

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jembatan Nasional Suramadu

Jembatan Nasional Suramadu adalah jembatan yang menghubungkan Kota Surabaya di Jawa dan kota Bangkalan di Madura.



Gambar 2.1 Lokasi Jembatan Suramadu
(Google Earth, 2014)

Karena menghubungkan dua pulau, Jembatan Suramadu didesain agar memungkinkan kapal-kapal dapat melintas di bawah jembatan, maka di bagian bentang tengah Suramadu disediakan ruang selebar 400 meter secara horizontal dengan tinggi sekitar 35 meter. Dengan panjang 5.438 m dan lebar 2×15.0 meter, jembatan ini merupakan jembatan terpanjang di Indonesia saat ini. Pembangunan Suramadu menghabiskan sekitar 650.000 ton beton dan lebih kurang 50.000 ton besi baja.

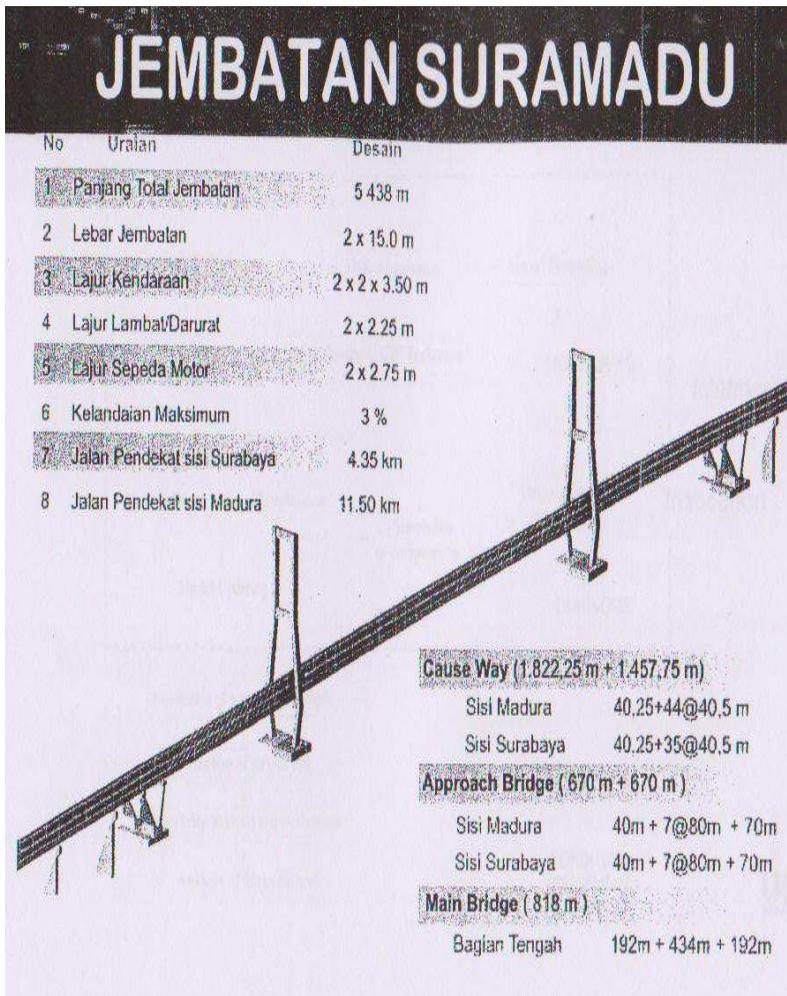


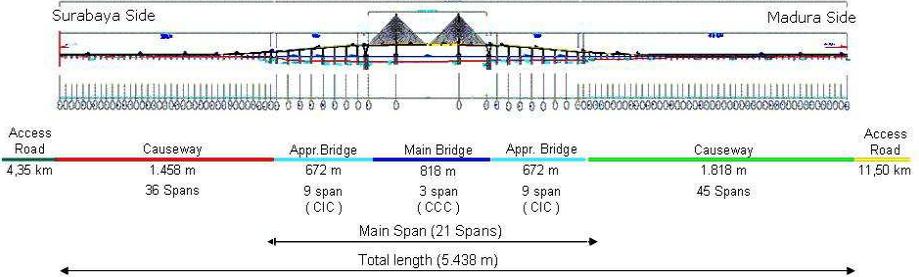
Gambar 2.2 Jembatan Suramadu

(Wikipedia, 2014)

Jembatan Suramadu merupakan gabungan dari jalan layang (*causeway*), jembatan penghubung (*approach*

bridge), dan jembatan utama (*main bridge*). Jalan layang atau *Causeway* dibangun untuk menghubungkan konstruksi jembatan dengan jalan darat melalui perairan dangkal di kedua sisi.





