	16.4593	1.955	9	1.829	8.420	6.44	6.44
116-117	21.3879	1.903	12	1.782	11.237	6.36	6.36
117-118	28.5785	1.955	16	1.786	14.620	8.62	8.62
118-119	17.9028	1.955	9	1.989	9.159	-1.76	-1.76
119-120	13.5103	2.109	7	1.930	6.406	8.49	8.49
120-121	24.3904	2.058	13	1.876	11.854	8.82	8.82
121-122	19.9030	2.058	9	2.211	9.673	-7.48	-7.48
122-123	23.3894	2.006	11	2.126	11.659	-5.99	-5.99
123-124	19.3069	1.852	10	1.931	10.426	-4.26	-4.26
124-125	17.8781	1.800	9	1.986	9.930	-10.33	-10.33
125-126	17.5890	1.698	10	1.759	10.362	-3.62	-3.62
126-127	26.8901	1.646	15	1.793	16.336	-8.91	-8.91
127-128	21.8016	1.646	12	1.817	13.245	-10.37	-10.37
128-129	25.1656	1.646	16	1.573	15.288	4.45	4.45
129-130	16.2019	1.646	9	1.800	9.843	-9.36	-9.36
130-131	17.5619	1.698	11	1.597	10.346	5.95	5.95
131-132	16.0343	1.698	9	1.782	9.446	-4.95	-4.95
132-133	26.5611	1.800	16	1.660	14.753	7.79	7.79
133-134	17.1017	1.852	9	1.900	9.235	-2.61	-2.61
134-135	19.3653	1.800	12	1.614	10.756	10.37	10.37
135-136	14.6109	1.800	8	1.826	8.115	-1.44	-1.44
136-137	26.3734	1.800	14	1.884	14.649	-4.63	-4.63
137-138	20.1785	1.800	11	1.834	11.208	-1.89	-1.89

Point	Jarak tiap Point (GPS)	Kecepatan (m/s) (GPS)	Waktu (s) (GPS)	Kecepatan (m/s) (Perhitungan)	Waktu (s) (Perhitungan)	Error Kecepatan (%)	Error waktu (%)
138-139	25.2439	1.800	13	1.942	14.021	-7.86	-7.86
139-140	14.9037	1.646	10	1.490	9.054	9.46	9.46
140-141	27.0678	1.646	16	1.692	16.444	-2.77	-2.77
141-142	13.9839	1.646	9	1.554	8.495	5.61	5.61
142-143	17.3655	1.646	11	1.579	10.550	4.09	4.09
143-144	29.9049	1.646	17	1.759	18.167	-6.87	-6.87
144-145	25.3939	1.646	14	1.814	15.427	-10.19	-10.19
145-146	21.6735	1.646	12	1.806	13.167	-9.72	-9.72
146-147	13.8477	1.595	9	1.539	8.684	3.51	3.51
147-148	18.5466	1.543	11	1.686	12.018	-9.26	-9.26
148-149	14.5203	1.543	10	1.452	9.409	5.91	5.91
149-150	12.3892	1.543	8	1.549	8.028	-0.35	-0.35
150-151	16.1056	1.492	10	1.611	10.796	-7.96	-7.96
151-152	18.9830	1.492	12	1.582	12.725	-6.04	-6.04
152-153	28.5817	1.440	17	1.681	19.844	-16.73	-16.73
153-154	12.8195	1.337	10	1.282	9.585	4.15	2.33

