

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bendungan

Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air. Kebanyakan dam juga memiliki bagian yang disebut pintu air untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan (*Wikipedia*). Bendungan memiliki beberapa manfaat penting antara lain irigasi, penyediaan air bersih, sebagai PLTA, pengendali banjir, perikanan, pariwisata dan olahraga air. Dalam pembangunan bendungan tentu bertujuan untuk memberikan manfaat dan kesejahteraan bagi masyarakat. Pembangunan ditujukan untuk mencapai kondisi yang lebih baik dari sebelumnya.

Bendungan merupakan bangunan air yang dibangun secara melintang sungai, sedemikian rupa agar permukaan air sungai di sekitarnya naik sampai ketinggian tertentu, sehingga air sungai tadi dapat dialirkan melalui pintu sadap ke saluran-saluran pembagi kemudian hingga ke lahan-lahan pertanian (*Kartasapoetra, 1991:37*). Suatu bendungan dapat dipandang dari beberapa segi yang masing-masing menghasilkan tipe bendungan yang berbeda-beda. Dalam hal ini pembagian dari tipe bendungan dapat dilihat dari tujuh keadaan, yaitu: berdasarkan ukurannya, tujuan pembangunannya, penggunaannya, jalannya air, konstruksi, fungsinya dan menurut ICOLD (*The International Commission on Large Dams*).

Bendungan mempunyai bermacam-macam jenis, antara lain (*Sarono .W, Eko and Asmoro, Widhi; 2007*):

1. Tipe bendungan berdasarkan pembangunannya:
 - a. Bendungan dengan tujuan tunggal (*single purpose dam*) adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya

- untuk pembangkit tenaga listrik, irigasi, pengendali banjir, atau tujuan lainnya tetapi hanya untuk satu tujuan saja.
- b. Bendungan serbaguna (*multipurpose dam*) adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan, misalnya: Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan irigasi, pengendali banjir dan PLTA, air minum dan irigasi, dan lain sebagainya.
2. Tipe bendungan berdasarkan penggunaannya:
 - a. Bendungan penampung air (*storage dam*) adalah bendungan yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan, termasuk dalam bendungan penampung adalah tujuan rekreasi, perikanan, pengendali banjir, dan lain-lain.
 - b. Bendungan pembelok (*diversion dam*) adalah bendungan yang digunakan untuk meniggikan muka air, biasanya untuk keperluan mengalirkan air ke dalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan.
 - c. Bendungan penahan (*detention dam*) adalah bendungan yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (*outlet*). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap di daerah sekitarnya.
 3. Tipe bendungan berdasarkan jalannya air:
 - a. Bendungan untuk dilewati air (*overflow dam*) adalah bendungan yang dibangun untuk dilimpasi air pada bangunan pelimpah (*spillway*).
 - b. Bendungan untuk menahan air (*non overflow dam*) adalah bendungan yang sama sekali tidak boleh dilimpasi air.
 4. Tipe bendungan berdasarkan material pembentuknya:
 - a. Bendungan urugan (*rock fill dam, embankment dam*) adalah bendungan yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material) tanpa tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimiawi, jadi betul-betul bahan pembentuk bangunan asli. Bendungan ini masih dibagi lagi menjadi dua yaitu bendungan urugan serba sama

(*homogeneous dam*) adalah bendungan apabila bahan yang membentuk tubuh bendungan tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan mempunyai gradasi (susunan ukuran butiran) hampir seragam. Kedua adalah bendungan zonal, adalah bendungan apabila timbunan yang membentuk tubuh bendungan terdiri dari batuan dengan gradasi (susunan ukuran butiran) yang berbeda-beda dalam urutan pelapisan tertentu.

- b. Bendungan beton (*concrete dam*) adalah bendungan yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir tidak sama pada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya ramping. Bendungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu bendungan beton berdasarkan berat sendiri stabilitas tergantung pada massanya, bendungan beton dengan penyangga (*butterss dam*) dimana permukaan hulu menerus dan hilirnya pada jarak tertentu ditahan, bendungan berbentuk lengkung serta bendungan beton kominasi.

Beberapa manfaat yang diberikan oleh waduk antara lain (*Sarono .W, Eko and Asmoro, Widhi; 2007*):

1. Irigasi

Pada saat musim hujan, air hujan yang turun di daerah tangkapan air sebagian besar akan ditampung sehingga pada musim kemarau air yang tertampung tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain sebagai irigasi lahan pertanian.