Gambar 2.3 Desain Jembatan Suramadu

(Bina Marga, 2008)

Jembatan *cable stayed* modern merupakan jembatan yang struktur atasnya (*superstructure*) terbuat dari baja atau beton yang ditumpu pada satu atau beberapa tempat dengan kabel yang terikat pada menara (*pylon*). Prinsip dasar dari jembatan *cable stayed* adalah penggunaan kabel-kabel berkekuatan tinggi sebagai perletakan elastis pada gelagar sehingga jembatan dapat mempunyai bentang yang panjang. Dalam perencanaan teknis jembatan *cable stayed*, setiap tahapan konstruksi jembatan, besarnya gaya-gaya dalam, tidak boleh melampaui kapasitas penampang dan pada tahap akhir pembebanan, perpindahan titik puncak tower dan

lendutan lantai jembatan harus memenuhi yang disyaratkan. Pada jembatan *cable stayed*, lantai akan melendut pada tahap akhir pembebanan (beban konstruksi). Kabel sebagai penyangga beban lantai perlu diberi gaya pratekan dengan cara penarikan kabel sedemikian sehingga tidak terjadi lendutan pada lantai jembatan. Dengan dicapainya lendutan pada posisi “kabel” yang kecil, bidang momen dari lantai jembatan menjadi optimum. Demikian pula pada *pylon* yang menerima beban dari kabel, harus mengalami *displacement* sekecil mungkin dalam batas toleran.

2.1.1. Kontruksi:

Jembatan Suramadu pada dasarnya merupakan gabungan dari 3 jenis jembatan dengan panjang keseluruhan sepanjang 5.438 meter dengan lebar kurang lebih 30 meter. Jembatan ini menyediakan 4 lajur 2 arah selebar 2.75 meter. Jembatan ini juga menyediakan lajur khusus bagi pengendara sepeda motor disetiap sisi luar jembatan.

2.1.2. Jalan Layang:

Jalan layang atau causeway dibangun untuk menghubungkan kontruksi jembatan dengan jalan darat melalui perairan dangkal di kedua sisi jalan layang ini terdiri dari 36 bentang sepanjang 1.458 meter pada sisi Surabaya dan 45 bentang sepanjang 1.1818 meter pada sisi Madura.

Jalan layang ini menggunakan konstruksi penyangga PCI dengan panjang 40 meter tiap bentang yang disangga pipa baja berdiameter 60 cm.

2.1.3. Jembatan Penghubung :

Jembatan penghubung atau approach bridge menghubungkan jembatan utama dengan jalan layang. Jembatan terdiri dari 2 bagian dengan panjang masing-masing 672 meter. Jembatan utama atau bridge terdiri dari 3 bagian yaitu 2 bentang samping sepanjang 192 meter dan 1 bentang utama sepanjang 434 meter. Jembatan utama menggunakan konstruksi *cable stayed* yang dipotong oleh menara kembar setinggi 140 meter. Lantai jembatan konstruksi komposisi setebal 2,4 meter. Untuk mengakomodasikan pelayaran kapal laut yang melintas selat Madura, jembatan ini memberikan ruang bebas setinggi 35 meter dari permukaan laut

2.2. Pembebanan Jembatan

Pembebanan untuk jembatan sangat mempengaruhi kekuatan jembatan tersebut. Secara umum, pada jembatan terdapat tiga jenis beban (Soekirno, 2000), yaitu :

- 1) Beban Primer, yang terdiri dari :

- Beban mati (muatan tetap)

Penentuan besarnya beban mati menggunakan nilai berat jenis untuk bahan jembatan, seperti beton, baja dan lain-lain.

- Beban hidup (muatan gerak)

Penentuan besarnya beban hidup harus meninjau dua macam beban, yaitu :

- Beban "T" yang merupakan beban terpusat untuk desain lantai kendaraan. Beban "T" adalah beban yang berupa kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda sebesar 10 ton.
- Beban "D" yang merupakan beban jalur untuk gelagar. Beban "D" digunakan untuk perhitungan gelagar-gelagar dimana terdiri dari beban garis "P" dan beban terbagi rata "q".

- ✓ Besarnya beban "q" ditentukan sebagai berikut :

$$q = 2,2 \text{ t/m, untuk panjang bentang } < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 - 1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m, untuk } 30 < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 \times (1 + 30/L) \text{ t/m, untuk } L > 60 \text{ m}$$

dimana: L = panjang bentang, satuan meter.

- ✓ Besarnya beban "P" adalah 12 ton

- Gaya akibat tekanan tanah

Bagian bangunan jembatan yang direncanakan untuk menahan tanah (misal dinding penahan tanah, pilar, dan lain-lain).