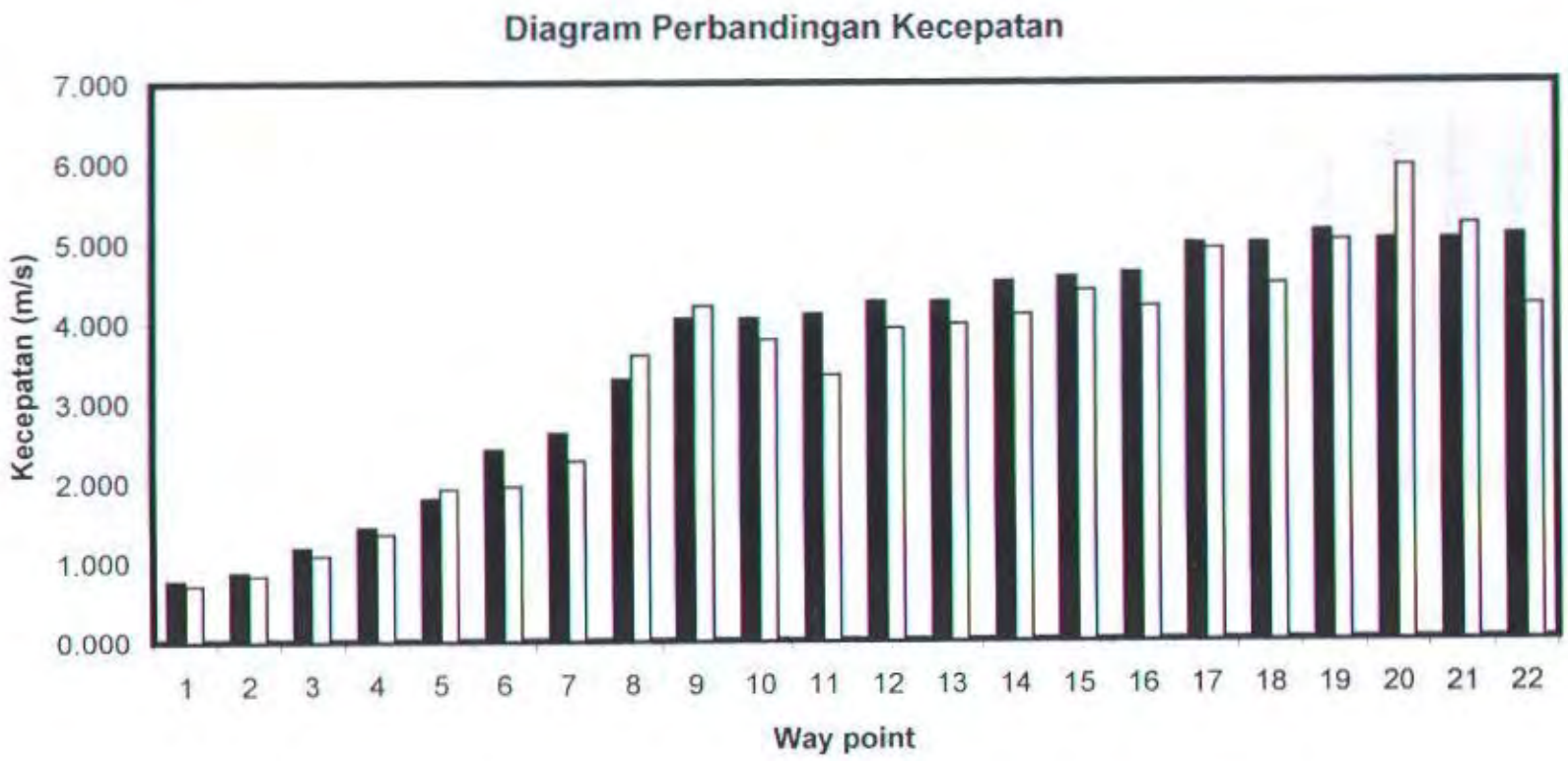
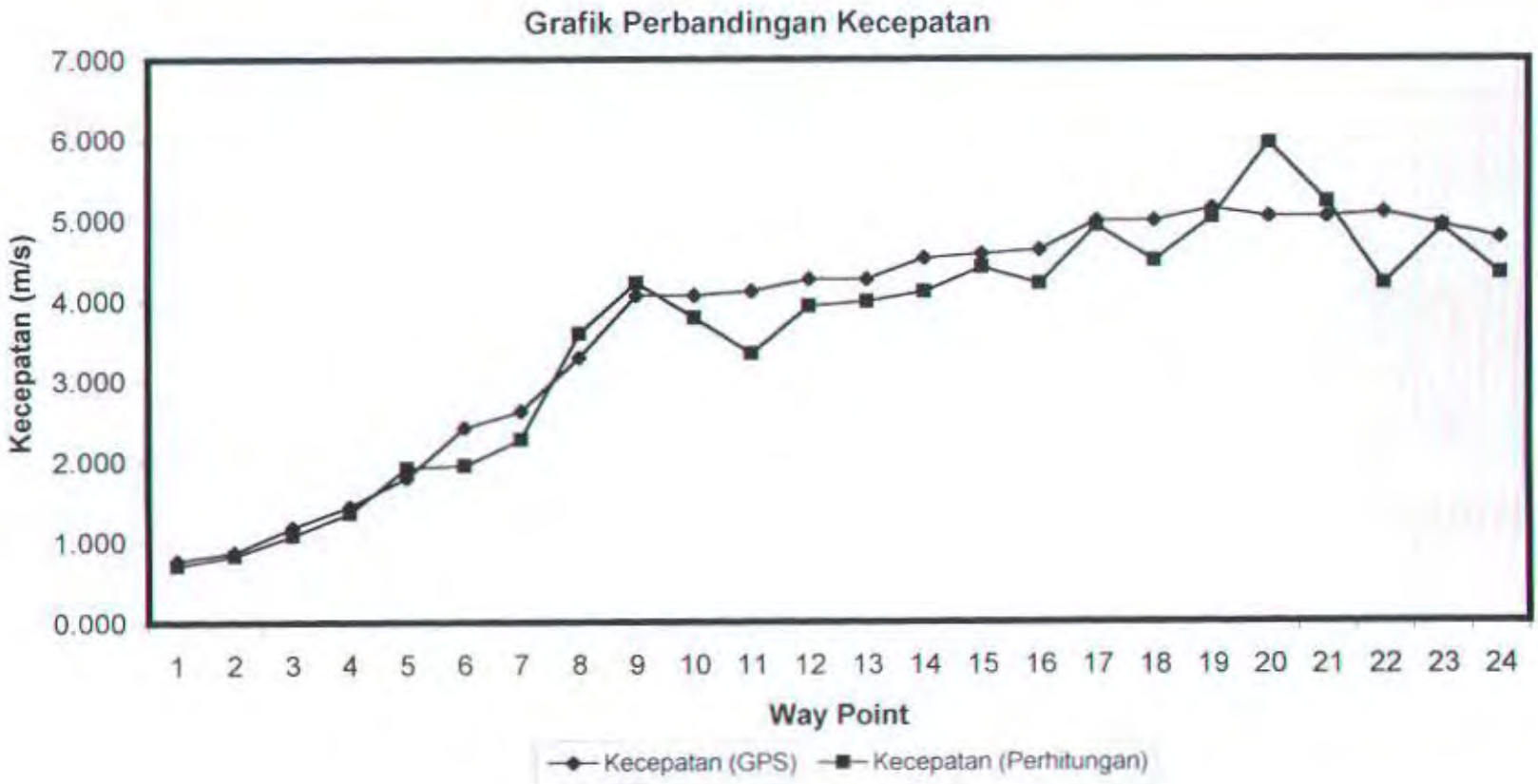
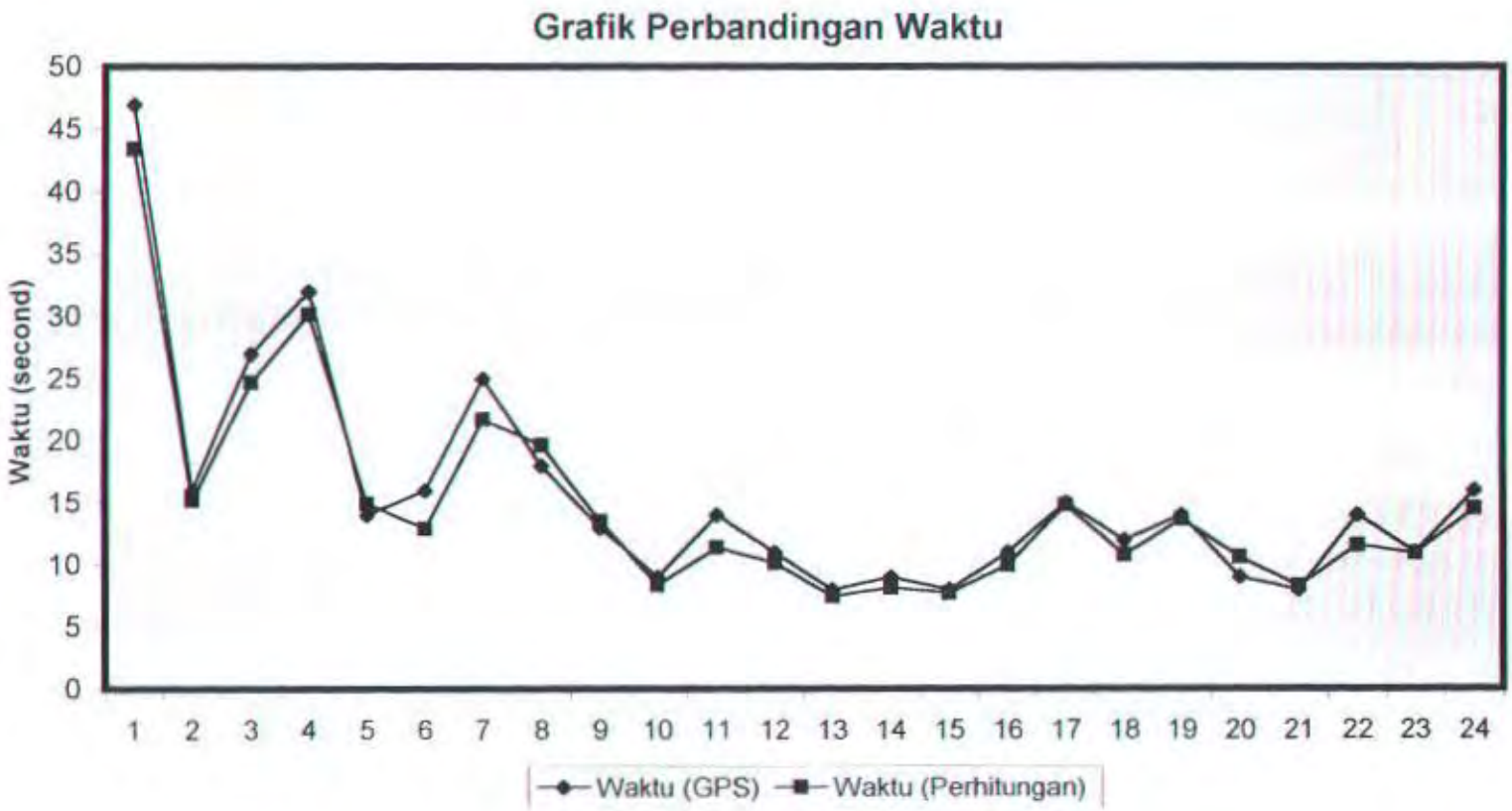


Diagram Perbandingan Kecepatan
Kecepatan (m/s)
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0.000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
Way point