2. Penyediaan Air Baku

Waduk selain sebagai sumber untuk pengairan persawahan juga dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum dimana daerah perkotaan sangat langka dengan air bersih.

3. Sebagai PLTA

Dalam menjalankan fungsinya sebagai PLTA, waduk dikelola untuk mendapatkan kapasitas listrik yang dibutuhkan. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang biasanya terintegrasi dalam bendungan dengan memanfaatkan energi mekanis aliran air untuk memutar turbin, diubah menjadi energi listrik melalui generator.

4. Pengendali Banjir

Sungai dengan debit air yang besar jika tidak dikendalikan dengan cermat maka akan membahayakan masyarakat sekitar sungai, maka permasalahan tersebut dapat dijadikan sebagai latar belakang dari pembangunan waduk. Pada saat musim hujan, air hujan yang turun di daerah tangkapan air sebagian besar akan mengalir ke sungai-sungai yang pada akhirnya akan mengalir ke hilir sungai yang tidak jarang mengakibatkan banjir di kawasan hilir sungai tersebut, apabila kapasitas tampung bagian hilir sungai tidak memadai. Dengan dibangunnya bendungan-bendungan di bagian hulu sungai maka kemungkinan terjadinya banjir pada musim hujan dapat dikurangi dan pada musim kemarau air yang tertampung tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain untuk pembangkit listrik tenaga air, untuk irigasi lahan pertanian, untuk perikanan, untuk pariwisata dan lain-lain.

5. Perikanan

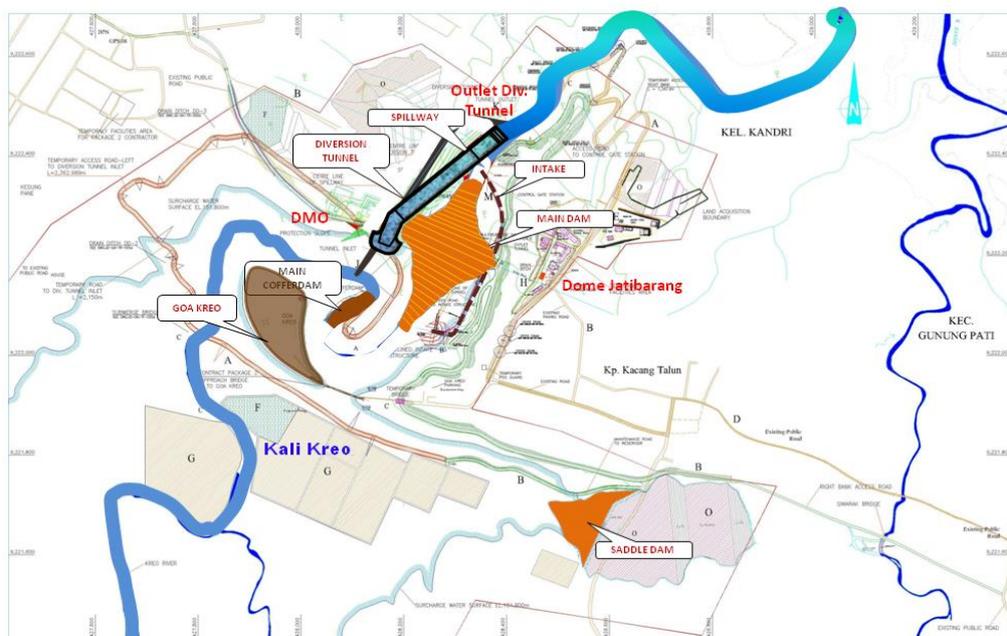
Untuk mengganti mata pencaharian para penduduk yang tanahnya digunakan untuk pembuatan waduk dari mata pencaharian sebelumnya beralih ke dunia perikanan dengan memanfaatkan waduk untuk peternakan ikan di dalam jaring-jaring apung atau karamba-karamba.

6. Pariwisata dan Olahraga Air

Dengan pemandangan yang indah waduk juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi dan selain tempat rekreasi juga dimanfaatkan sebagai tempat olahraga air maupun sebagai tempat latihan para atlet olahraga air.