- 1) Beban Sekunder, yang terdiri dari :
 - a. Tekanan angin
 - b. Gaya rem
 - c. Gaya gempa
 - d. Gaya akibat rangkai
 - e. Gaya akibat perubahan suhu
 - f. Gaya gesekan pada tumpuan bergerak

2.2.1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan suatu jembatan terdiri dari beban lajur "T" dan beban truk "D". Beban truk "T" merupakan satu kendaraan berat yang terdiri dari 3 as dimana ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Setiap as terdiri atas dua bidang kontak pembebanan yang merupakan simulasi pengaruh roda kendaraan berat, dimana hanya satu truk "T" yang dapat diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Beban lajur "D" yang bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang

sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang memiliki bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

2.2.1.1. Beban Lalu Lintas yang Dikurangi

Pada kondisi khusus dan atas persetujuan instansi yang berwenang maka pembebanan "D" yang senilai 70% dapat digunakan. Nilai pembebanan "D" tersebut dapat digunakan pada jembatan semi permanen atau darurat.

2.2.1.2. Beban Lalu Lintas yang Berlebih

Pada kondisi khusus dan atas persetujuan instansi yang berwenang maka pembebanan "D" dapat dinaikkan melebihi 100%. Nilai pembebanan "D" tersebut digunakan pada jaringan jalan yang dilalui oleh kendaraan berat.

2.2.2. Gaya Rem

Gaya rem mengakibatkan bekerjanya gaya-gaya pada arah memanjang jembatan. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban

”D” tanpa dikalikan dengan faktor kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan.

2.3. SHM (*Structural Health Monitoring*)

Structure health monitoring merupakan bidang baru didalam mendeteksi kerusakan dengan metoda pengujian tak rusak (NDT) dengan cara mengintegrasikannya dengan struktur untuk memonitor kesehatannya secara keseluruhan maupun parsial.

Teknik ini dapat memperpanjang umur pelayanan jembatan karena penurunan kemampuan (degradasi) dan kerusakan (deterioration) dapat diidentifikasi lebih awal sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah yang membutuhkan biaya rehabilitasi yang sangat besar. Secara umum tujuan diadakannya *SHM* adalah :

1. Memvalidasi hasil perencanaan jembatan
2. Menjamin keamanan struktur jembatan dengan informasi yang didapat berkaitan dengan kondisi struktur jembatan
3. Mewujudkan perencanaan pemeliharaan/maintenance yang rasional dan ekonomis

4. Mengidentifikasi penyebab kondisi struktur yang tidak layak serta untuk mencapai umur rencana jembatan
5. Memantau dan mengawasi pengoperasian jembatan dalam melayani lalu lintas
6. Sebagai sarana penelitian bagi pengembangan ilmu pengetahuan berkaitan dengan trend dunia dimana smart structure akan menjadi suatu keharusan dimasa mendatang

Fungsi SHM

1. Menyajikan variasi kondisi struktur dan pembebanan jembatan.
2. Menyajikan tegangan/regangan dan deformasi dari komponen utama jembatan.
3. Mencatat kondisi khusus seperti gempa, angin kencang, kendaraan yang *overweight* dan lain-lain
4. Mengidentifikasi apakah komponen utama jembatan telah mengalami kerusakan

5. Memberikan peringatan untuk kondisi yang tidak normal
6. Memberikan informasi kapasitas jembatan
7. Memberikan informasi tentang manajemen dan pemeliharaan jembatan

Pada umumnya parameter yang diukur antara lain *strain*, *stress*, deformasi dan vibrasi dengan menempatkan sensor-sensor dari jenis tertentu sesuai dengan parameter yang akan diukur pada tempat-tempat yang dianggap kritis (*principle structural element*) yang membutuhkan pengamatan.

Pada jembatan Suramadu, parameter yang diukur adalah vibrasi untuk mengetahui pola getar dari badan jembatan, deformasi jembatan untuk mengetahui lendutan badan jembatan, *strain* untuk mengetahui regangan dari komponen-komponen utama jembatan, dan tegangan kabel. Untuk mengukur getaran maka pada badan jembatan dipasang sensor *accelerometer*. Untuk mengukur regangan dipasang *strain gauge* pada *girder* baja dan beton. Untuk mengukur deformasi dan *displacement* digunakan GPS.

Selain itu penggunaan GPS juga diperuntukkan untuk sinkronisasi waktu (*time stamp*). Untuk mengukur tegangan kabel digunakan *electromagnetic sensor*

2.4. Deformasi

Deformasi ialah perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu materi baik merupakan bagian dari alam ataupun buatan manusia dalam skala waktu dan ruang. Deformasi dapat bersifat absolut maupun bersifat relatif. Gerakan titik dikatakan absolut apabila yang dikaji adalah perilaku gerakan titik itu sendiri, sedangkan gerakan titik dikatakan relatif apabila kajian ditujukan kepada gerakan titik yang satu terhadap titik yang lainnya. Materi yang terdeformasi mengalami gaya reaksi yang mengakibatkan perubahan bentuk dan posisi.