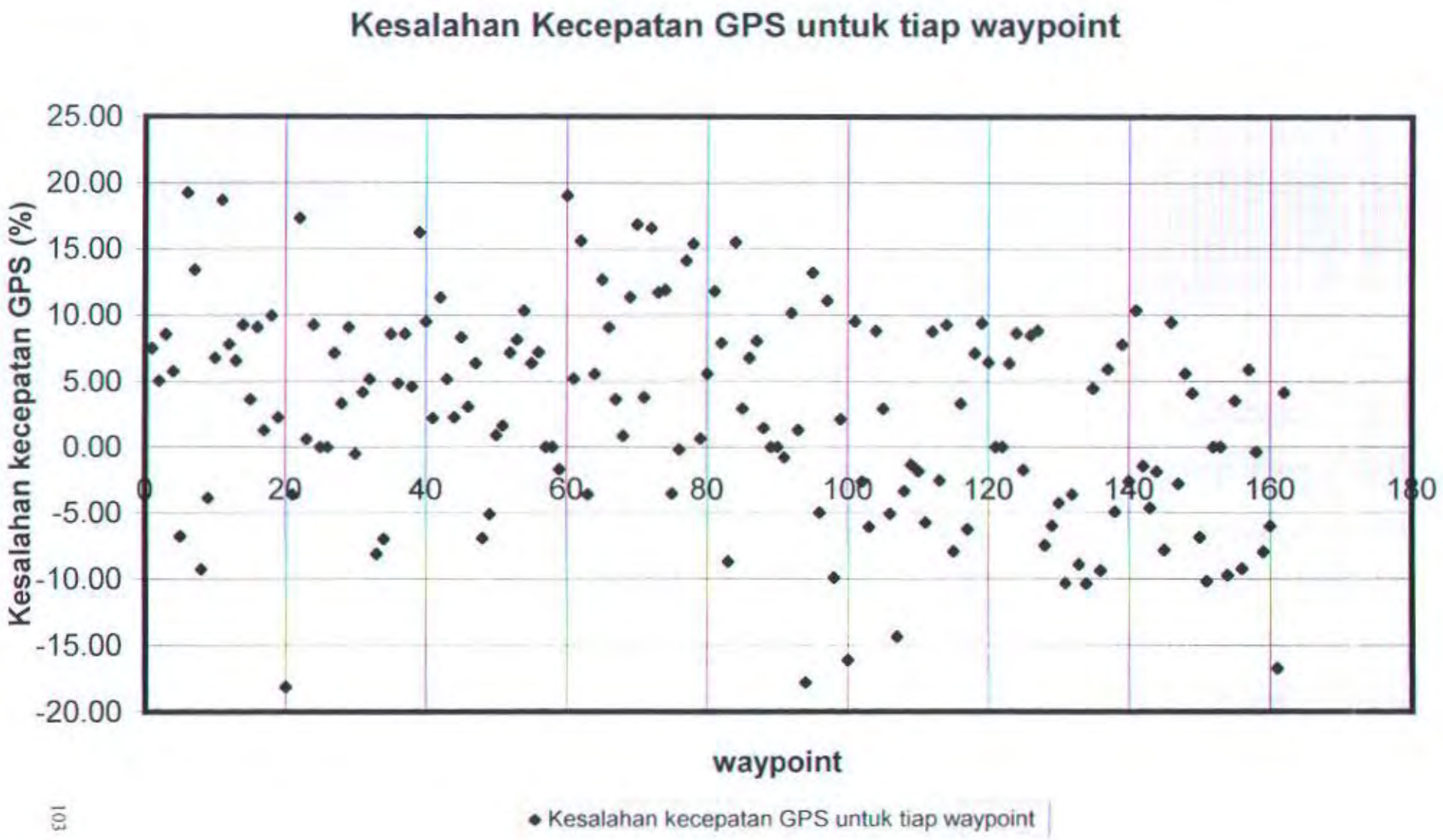
Gambar.22


Grafik Perbandingan Kecepatan
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0.000
Kecepatan (m/s)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Way Point
Kecepatan (GPS)
Kecepatan (Perhitungan)

Gambar 23


Grafik Perbandingan Waktu
Waktu (second)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Waktu (GPS)
Waktu (Perhitungan)

Gambar .24


Kesalahan Kecepatan GPS untuk tiap waypoint
Kesalahan kecepatan GPS (%)
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
-5.00
-10.00
-15.00
-20.00
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
waypoint
Kesalahan kecepatan GPS untuk tiap waypoint

BAB VI
PENUTUP

BAB VI

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pengamatan GPS untuk pengerjaan Tugas Akhir ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat kesalahan posisi yang ditunjukkan oleh GPS-GARMIN 45 tipe navigasi berkisar antara 10 hingga 200 m. Penyimpangan informasi posisi ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

   - Metode Pengamatan

     Metode pengamatan yang digunakan pada Tugas Akhir ini, menggunakan metode pengamatan pseudorange, dimana pada metode ini informasi data yang dihasilkan sudah dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti efek multipath, bias ionsfer troposfer, selective availability, dll.

   - Receiver GPS

     Receiver GPS-GARMIN 45 ini hanya dirancang untuk pengamatan secara absolut, dimana data yang diperoleh tidak dapat mengeliminir atau mereduksi faktor-faktor diatas.

2. Tingkat error atau kesalahan rata-rata GPS GARMIN-45 dalam menginformasikan posisi waktu dan kecepatan adalah sebesar: 5,593 % (untuk rute Ujung - Kamal) dan 7,147 % (untuk rute Kamal – Ujung).
3. Dilakukan approximate atau perkiraan rata-rata untuk receiver GPS-GARMIN 45 yaitu sebesar: ± 6,37 % sehingga dalam aplikasinya di lapangan, kesalahan yang timbul dapat segera diperbaiki.
4. GPS tipe navigasi yang digunakan untuk pengamatan, masih memenuhi ketentuan dan persyaratan minimum untuk keselamatan pelayaran, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.
   - Untuk daerah pelayaran di laut lepas, diperlukan ketelitian minimum sekitar 1 dampai 2 Nautical Mill atau sekitar 1,8 sampai 3,7 Km.
   - Untuk daerah pelayaran di daerah pantai, ketelitian minimum yang diperlukan adalah 460 m.
5. GPS tipe navigasi ini tidak dapat digunakan untuk daerah pelayaran di pelabuhan, yang menuntut tingkat ketelitian yang lebih tinggi, yaitu 8-20 m. Berdasarkan hasil analisa, GPS tipe ini masih belum memenuhi syarat untuk digunakan pada daerah tersebut.
6. Sebagai sistem radio navigasi yang berbasis satelit, GPS dapat diaplikasikan penggunaannya di kapal, karena memiliki beberapa kelebihan dibanding sistem navigasi konvensional yang ada sekarang ini. Kelebihan tersebut antara lain:
   - Penggunaan GPS tidak bergantung pada cuaca dan dapat dioperasikan baik siang maupun malam.

- GPS dapat dioperasikasikan di seluruh permukaan bumi dimanapun pengamat berada, karena sinyal satelit GPS sudah dapat diterima di seluruh permukaan bumi.
- Informasi mengenai posisi, kecepatan dan waktu yang disampaikan GPS relatif lebih cepat dan akurat dibanding sistem navigasi konvensional lainnya.

6.2 SARAN

1. Untuk daerah pelabuhan yang menuntut tingkat ketelitian yang tinggi, sebaiknya menggunakan GPS dengan metode differential positioning dengan pengamatan secara real time. Dengan metode ini faktor-faktor penyebab kesalahan informasi data dapat dieliminir atau direduksi dengan baik.

   Metode differential positioning ini dibutuhkan minimal 2 buah receiver GPS, dimana salah satu receiver GPS harus ditempatkan pada base station (monitor station) yang sudah diketahui koordinatnya. Untuk aplikasi di kapal , salah satu receiver GPS berfungsi sebagai base station yang ditempatkan di darat (stasiun radio pantai). Dengan demikian, GPS dapat dipakai sebagai sistem radio komunikasi dan navigasi yang dapat memenuhi semua persyaratan minimum pelayaran untuk setiap fase-fase navigasi.
2. Dalam kaitannya dengan penggunaan ECIDS (Electronic Chart Display and information system), GPS akan sangat bermanfaat bila ditampilkan pada layar dispalay dari ECIDS. Sehingga seorang nakhoda kapal pada setiap saat dapat selalu memantau perubahan posisi di kapalnya di atas peta navigasi elektronis

yang berisi informasi penting seperti, kedalaman laut, rambu-rambu pelayaran, garis pantai, informasi pasang surut dan arus.