Bendungan Jatibarang adalah sebuah bendungan serbaguna yang dibangun di Sungai Kreo ±10 KM di hulu pertemuan dengan Kali Garang. Beberapa latar belakang pembangunan bendungan Jatibarang adalah (*BBWS Pemali Juana*):

1. Bencana banjir besar yang terjadi di Kota Semarang pada tahun 1973, 1988, 1990 dan 1993. Banjir pada tahun 1990 menyebabkan kematian 47 jiwa.
2. Kekurangan pasokan air baku terutama pada musim kemarau yang terjadi setiap tahun. Hal ini diperparah dengan pertumbuhan penduduk setiap tahun dan kerusakan lingkungan.
3. Penurunan tanah akibat eksploitasi air tanah yang berlebihan.
4. Intrusi air laut melalui sungai dan saluran air yang terjadi hampir setiap air laut pasang.

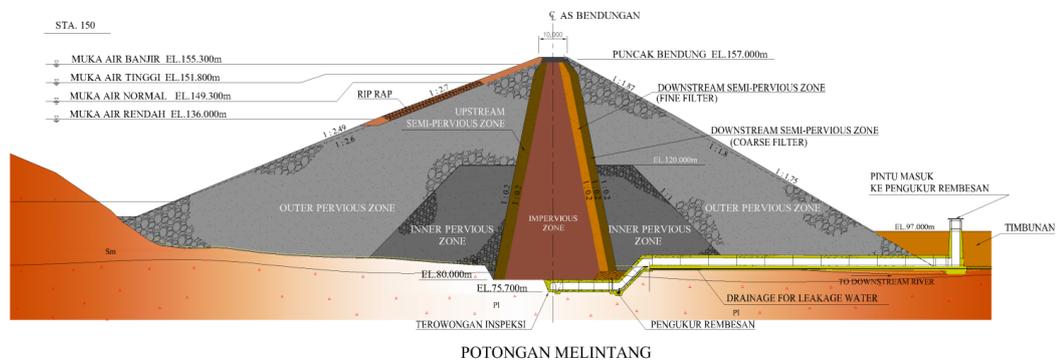


Gambar 0.1. General Plan Pembangunan Bendungan Jatibarang (BBWS Pemali Juana)

Proyek pembangunan bendungan itu merupakan salah satu proyek dari “Proyek Pengendalian Banjir dan Pengembangan Sumberdaya Air di Semarang” bersama dengan perbaikan Kali Garang/banjir Kanal Barat dan sistem drainase kota di Semarang. Manfaat pokok dari pembangunan waduk Jatibarang adalah

pengendali banjir, penyedia air minum 1.050 liter/detik, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan kapasitas 1.500 KW, tempat/objek pariwisata, meningkatkan perekonomian dan meningkatkan kualitas lingkungan sekitar waduk.

Data teknis dari Bendungan Jatibarang, tipe bendungannya urugan batu berzona dengan inti di tengah, tinggi bendungan 77 m, panjang puncak bendungan 200 m, elevasi puncak 157 m, lebar puncak 10 m, luas permukaan waduk 1,1 km², daerah tangkapan air 54 km², dan total daya tampung air sebesar 20,4 juta m³.



Gambar 0.2. Tipikal tubuh potongan melintang Bendungan Jatibarang (BBWS Pemali Juana)

Data geologi merupakan salah satu bukti atau argumentasi yang paling meyakinkan mengenai aktivitas sesar adalah terpotong atau tidak terpotongnya batuan yang dapat dijadikan sebagai satuan data. Jika Holosen adalah ukuran untuk aktivitas sesar, maka satuan batuan berumur Holosen yang dipotong sesar dapat menjadi tempat yang ideal untuk pengamatan. Dalam hal sesar Jatibarang batuan sedimen Holosen yang terendapkan pada daerah genangan tidak tersesarkan dan alihan sesar tidak dijumpai pada permukaan ber relief rendah yang terletak di sisi barat perpanjangan sesar.

Data geomorfologi, kesegaran dan jenis ekspresi geomorfik dari sesar berhubungan dengan umur sesar. Banyak bentang alam seperti kolam, retakan/celah terbuka, dan lereng yang curam mengisyaratkan proses geologi muda dan lebih lanjut dapat membantu untuk mengidentifikasi jalur atau jejak

zona sesar yang aktif. Dalam hal sesar Jatibarang indikator geomorfik tersebut di atas tidak ditemukan.