Materi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penyebab deformasi, akan mengalami gaya-gaya reaksi yang mengakibatkan perubahan bentuk dan posisi. Perubahan tersebut dapat terjadi dengan lambat maupun cepat. Gaya-gaya reaksi tersebut terdiri dari translasi, rotasi, regangan, dan dilatasi. Deformasi suatu materi ditentukan oleh pergeseran dari partikel-partikel di dalam materi tersebut

(Wahyuningtias, 1996, lihat juga pada Wempner, 1973).

Deformasi yang terjadi pada suatu materi mempunyai sifat gerakan yang dapat dikelompokkan dalam 2 macam sifat pergerakan, yaitu :

1. Gerakan bersifat plastik, yaitu gerakan yang dilakukan oleh materi yang terdeformasi tidak kembali ke bentuk asalnya/bentuk awal setelah gaya deformasi tersebut tidak bekerja padanya (setelah gaya dilepaskan)
2. Gerakan bersifat elastik, yaitu gerakan yang dilakukan oleh materi yang terdeformasi kembali ke asalnya/bentuk awal setelah gaya deformasi tidak bekerja.

Sebuah jembatan mencirikan dua macam deformasi yang berbeda, yaitu gerakan jangka panjang yang disebabkan oleh pondasi, dek jembatan dan tekanan regangan dan gerakan jangka pendek yg disebabkan oleh angin, suhu, pasang surut, gempa bumi dan lalu lintas. Tidak seperti deformasi jembatan jangka panjang, yang tidak dapat kembali ke bentuk aslinya, deformasi jembatan jangka pendek disebut dengan difleksi (*diflection*). Disebut difleksi atau pembelokan dikarenakan objek yang terdeformasi akan kembali ke

posisi dan bentuknya semula jika terlepas dari seluruh muatannya. (Meng, 2001)

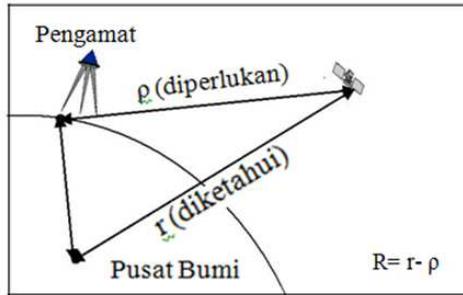
Dalam pembangunan dan perencanaan sipil, survei deformasi sangat bermanfaat untuk memprediksi umur (*lifetime*) suatu struktur yang sangat perlu dipantau, misalnya jembatan. Jembatan merupakan struktur yang sangat rentan terhadap deformasi karena beban yang berlebihan (*overload*) maupun karena pengaruh lainnya. Apabila deformasi tersebut tidak dipantau dengan baik, maka akan menyebabkan kerusakan yang menghabiskan banyak dana maupun korban jiwa yang seharusnya dapat dihindari.

2.5.Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System atau GPS adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Pada dasarnya, konsep penentuan posisi dengan GPS adalah pengikatan ke belakang, yaitu dengan

pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang diketahui koordinatnya. Dalam hal ini receiver GPS harus mempunyai 2 data utama yaitu :

1. Jarak antara *receiver* GPS dengan setiap satelit GPS yang diamati. Posisi/koordinat dari setiap satelit GPS yang diamati. Posisi yang diberikan GPS adalah posisi tiga dimensi yang dinyatakan dalam Datum WGS (*World Geodetic System*) 1984, selain itu GPS juga memberikan informasi waktu (t). Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS diperlihatkan oleh gambar 2.5. Dalam hal ini, parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi
2. geosentrik pengamat (R). Untuk itu, karena vektor posisi satelit GPS (r) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan adalah vektor posisi toposentris satelit terhadap pengamat (ρ).



Gambar 2.4 Prinsip Dasar Penentuan Posisi Satelit GPS
(Abidin, 2007)

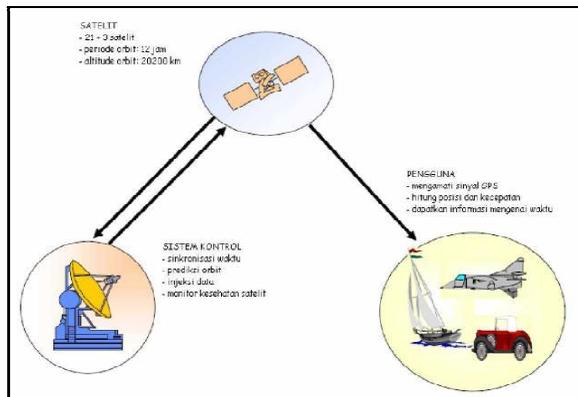
Jarak dari *receiver* GPS ke satelit GPS dapat dihitung dari sinyal yang diterima dari satelit GPS. Sedangkan koordinat satelit GPS diperoleh dari informasi yang dikirimkan oleh satelit GPS tersebut bersama dengan sinyal yang diterima oleh *receiver* GPS. Untuk dapat menghitung koordinat *receiver* GPS, paling sedikit harus ada 4 satelit yang teramati. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi 3 dimensi.