3. Teknologi GPS sebagai sistem radio komunikasi dan navigasi kapal di Indonesia, pada saat ini masih relatif baru dan masih dalam pengembangan. Terbukti bahwa teknologi GPS saat ini masih dimanfaatkan oleh kapal-kapal berkapasitas besar. Diharapkan seiring dengan menurunnya harga GPS di pasaran saat ini, GPS juga dapat dimanfaatkan oleh semua armada kapal di Indonesia.

Tabel 12. Daftar Kecepatan Arus

13. SURABAYA (ALUR BARAT)

07°,1 S — 112°,6 T Pos : 00° Neg 180° **MARET 2000** Waktu : G.M.T. + 07.00

T \ J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J / T
1	-5	-9	-11*	10	-7	-2	3	9	13	14*	12	8	2	-3	-8	-10	-10	-7	-3	2	6	8	7	3	1
2	-2	-7	-10	-12*	10	-6	0	7	12	15*	15	12	6	-1	-7	-11	-12*	11	-6	-1	5	8	9	6	2
3	2	-4	-9	-12	-12	-9	-3	4	11	15	17*	15	10	3	-5	-11	-14*	13	-10	-4	2	7	10	9	3
4	5	-1	-7	-12	-13	-12	-7	0	8	14	18*	17	13	7	-2	-9	-14	-15*	13	-8	-1	5	10	11	4
5	8	3	-4	-9	-13	-14	-10	-4	4	12	17	19*	16	10	2	-6	-12	-16*	15	-11	-5	2	8	11	5
6	11	7	0	-6	-11	-14	-12	-8	-0	8	14	18*	18	14	7	-2	-10	-15	-17*	14	-9	-2	5	10	6
7	12	10	5	-2	-8	-12	-13	-10	-5	3	11	16	18*	16	10	3	-6	-12	-16*	16	-12	-6	1	7	7
8	11	11	8	3	-4	-9	-12	-12	-8	-2	6	12	16*	16	13	7	-1	-8	-14	-16*	14	-10	-3	3	8
9	9	11	10	7	1	-4	-9	-11	-10	-5	0	7	12	14*	14	10	4	-3	-10	-14	-15*	13	-8	-2	9
10	4	9	10	9	6	1	-4	-7	-9	-7	-4	1	6	10	12*	11	7	2	-4	-10	-13*	13	-11	-7	10
11	-1	4	8	10*	9	6	2	-2	-5	-7	-6	-3	1	5	8	9	9	6	1	-4	-9	-11	-12*	10	11
12	-6	-1	4	8	10*	10	8	4	-0	-4	-6	-6	-4	-1	2	5	7	7	5	2	-3	-7	-10	-11*	12
13	-10*	-7	-2	3	8	11*	11	10	6	2	-3	-6	-7	-7	-4	-0	3	6	7	6	3	-2	-6	-10*	13
14	-12*	-11	-8	-3	3	9	12	14*	12	8	3	-3	-7	-10	-10	-7	-3	2	6	8	8	5	-0	-6	14
15	-11	-13*	13	-9	-3	4	10	15	16*	14	9	3	-4	-10	-13*	13	-9	-3	3	8	10	9	6	-0	15
16	-7	-12	-15	-14	-9	-2	6	13	18	19*	16	9	1	-7	-13	-16*	15	-10	-3	4	10	12	11	6	16
17	-1	-8	-14	-16	-14	-9	-0	9	16	20*	20	16	8	-2	-11	-16	-18*	16	-9	-1	7	12	14	11	17
18	5	-3	-10	-15	-17	-14	-7	3	12	19	22*	20	14	4	-6	-14	-19*	19	-15	-7	1	9	14	14	18
19	10	4	-5	-12	-16	-16	-12	-4	6	15	20	22*	18	11	1	-9	-17	-20*	19	-13	-5	4	11	15	19
20	14	9	1	-7	-13	-16	-14	-9	-0	9	16	20*	20	15	6	-3	-12	-18	-19*	16	-10	-1	7	12	20
21	14	12	6	-1	-8	-13	-14	-12	-5	3	11	17	19*	17	11	2	-7	-14	-18*	18	-13	-7	1	8	21
22	12	13	10	4	-3	-8	-12	-12	-8	-2	5	11	15	16*	13	6	-1	-9	-14	-16*	15	-10	-4	3	22
23	9	11	11	8	2	-3	-8	-10	-9	-5	0	6	11	13*	12	8	3	-4	-9	-13	-14*	12	-7	-1	23
24	4	8	10*	9	6	2	-3	-6	-7	-6	-3	1	5	9	10*	8	5	0	-5	-9	-11*	11	-9	-5	24
25	-0	4	7	8*	8	5	2	-1	-4	-5	-4	-2	1	4	6	6	5	3	-1	-5	-7	-9*	-9	-7	25
26	-4	-0	4	6	8*	7	6	3	1	-2	-3	-3	-2	-1	1	3	4	3	2	-1	-4	-6	-7*	-7	26
27	-6	-4	-0	3	6	8*	8	7	5	2	-1	-3	-4	-4	-3	-1	1	2	3	2	0	-2	-5	-7*	27
28	-7*	-6	-4	-1	3	7	9	10*	8	6	2	-1	-4	-6	-6	-5	-2	0	2	3	3	1	-2	-5	28
29	-7	-8	-7	-4	-0	4	8	11*	11	10	6	1	-3	-7	-9*	-8	-6	-3	1	4	5	4	2	-2	29
30	-6	-8	-9	-7	-4	1	7	11	13*	13	10	5	-1	-6	-10	-11*	10	-6	-1	3	6	7	5	1	30
31	-3	-7	-10	-10	-7	-2	4	10	14	15*	13	9	2	-5	-10	-13*	13	-10	-4	1	6	8	8	5	31