Data seismologi, kejadian gempa sepanjang zona sesar secara jelas menunjukkan bahwa sesar tersebut aktif. Pada kasus Sesar Jatibarang secara historis tidak ada kejadian gempa yang disebabkan oleh pergerakan sesar ini.

Mempertimbangkan pengamatan tersebut di atas, Sesar Jatibarang dapat dianggap sebagai sesar tidak aktif. Meskipun demikian, pengisian reservoir dapat menyebabkan pergerakan pada sesar yang secara normal dianggap tidak aktif mengingat fakta bahwa pengisian reservoir dapat menghasilkan distribusi tekanan. Selain itu, sesar Jatibarang terletak sekitar 400 m di hulu tapak bendungan, dan tidak mengarah secara langsung ke pondasi bendungan sehingga jika sesar ini bergerak di waktu mendatang, pondasi bendungan tidak akan terpengaruh oleh alihan sesar (*BBWS Pemali Juana*).

2.2. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu materi atau perubahan kedudukan (*Kuang 1996 dalam Gina, 2012*). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif).

Seperti halnya bendungan-bendungan lain, Bendungan Jatibarang-pun rawan dari deformasi yang disebabkan oleh berbagai muatan-muatan dan gaya-gaya diantaranya berat bendungan sendiri, tekanan pori, tekanan hidrostatis, dan faktor pengaruh lainnya.

Ketika suatu batuan mengalami peningkatan gaya tegangan maka akan terjadi tiga tahapan:

1. Deformasi elastis (*elastic deformation*) terjadi apabila sifat gaya tariknya dapat berbalik (*reversible*), kembali seperti semula.

2. Deformasi lentur (*ductile deformation*) terjadi apabila sifat gaya tariknya tidak dapat kembali lagi (*irreversible*) mengakibatkan perubahan bentuk dan volume secara permanen, sehingga bentuknya berlainan dengan bentuk semula.
3. Retakan/rekahan (*fracture*), deformasi yang melampaui batas elastis karena sifat gaya tariknya yang tidak kembali lagi sehingga batuan pecah/retak.

Ada dua sifat deformasi, yaitu:

1. Sifat elastik, yaitu suatu materi yang mengalami deformasi akan kembali ke bentuk semula setelah gaya deformasinya tidak bekerja lagi pada materi tersebut.
2. Sifat plastik, yaitu suatu materi yang mengalami deformasi tidak akan kembali ke bentuk semula setelah terdeformasi karena efek-efek yang terjadi menempel pada materi tersebut.

Untuk mengetahui terjadinya deformasi pada suatu tempat diperlukan suatu survei, yaitu survei deformasi dan geodinamika. Survei deformasi dan geodinamika sendiri adalah survei geodetik yang dilakukan untuk mempelajari fenomena-fenomena deformasi dan geodinamika. Fenomena-fenomena tersebut terbagi atas dua, yaitu fenomena alam seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api, dan lain-lain. Fenomena yang lain adalah fenomena manusia seperti bangunan, jembatan, bendungan, permukaan tanah, dan sebagainya.

2.3. GPS (Global Positioning System)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang berbasiskan pada pengamatan satelit-satelit *Global Positioning System* (Abidin, 2001; Hofmann-Wellenhof et al., 1997). GPS adalah sistem satelit navigasi yang paling populer dan paling banyak diaplikasikan di dunia pada saat ini, baik di darat, laut, udara, maupun angkasa. Disamping aplikasi-aplikasi militer, bidang-bidang aplikasi GPS yang cukup marak saat ini antara lain meliputi survei pemetaan, geodinamika, geodesi, geologi, geofisik,