Pada penentuan posisi menggunakan GPS diperlukan adanya minimal 4 satelit yang diamati untuk menentukan/mengestimasi koordinat pengamat (X_p, Y_p, Z_p) serta kesalahan dan offset dari jam receiver GPS (dt). dt adalah waktu yang diperlukan untuk mengimpitkan kedua kode yang diterima dari satelit dengan kode yang diformulasikan dalam receiver. “Waktu” tersebut adalah

lamanya kode tersebut menempuh jarak dari satelit ke pengamatan

2.5.1. Segmen GPS

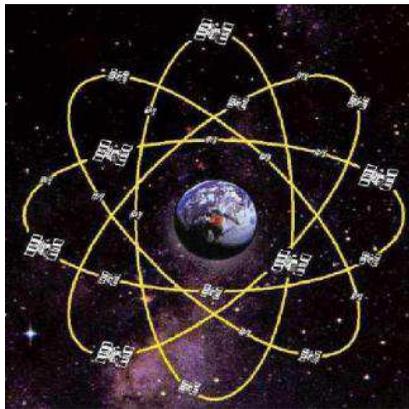
GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segmen*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system control*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat – alat *receiver* dan pengolah data sinyal GPS.



Gambar 2.5 Segmen GPS (Abidin, 2007)

1. Segmen Satelit

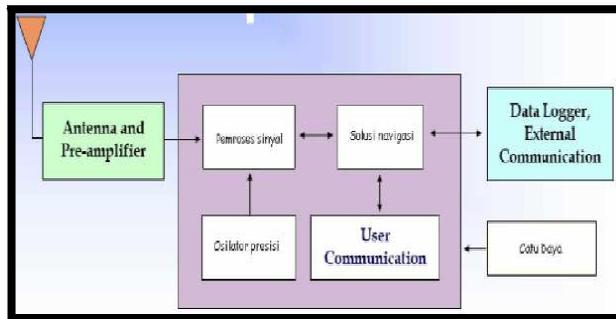
Segmen satelit adalah satelit-satelit GPS yang mengorbit di angkasa. Satelit GPS tersebut dilengkapi antena-antena untuk mengirim dan menerima sinyal-sinyal gelombang. Gelombang tersebut selanjutnya dipancarkan ke bumi dan diterima oleh *receiver-receiver* GPS yang ada di bumi dan dapat digunakan untuk menentukan informasi posisi, kecepatan, dan waktu. Konstelasi standar dari satelit GPS terdiri dari 24 satelit yang menempati 6 bidang orbit dengan eksentrisitas orbit umumnya lebih kecil dari 0,02. Satelit GPS mengelilingi bumi atau mengorbit 2 kali dalam sehari pada ketinggian ± 20.000 km di atas permukaan bumi. Pada setiap waktu paling sedikit 4 satelit dapat kita amati di setiap lokasi di permukaan bumi.



Gambar 2.6 Konfigurasi Orbit Satelit GPS (Abidin, 2007)

2. Segmen Pengguna

Segmen pengguna adalah para pengguna satelit GPS dalam hal ini *receiver* GPS yang dapat menerima dan memproses sinyal yang dipancarkan oleh satelit GPS. *Receiver* GPS yang dijual di pasaran saat ini cukup bervariasi baik dari segi jenis, merek, nilai ketelitian yang diberikan, berat, ukuran maupun bentuknya. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan *receiver* GPS, yaitu antara lain berdasar fungsi, data yang direkam, jumlah kanal ataupun penggunaannya.



Gambar 2.7 Komponen Utama dari *Receiver GPS*
(Abidin, 2007)

Secara sederhana receiver GPS untuk penentuan posisi dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Tipe Navigasi

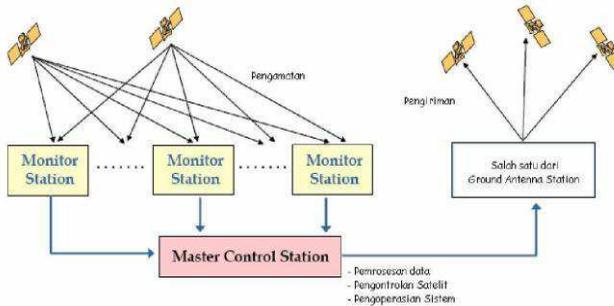
2. Tipe Pemetaan

3. Tipe Geodetic

Receiver GPS tipe navigasi yang sering juga disebut tipe genggam (*handheld receiver*) mempunyai ketelitian yang lebih rendah bila dibandingkan dengan tipe pemetaan dan geodetik (orde 100 m – 10 m). *Receiver* tipe pemetaan dapat memberikan ketelitian posisi hingga orde 5 m – 1 m. Sedangkan *receiver* tipe geodetic adalah tipe yang dapat memberikan ketelitian posisi yang lebih tinggi hingga orde mm.