APRIL 2000

T \ J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J / T
1	-0	-6	-10	-12	-10	-6	1	8	13	17*	16	12	6	-2	-9	-14	-15*	13	-8	-2	5	9	10	8	1
2	4	-3	-8	-12	-13	-10	-4	4	11	16	18*	16	10	2	-6	-13	-16*	16	-12	-5	2	8	12	11	2
3	8	1	-5	-11	-13	-12	-8	-0	8	14	18*	18	14	6	-3	-11	-16	-18*	15	-9	-2	6	11	13	3
4	11	6	-1	-8	-13	-14	-11	-5	3	11	17	19*	17	10	2	-7	-14	-18*	18	-13	-6	2	9	13	4
5	14	10	4	-4	-10	-13	-13	-9	-2	6	13	17	18*	14	7	-2	-10	-16	-18*	16	-11	-3	5	11	5
6	14	13	8	2	-5	-11	-13	-11	-6	1	8	14	16*	15	10	3	-5	-13	-17*	17	-14	-8	0	7	6
7	12	14*	12	7	0	-6	-10	-11	-9	-4	2	8	13	14*	12	7	-0	-7	-13	-16*	15	-11	-5	2	7
8	8	12	13*	11	6	0	-5	-9	-9	-7	-3	2	7	11	11	9	4	-2	-8	-12	-14*	13	-9	-4	8
9	3	8	11	12*	10	6	1	-4	-7	-8	-6	-3	1	5	8	8	7	3	-2	-7	-11	-12*	11	-8	9
10	-3	2	7	11	12*	10	7	3	-2	-5	-7	-7	-5	-1	2	5	6	6	3	-1	-5	-9	-11*	11	10
11	-8	-4	1	7	10	12*	12	9	5	-0	-5	-8	-8	-7	-4	-0	3	6	6	4	1	-3	-7	-10*	11
12	-11*	-9	-5	1	6	11	14*	14	11	6	0	-5	-9	-11*	10	-7	-2	3	6	8	6	3	-2	-7	12
13	-11	-12	-10	-6	0	7	13	16*	16	13	7	-0	-7	-12	-14*	13	-8	-2	4	8	10	9	4	-1	13
14	-7	-12	-13	-11	-6	1	9	15	18*	18	13	6	-3	-10	-15	-17*	14	-9	-1	6	10	12	10	5	14
15	-2	-9	-13	-14	-11	-5	3	11	17	20*	18	12	4	-6	-14	-18*	18	-14	-7	1	8	13	14	10	15
16	4	-4	-11	-15	-15	-11	-3	6	14	19	20*	17	10	0	-9	-17	-20*	19	-13	-5	4	11	15	14	16
17	9	2	-6	-12	-15	-14	-9	-0	9	16	20*	19	14	6	-4	-13	-19	-20*	17	-10	-1	7	13	15	17
18	13	7	-0	-8	-13	-15	-12	-6	3	11	17	19*	17	10	2	-8	-15	-19*	19	-14	-7	2	10	14	18
19	15	11	5	-2	-9	-13	-13	-9	-3	5	12	16	17*	13	6	-2	-11	-16	-18*	16	-10	-3	5	11	19
20	14*	13	9	3	-4	-9	-11	-10	-6	0	7	12	14*	13	9	2	-6	-12	-16*	16	-13	-7	0	7	20
21	11	13*	11	7	1	-4	-8	-9	-8	-3	2	7	11	11	9	4	-2	-7	-12	-14*	13	-9	-3	3	21
22	8	11*	11	9	5	0	-4	-7	-7	-5	-2	3	6	8	8	5	1	-4	-8	-11*	11	-10	-6	-1	22
23	4	8	10*	9	7	4	0	-3	-5	-5	-4	-1	2	4	5	5	2	-1	-4	-7	-9*	-9	-7	-4	23
24	0	4	7	9*	8	7	4	1	-1	-3	-4	-3	-2	0	2	2	2	1	-1	-3	-6	-7*	-7	-5	24
25	-3	0	4	6	8*	8	7	5	2	-1	-3	-4	-4	-4	-2	-0	1	1	1	-0	-2	-4	-5	-6*	25
26	-5	-3	0	3	6	9*	9	8	6	3	-1	-4	-6	-6*	-6	-4	-1	1	2	2	1	-1	-3	-5	26
27	-6	-6	-3	-0	4	7	10	11*	10	7	2	-2	-6	-8	-9*	-7	-4	-1	2	4	4	3	-0	-3	27
28	-6	-7	-7	-4	0	5	9	12*	12	10	6	1	-5	-9	-11*	11	-8	-4	1	4	6	6	3	-1	28
29	-5	-8	-9	-7	-4	2	8	12	14*	14	10	4	-2	-9	-13	-14*	12	-7	-2	4	8	9	7	3	29
30	-2	-7	-10	-10	-8	-2	4	10	15	16*	14	8	1	-6	-12	-16*	15	-11	-5	2	8	11	11	7	30

Tabel 13. Daftar Pasang Surut

41. SURABAYA (PELABUHAN)

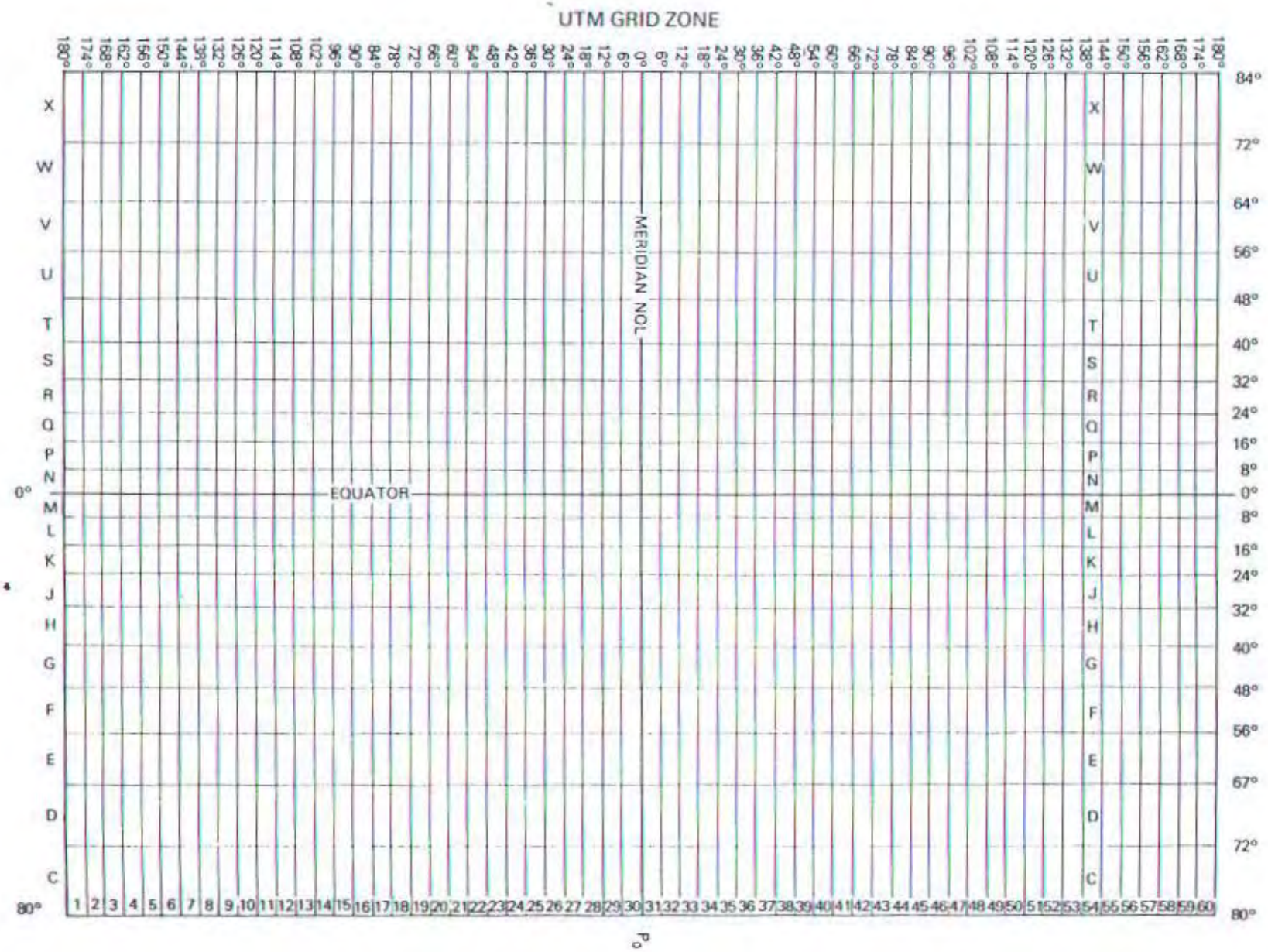
07°.2 S — 112°.7 T

MARET 2000

Waktu : G.M.T. + 07.00

T \ J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J / T
1	10	8	7*	7	8	9	12	14	16	17	18	18	17	17	17	18	19	20	21	22*	21	20	18	14	1
2	11	8	6	5*	6	8	10	13	16	17	18	18	17	17	16	16	17	19	21	22	23*	22	20	17	2
3	13	9	6	5*	5	6	9	12	15	17	18	18	17	16	15	15	16	18	20	22	24*	24	22	19	3
4	15	11	7	5	4*	5	8	11	15	17	19	19	18	16	14	13	14	16	18	21	23	25*	24	21	4
5	18	13	9	5	4*	4	7	10	14	17	19	19	18	16	14	12	12	13	16	19	22	24	25*	23	5
6	20	15	11	7	5	4*	6	9	13	17	19	20	19	17	14	12	11	11	13	16	20	23	24*	24	6
7	22	18	13	9	6	5*	6	9	13	16	19	21	20	18	15	12	10	10	11	13	17	20	23	24*	7
8	23*	20	16	11	8	6*	6	8	12	16	19	21	22	20	17	14	11	9	9	11	14	17	20	22	8
9	22*	20	17	13	10	8	7*	9	11	15	18	21	22*	21	19	16	13	10	9	9	11	14	17	19	9
10	20	20	18	15	12	10	9*	9	11	14	18	20	22*	22	21	18	15	12	10	9*	10	11	14	16	10
11	18	18	17	16	14	12	11*	11	12	14	17	19	21	22*	22	20	18	15	12	10	10	10	11	13	11
12	14	15	16	15	15	14	13	12	13	14	16	18	20	21	22*	21	20	18	15	13	11	10	10*	10	12
13	11	12	13	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	20	21	21*	21	20	18	16	14	12	10	9	13
14	8*	9	10	11	13	14	15	16	16	16	16	17	17	18	19	20	21	21*	21	19	17	15	12	9	14
15	7	7*	7	8	10	12	15	17	18	18	18	17	16	16	17	18	19	21	22*	22	21	18	15	11	15
16	8	6	5*	5	7	10	13	16	18	19	19	18	16	15	15	16	17	19	21	23*	23	21	18	14	16
17	10	6	4	3*	5	8	12	15	18	20	20	19	17	15	14	13	15	17	20	22	24*	24	22	18	17
18	13	9	5	3*	3	6	9	14	18	20	21	20	18	15	13	12	12	14	17	21	23	25*	24	21	18
19	17	12	7	4	3*	4	8	12	16	20	22	22	20	17	13	11	10	12	14	18	22	24	25*	23	19
20	19	15	10	6	4*	4	6	10	15	19	22	22	21	18	14	11	10	10	12	15	19	22	24*	24	20
21	21	17	13	9	6	5*	6	10	14	18	21	22	22	19	16	12	10	9	10	12	16	19	22	23*	21
22	22*	19	15	11	8	7*	7	10	13	17	20	22*	22	20	17	14	11	9	9	10	13	16	19	21	22
23	21	19	17	14	11	9*	9	10	13	16	19	21	22*	21	18	15	12	10	9*	9	11	13	16	18	23
24	19	19	17	15	13	11	11	12	14	16	19	21	22*	21	19	17	14	11	10	9*	10	11	13	15	24
25	16	17	16	15	14	13	12	13	15	17	19	21	21*	21	20	18	16	13	11	10	10*	10	11	13	25
26	14	14	14	14	14	14	14	14	16	17	19	20	21*	21	20	19	17	15	13	12	11	10*	10	11	26
27	11	12	12	13	13	14	14	15	16	18	19	20	20	21*	20	19	18	17	15	14	12	11	10*	10	27
28	10	10*	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	20*	20	20	19	19	18	17	16	14	13	11	10*	28
29	9	8*	8	9	10	12	14	16	18	19	19	19	19	19*	19	19	19	19	19	18	17	15	13	11	29
30	9	7	7*	7	9	11	14	16	18	19	19	19	18	18	17	18	18	19	20*	20	19	17	15	12	30
31	9	7	6*	6	8	10	13	16	18	19	19	19	17	16	16	16	17	18	20	21*	21	20	17	14	31

Tabel 14. Proyeksi UTM



Tabel.1 Satelit GPS Yang Beroperasi (Nopember 1994)

SVN	Tipe	Peluncuran	Operasional	Bidang	PRN
1	Blok I	08-09-1984	03-10-1994	A1*	12
2	Blok II	10-06-1989	10-08-1989	B3	02
3	Blok II	14-02-1989	15-04-1989	E1	14
4	Blok II	01-101990	15-101990	D2	15
5	Blok II	18-08-1989	14-10-1989	E3	16
6	Blok II	11-12-1989	11-01-1990	D3	17
7	Blok II	24-01-1990	14-02-1990	F3	18
8	Blok II	21-10-1989	14-11-1989	A4	19
9	Blok II	26-03-1990	18-04-1990	B2	20
10	Blok II	02-08-1990	22-08-1990	E2	21
11	Blok II A	03-02-1993	04-04-1993	B1	22
12	Blok II A	26-11-1990	10-12-1990	E4	23
13	Blok II A	04-07-1991	30-08-1991	D1	24
14	Blok II A	23-02-1992	24-03-1993	A2	25
15	Blok II A	07-07-1992	23-07-1992	F2	26
16	Blok II A	09-09-1992	30-09-1992	A3	27
17	Blok II A	10-04-1992	25-04-1992	F4	28
18	Blok II A	18-12-1992	05-01-1993	C2	29
19	Blok II A	30-03-1993	13-04-1993	C3	31
20	Blok II A	22-11-1992	11-12-1992	F1	01
21	Blok II A	26-10-1993	22-11-1993	D4	04
22	Blok II A	30-08-1993	28-09-1993	B4	05
23	Blok II A	13-05-1993	12-06-1993	C4	07
24	Blok II A	26-06-1993	20-07-1993	A1	09

Keterangan:
PRN : Pseudo Random noise Number
SVN : Satellite Vehicle Number
* Satelit ini dihentikan pengoperasiannya mulai tahun 1995

Tabel 2. Perhitungan Matematis Bias Ionosfer dan Troposfer

Ionospheric Delays

Range Correction = v c (m)		
Frequency	TEC=10^{16} el/m^3	TEC=10^{18} el/m^3
100 MHz	40.	4000.
400 Mhz	2.5	250.
2 GHz	0.1	10.
10 GHz	0.004	0.4

Usually the TEC lies between the values given in this table.

Tropospheric Correction

$$\Delta r = 10^{-6} N_1 \sum_{j=1}^{9} A_{ji} \frac{R_i^j}{j} + 10^{-6} N_2 \sum_{j=1}^{9} A_{j2} \frac{R_2^j}{j}$$

$$N_1 = 77.624 \frac{p}{T}$$

$$N_2 = -12.92 \frac{e}{T} + 3.719\ 10^{+5} \frac{e}{T^2}$$

$$R_i = \sqrt{(a_e + h_i)^2 - a_e^2 \cos^2(Elv)} - a_e \sin(Elv),\ i = 1,2$$

$$h_1 = 5 \frac{0.002277\ p}{N_1\ 10^{-6}} \qquad h_2 = 5 \frac{0.002277}{N_2\ 10^{-6}} \left(\frac{1255}{T} + 0.5 \right) e$$

$$A_{1i} = 1 \qquad A_{2i} = 4a_i$$

$$A_{3i} = 6a_i^2 + 4b_i \qquad A_{4i} = 4a_i \left(a_i^2 + 3b_i \right)$$

$$A_{5i} = a_i^4 + 12a_i^2 b_i + 6b_i^2$$

$$A_{6i} = 4a_i b_i \left(a_i^2 + 3b_i \right) \qquad A_{7i} = b_i^2 \left(6a_i^2 + 4b_i \right)$$

$$A_{8i} = 4a_i b_i^3 \qquad A_{9i} = b_i^4$$

$$a_i = -\sin(Elv)/h_i \qquad b_i = -\cos^2(Elv)/(2a_e h_i)$$

$$e = 6.108\ RH \exp\left(\frac{17.15T - 4684}{T - 38.45} \right)$$

$$i = \begin{cases} 1 : \text{dry component} \\ 2 : \text{wet component} \end{cases}$$

Δr : range correction (m). Subtract from pseudo range or carrier phase

T: surface temperature in °K (= °C + 273.16)

p : atmospheric pressure (mbar)

e : water vapor partial pressure (mbar)

Elv : elevation angle

a_e : semi-major axis of earth ellipsoid

RH: Relative Humidity (as a fraction of 1)