3. Sistem Kontrol

Sistem kontrol GPS adalah otak dari GPS. Tugas dari segmen sistem kontrol adalah mengatur semua satelit GPS yang ada agar berfungsi sebagaimana mestinya. seluruh satelit GPS yang merupakan informasi vital untuk penentuan posisi dengan satelit.



Gambar 2.8 Skema Kerja Sistem Kontrol GPS (Abidin, 2007)

2.5.2. Sinyal GPS

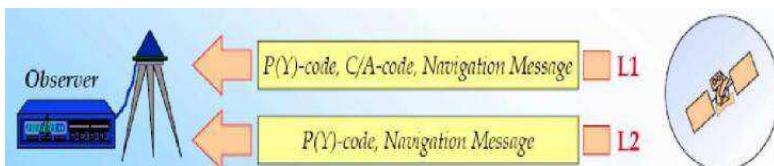
Pada dasarnya sinyal GPS dapat dibagi atas 3 komponen yaitu (Abidin, 2007):

1. Penginformasian jarak (kode) yang berupa kode-P (P = *precise* atau *private*) dan kode-C/A (C/A = *Cuarse Acquisition* atau *Clear Acces*)
 - a. Kode-P mempunyai frekuensi (*chipping rate*) yang lebih tinggi
 - b. Kode-P dimodulasikan pada dua gelombang pembawa, L1 dan L2
Receiver kode-P lebih tahan terhadap "jamming" dibandingkan receiver kode-C/A
 - c. dan lebih bisa menyesuaikan dengan aplikasi yang berdinamika tinggi, seperti untuk pesawat

tempur, peluru kendali, survei hidrografi, dll.

2. Penginformasi posisi satelit (*navigation message*)
3. Gelombang pembawa (*carrier beat phase*)

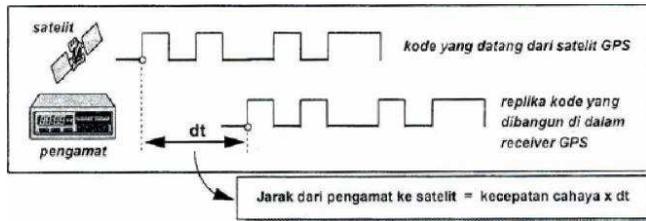
Ada dua besaran dasar yang dapat diperoleh dalam pengamatan menggunakan satelit GPS yaitu *pseudorange* dan *carrier beat phase*. Besaran dasar tersebut digunakan untuk menghitung jarak dari *receiver* ke satelit GPS. Jarak yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung posisi *receiver*. Pesan navigasi berisi informasi tentang koefisien koreksi jam satelit, parameter orbit, almanac satelit, parameter koreksi ionosfer serta informasi lainnya seperti status konstelasi dan kesehatan satelit. Pesan navigasi ini ditentukan oleh segmen sistem control dan dikirimkan ke *receiver* GPS/segmen pengguna melalui satelit GPS. Dari informasi tersebut dapat dihitung koordinat dari satelit GPS yang kemudian digunakan untuk menghitung posisi *receiver*/pengguna.



Gambar 2.9 Sinyal GPS (Abidin, 2007)

a. *Pseudorange*

Pseudorange adalah jarak hasil hitungan oleh *receiver* GPS dari data ukuran waktu rambat sinyal satelit ke *receiver*. Pengukurannya dilakukan *receiver* dengan membandingkan kode yang diterima dari satelit dengan replika kode yang diformulasikan dalam *receiver*. Waktu yang digunakan untuk mengimpitkan kedua kode tersebut adalah waktu yang diperlukan oleh kode tersebut untuk menempuh jarak dari satelit ke pengamat (Abidin, 2007). Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini:



Gambar 2.10 Penentuan Jarak dengan Kode
(Abidin, 2007)

Jarak yang diperoleh dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Jarak = kecepatan cahaya x beda waktu

$$d = c \times t \quad (2.3)$$

Karena jam *receiver* tidak sinkron dengan jam satelit maka jarak di atas masih terkontaminasi oleh kesalahan waktu. Oleh karena itu jarak tersebut dinamakan *pseudorange*.

Ada dua kode yang dikirimkan oleh satelit GPS yaitu kode P dan kode C/A. Kode P mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan kode C/A yaitu (Abidin, 2007):

1. Presisi jarak yang diberikan lebih tinggi yaitu

kode $P = 0,3$ m dan kode $C/A = 3$ m.