Ephemeris Parameterization of the Navigation Message

M_0	Mean anomaly at reference time
Δn	Mean motion difference from computed value
e	Eccentricity
$\sqrt{A}$	Square root of the semi-major axis
Ω_0	Longitude or ascending node of orbit plane at weekly epoch
i_0	Inclination angle at reference time
ω	Argument of perigee
$\dot{\Omega}$	Rate of right ascension
IDOT	Rate of inclination angle
C_{uc}	Amplitude of the cosine harmonic correction term to the argument of latitude
C_{us}	Amplitude of the sine harmonic correction term to the argument of latitude
C_{rc}	Amplitude of the cosine harmonic correction term to the orbit radius
C_{rs}	Amplitude of the sine harmonic correction term to the orbit radius
C_{ic}	Amplitude of the cosine harmonic correction term to the angle of inclination
C_{is}	Amplitude of the sine harmonic correction term to the angle of inclination
t_{oe}	Ephemeris reference time
IODE	Issue of Data (Ephemeris)

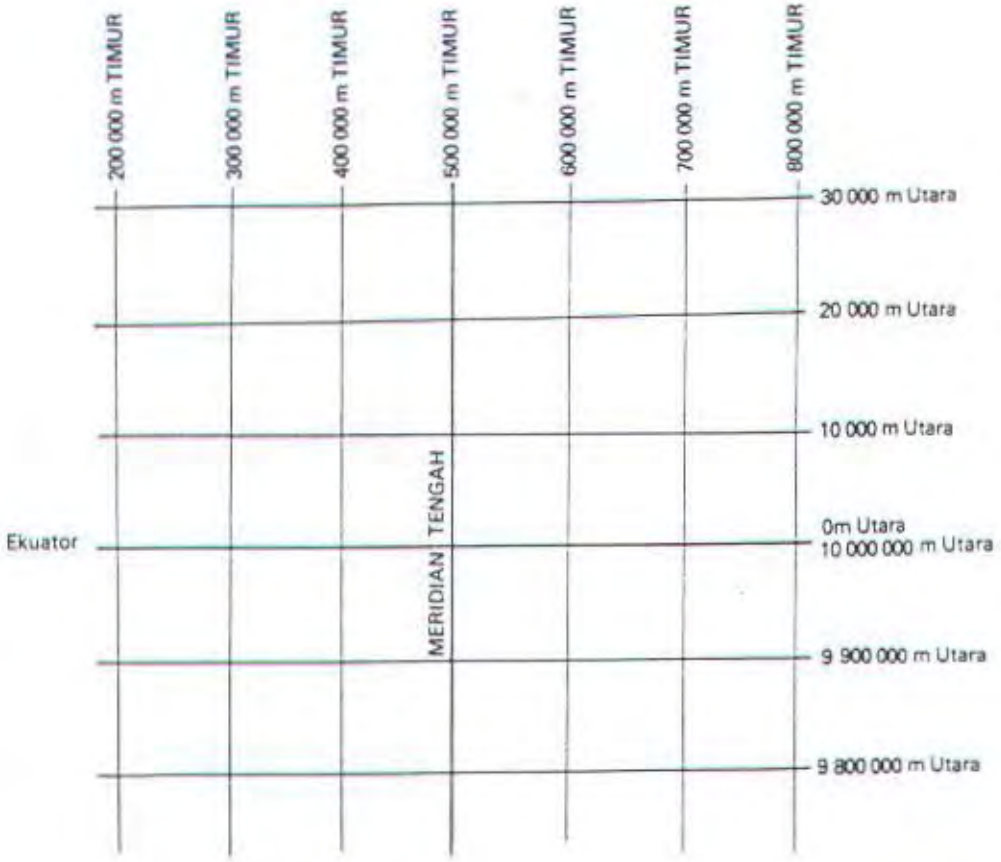
Ephemeris Algorithm

$\mu = 3.986005 \times 10^{14}$ meters^3/sec^2	WGS 84 value of the earth's universal gravitational parameter
$\dot{\Omega}_e = 7.292115167 \times 10^{-5}$ rad/sec	WGS 84 value of the earth's rotation rate
$A = (\sqrt{A})^2$	Semi-major axis
$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{A^3}}$	Computed mean motion - radians/second
$t_k = t - t_{oe}$ *	Time from ephemeris reference epoch
$n = n_0 + \Delta n$	Corrected mean motion
$M_k = M_0 + nt_k$	Mean anomaly
$M_k = E_k - e \sin E_k$	Kepler's equation for eccentric anomaly
$\cos f_k = (\cos E_k - e)/(1 - e \cos E_k)$ $\sin f_k = \sqrt{1 - e^2} \sin E_k/(1 - e \cos E_k)$	True anomaly
$E_k = \cos^{-1}\left[\frac{e + \cos f_k}{1 + e \cos f_k}\right]$	Eccentric Anomaly
$\phi_k = f_k + \omega$	Argument of latitude
$\delta u_k = C_{us} \sin 2\phi_k + C_{uc} \cos 2\phi_k$ Argument of Lat. correction $\delta r_k = C_{rc} \cos 2\phi_k + C_{rs} \sin 2\phi_k$ Radius correction $\delta i_k = C_{ic} \cos 2\phi_k + C_{is} \sin 2\phi_k$ Correction to inclination	1st harmonic perturbations
$u_k = \phi_k + \delta u_k$	Corrected argument of latitude
$r_k = A(1 - e \cos E_k) + \delta r_k$	Corrected radius
$i_k = i_0 + \delta i_k + (IDOT)t_k$	Corrected inclination
$x_k' = r_k \cos u_k$ $y_k' = r_k \sin u_k$	Positions in orbital plane
$\Omega_k = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e) t_k - \dot{\Omega}_e t_{oe}$	Corrected longitude of ascending node
$x_k = x_k' \cos\Omega_k - y_k' \cos i_k \sin\Omega_k$ $y_k = x_k' \sin\Omega_k + y_k' \cos i_k \cos\Omega_k$ $z_k = y_k' \sin i_k$	Earth fixed coordinates

* t is GPS system time at time of transmission, i.e., GPS time corrected for transit time (range/speed of light). Furthermore, t_k shall be the actual total time difference between the time t and the epoch time t_{oe}, and must account for beginning or end of week crossovers. That is, if t_k is greater than 302,400, subtract 604,800 from t_k. If t_k is less than -302,400 seconds, add 604,800 seconds to t_k.

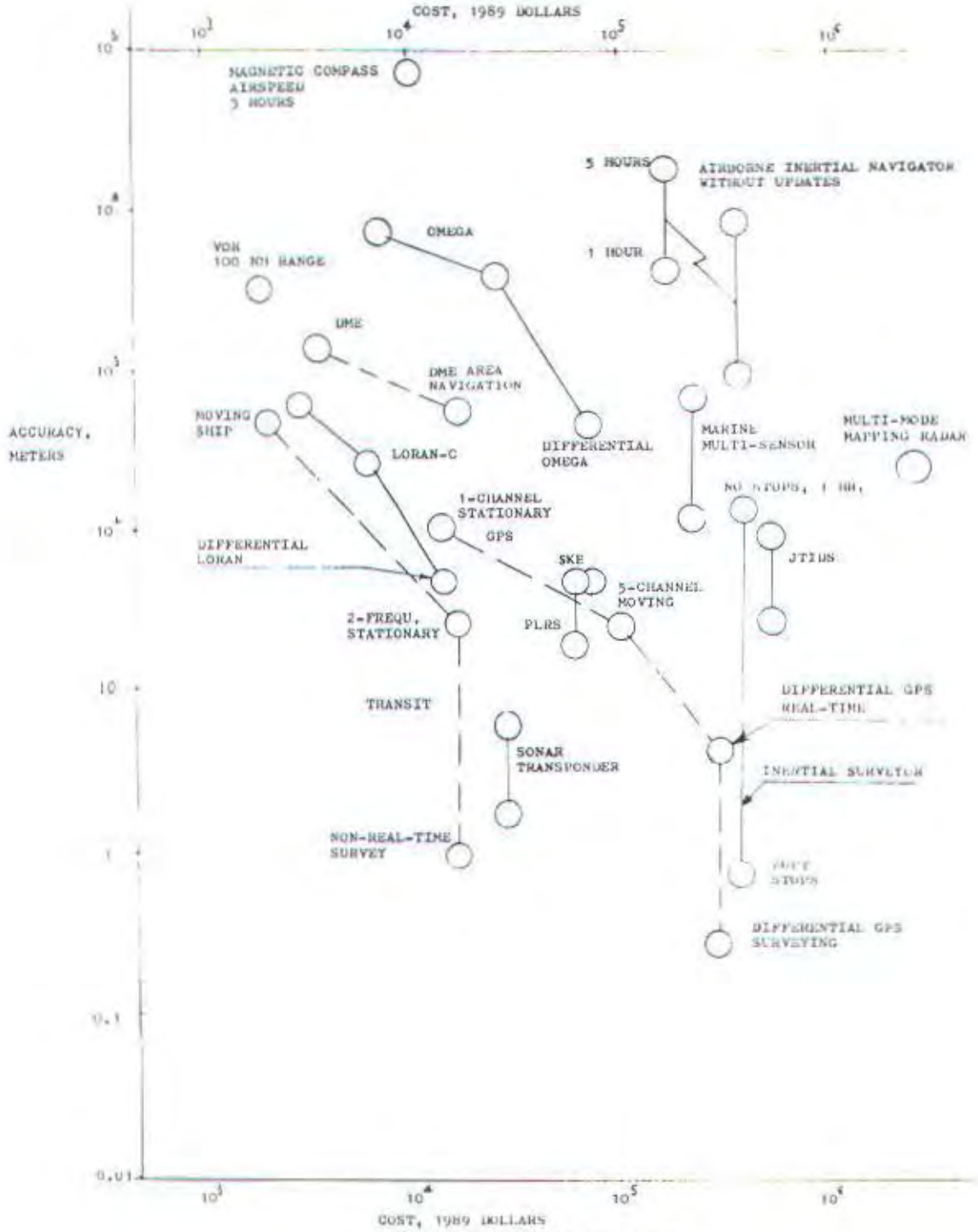
From Interface Control Document, ICD-GPS-200, Rockwell International Corporation, Satellite Systems Division.

Tabel 8. Sistem Koordinat UTM



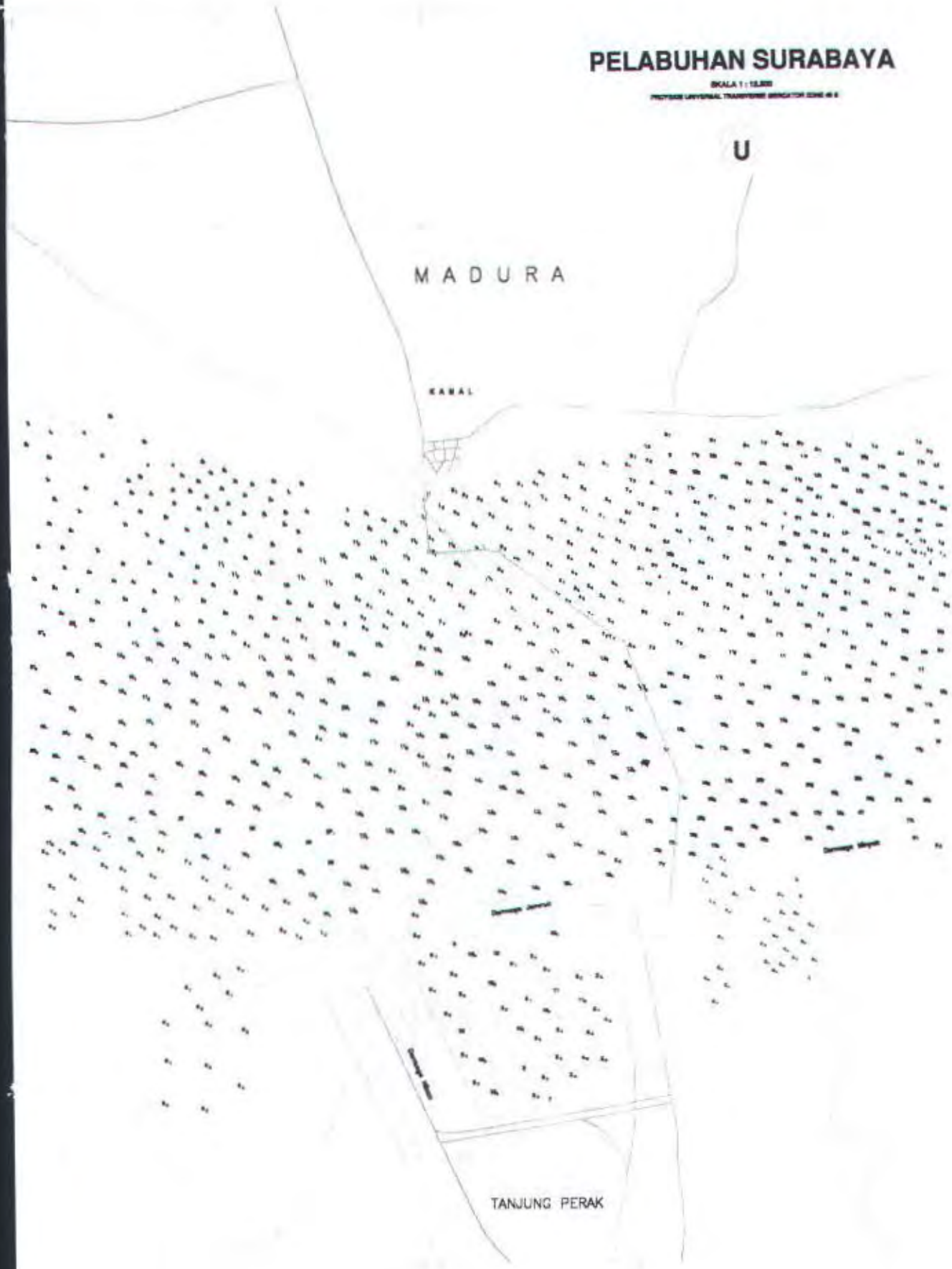
Sistem Koordinat

Tabel 9. Perbandingan Tingkat Akurasi dan Harga beberapa alat Navigasi



Cost versus accuracy of user equipment.

PELABUHAN SURABAYA



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Riyono, Yon, ***Deteksi Data Sinyal Satelit GPS-NAVSTAR***. Majalah LAPAN No.62/63.
- Abidin, Hasanuddin, 1995. ***Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya***. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Abidin, Hasanuddin, 1994. ***Survai Dengan GPS***. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Leick, Alfred, 1995. ***GPS Satellite Surveying***. A Wiley-Interscience Publication, New York.
- Riyono, Yon, ***Demodulasi Sinyal X Band pada LandSat 5***. Majalah LAPAN No.42.
- Hobbs, Richard, 1990. ***Marine Navigation***. Naval Institute Press, Annapolis Maryland
- Kayton, Myron, 1990. ***Navigation, Land, Sea, Air, Space***. The Institute Of Electrical And Electronics Engineers, Inc, New York.
- Tetley, L and Calcuti . D, 1991. ***Electronic Aids to Navigation***. St. Edmundsbury Press Ltd, Bury St Edmonds.
- Prihandito, Aryono, 1988. ***Proyeksi Peta*** .Yayasan Kanisius, Yogyakarta.
- Bowyer, Mike, 1993. ***The Concise, Ocean Navigator Guide***. Redwood Book Ltd, Brunel House Devon.