2. Efek multipath untuk kode P lebih kecil daripada kode C/A .
3. Kode P dimodulasikan pada dua gelombang pembawa $L1$ dan $L2$ sehingga efek bias ionosfer pada jarak ukur dapat diestimasi.

b. *Carrier beat phase*

Carrier beat phase adalah beda fase yang diukur oleh *receiver* GPS dengan cara mengurangkan fase sinyal pembawa yang datang dari satelit dengan sinyal serupa yang dibangkitkan dalam *receiver*. Skema jarak ukur dari pengamat ke satelit pada epok t dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Penentuan Jarak dengan Data Fase
(Abidin, 2007)

Jarak ukur dihitung dengan rumus (Abidin,

2007) :

$$\text{Jarak} = \text{Panjang gelombang} \times (\phi + N)$$

dimana :

ϕ = hasil ukuran fase total pada pada epok t

N = Jumlah gelombang penuh yang diamati

Untuk merubah data fase menjadi data jarak, bilangan N (*cycle ambiguity*) harus ditentukan terlebih dahulu harganya

2.6. Kesalahan dan Bias Sinyal Satelit

Dalam perjalanannya dari satelit hingga mencapai antena di permukaan bumi, sinyal GPS akan dipengaruhi oleh beberapa kesalahan dan bias. Kesalahan dan bias GPS pada dasarnya dapat dikelompokkan atas kesalahan dan bias yang terkait dengan satelit, medium propagasi, *receiver* GPS, data pengamatan, lingkungan sekitar *receiver* GPS. Kesalahan dan bias

GPS harus diperhitungkan secara benar dan baik, karena besar dan karakteristik dari kesalahan dan bias tersebut akan mempengaruhi ketelitian informasi (posisi, kecepatan, percepatan dan waktu) yang diperoleh

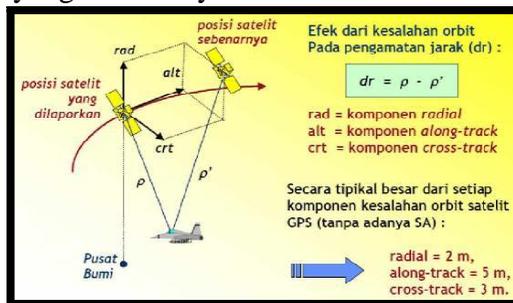


Gambar 2.12 Kesalahan dan Bias GPS (Abidin, 2007)

2.6.1. Kesalahan Satelit

Kesalahan dan bias yang terkait dengan satelit misalnya kesalahan ephemeris, jam satelit dan *selective availability*.

- Kesalahan ephemeris (orbit) adalah kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh ephemeris satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya.



Gambar 2.13 Kesalahan *Ephemeris (Orbit)* (Abidin, 2007)

Kesalahan orbit satelit GPS adalah sekitar 2 m untuk komponen radialnya. Salah satu cara yang dapat diaplikasikan untuk mereduksi kesalahan orbit, yaitu menggunakan informasi orbit yang lebih teliti, misalnya *Precise Ephemeris*.

- b. *Selective availability (SA)* adalah metode yang pernah diaplikasikan untuk memproteksi ketelitian posisi absolute secara real-time yang tinggi dari GPS hanya untuk pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang diberi ijin, yang sudah di non-aktif kan sejak Mei 2000. Kebijakan SA secara sengaja menerapkan beberapa kesalahan yaitu kesalahan waktu satelit ($SA-\delta$) dan kesalahan ephemeris satelit ($SA-\epsilon$).

2.6.2. Kesalahan Medium Propagasi

Kesalahan dan bias yang terkait dengan medium propagasi seperti bias ionosfer dan troposfer
Ionosfer adalah bagian dari lapisan atas atmosfer dimana terdapat sejumlah electron dan ion bebas yang mempengaruhi perambatan gelombang radio. Sinyal GPS harus melalui lapisan ionosfer untuk sampai ke antenna di permukaan bumi, dalam hal ini ionosfer akan mempengaruhi kecepatan,

- a. arah, polarisasi dan kekuatan sinyal GPS yang melaluinya.
- b. Troposfer adalah lapisan atmosfer netral yang berbatasan dengan permukaan bumi dimana temperature menurun dengan membesarnya ketinggian yang berpengaruh pada kecepatan sinyal, atau dengan kata lain terhadap hasil ukuran jarak.



Gambar 2.14 Efek Troposfer (Abidin, 2007)

2.6.3. Kesalahan Receiver GPS

Dari receiver GPS juga dapat menyebabkan kesalahan jam receiver, kesalahan yang terkait dengan antena dan noise (derau). Pusat fase antena adalah sumber radiasi yang sebenarnya, dan dalam konteks GPS merupakan titik referensi yang sebenarnya digunakan dalam pengukuran

sinyal secara elektronis. Titik sumber radiasi yang ideal akan mempunyai muka fase gelombang berbentuk bola serta pusat fase yang tetap. Namun realitanya sumber radiasi deal tersebut sulit direalisasikan pada antenna GPS, maka pusat fase antenna GPS pada umumnya akan berubah-ubah tergantung pada elevasi dan azimuth satelit serta intensitas sinyal dan lokasinya akan berbeda untuk sinyal L1 dan L2.

Menurut Abidin 2006, lihat juga Tranquilla, 1986 berbagai jenis antenna menunjukkan bahwa besarnya perbedaan pusat fase umumnya berkisar 1-6cm, tergantung pada jenis antenna dan sudut elevasi satelit. Adanya perbedaan hingga level cm, maka efek pergerakan pusat fase antenna GPS ini perlu diperhitungkan untuk aplikasi penentuan posisi yang menuntut ketelitian posisi yang relatif tinggi, seperti halnya pemantauan deformasi yang teliti.

2.6.4.Kesalahan Data Pengamatan

Kesalahan dan bias yang berhubungan dengan data pengamatan yaitu ambiguitas fase dan *cycle slip*.

Ambiguitas fase dari pengamatan fase sinyal GPS

2.7. *Traffic load*

Lalu lintas adalah semua kendaraan yang melewati jalan raya. Pada dasarnya medan jalan diklasifikasikan

berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

(PU Bina Marga, 1997)

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

Klasifikasi menurut medan jalan berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.

Lalu lintas yang beragam bervariasi baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbunya. Jumlah volume lalu lintas dan beban yang diangkutnya akan berubah dan bertambah tahun demi tahun, mulai hari peresmian pemakaian jalan sampai akhir umur rencana. Berat total maksimum setiap kendaraan dan konfigurasi sumbunya telah ditetapkan menjadi aturan lalu lintas oleh pemerintah

Dimensi, berat kendaraan, dan beban yang dimuat akan dilimpahkan ke roda kendaraan yang akan menimbulkan gaya tekan. Gaya tekan sumbu kendaraan tersebut

selanjutnya disalurkan ke permukaan jalan bergantung dari berat total kendaraan tersebut. Beban tersebut akan lewat berulang-ulang sesuai dengan banyaknya lalu lintas perhari dan bertambah sampai selama umur rencana. Beban yang berulang-ulang menimbulkan getaran dan lendutan yang berulang-ulang pula.

Dalam perhitungan lalu lintas campuran, untuk menghitung beban kendaraan, digunakan satuan mobil penumpang. Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah jumlah mobil penumpang yang digantikan tempatnya oleh kendaraan jenis lain dalam kondisi jalan, lalu lintas dan pengawasan yang berlaku. Dalam hal ini mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. Untuk melihat nilai dari jenis kendaraan lainnya terhadap mobil penumpang, Dinas Pekerjaan Umum menetapkan Ekuivalen mobil Penumpang (EMP). EMP adalah factor dari berbagai kendaraan dibandingkan terhadap mobil penumpang sehubungan dengan pengaruhnya kepada kecepatan mobil penumpang dalam arus lalu lintas campuran.

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TBM/1997 jenis kendaraan dibagi seperti pada tabel 2.2. LV (kendaraan ringan) dianggap sebagai satuan mobil

penumpang sehingga nilai empunya selalu 1,0. Emp untuk bus besar (LB) adalah 2,5, namun tergantung dari tipe jalan dan keadaanya jalan tersebut.

Dalam menentukan beban kendaraan untuk suatu jalan bebas hambatan, dibagi menjadi beberapa tipe jalan, yaitu jalan bebas hambatan dua-lajur, dua-arah tak terbagi (MW 2/2 UD), jalan bebas hambatan empat-lajur dua-arah terbagi (MW 4/2 D), jalan bebas hambatan enam atau delapan-lajur terbagi (MW 6/2D atau MW 8/2D). Jembatan Suramadu tergolong dalam jalan bebas hambatan enam lajur terbagi (MW 6/2D) yang memiliki lebar jembatan 2x15.0 meter

Tabel 2.2 Jenis Kendaraan Berdasarkan MKJI

No.036/TBM/1997

MC	SEPEDA MOTOR	Sepeda motor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
	KENDARAAN	Kendaraan bermotor beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2,0 - 3,0

LV	RINGAN	m (termasuk kendaraan penumpang, oplet, mikro bis, pick-up dan truk kecil, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
MHV	KENDARAAN BERAT MENENGAH	Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 - 5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
LT	TRUK BESAR	Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
LB	BIS BESAR	Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 - 6,0 m.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