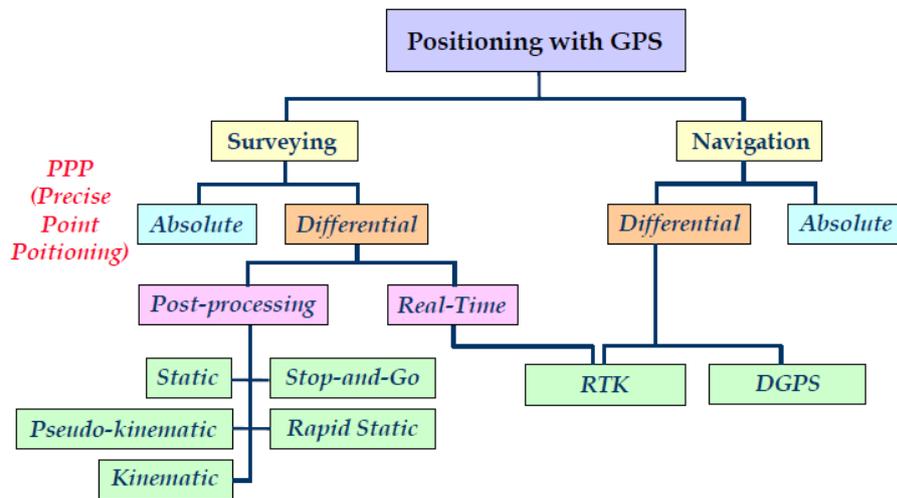
transportasi dan navigasi, pemantauan deformasi, pertanian, kehutanan, dan bahkan juga bidang olahraga dan rekreasi. Di Indonesia sendiri penggunaan GPS sudah dimulai sejak beberapa tahun yang lalu dan terus berkembang sampai saat ini baik dalam volume maupun jenis aplikasinya. Salah satu aplikasinya adalah untuk monitoring deformasi bendungan.

Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (Abidin, 2007).

Ada tiga macam tipe alat GPS, dengan masing-masing memberikan tingkat ketelitian (posisi) yang berbeda-beda, yaitu:

1. Tipe navigasi (Handheld, Handy GPS). Tipe navigasi memiliki ketelitian posisi yang diberikan saat ini baru dapat mencapai tiga sampai enam meter.
2. Tipe geodetik *single frequency* (tipe pemetaan), yang biasa digunakan dalam survey dan pemetaan yang membutuhkan ketelitian posisi sekitar centimeter sampai dengan beberapa desimeter.
3. Tipe geodetik *dual frequency* yang dapat memberikan ketelitian posisi hingga mencapai milimeter. Tipe ini biasa digunakan untuk aplikasi *precise positioning* seperti pembangunan jaring titik kontrol, survei deformasi, dan geodinamika.

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan kebelakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Penentuan posisi dengan GPS dapat dilakukan dengan berbagai metode yang masing-masing mempunyai karakteristik tersendiri. Secara umum metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS dapat diklasifikasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.3.



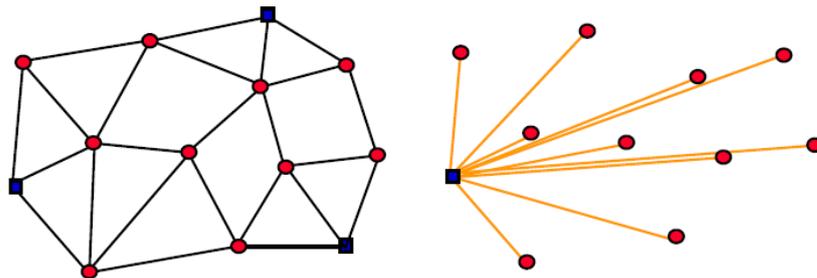
Gambar 0.3. Penentuan Posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

Penentuan posisi dengan teknologi GPS dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode absolut dan metode relatif. Metode absolut atau sering disebut *point positioning* merupakan penentuan posisi suatu titik yang dapat ditentukan dengan menggunakan sebuah *receiver* GPS. Posisi titik pengamatan ini direferensikan terhadap pusat dari sistem koordinat.

Prinsip penentuan posisi GPS metode relatif adalah penentuan suatu titik pengamatan yang ditentukan relatif terhadap posisi titik yang lain yang diketahui koordinatnya. Pengukuran dengan metode ini minimal membutuhkan dua *receiver* GPS. Pengukuran antar dua titik pengamatan akan menghasilkan suatu jarak yang dikenal sebagai jarak basis (*baseline*). Pengukuran metode relatif ini ada dua macam, yaitu statik dan kinematik. Relatif statik jika pengukuran dilakukan dengan minimal dua *receiver* GPS dengan posisi diam. Sedangkan relatif kinematik jika salah satu *receiver* GPS bergerak, sehingga salah satu titik pengamatan dianggap sebagai *base station* (titik kontrol).

Disamping itu, 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 lebih baik.

Dalam pelaksanaan survei GPS umumnya dilakukan baseline per baseline selama selang waktu tertentu (beberapa menit sampai beberapa hari bergantung tingkat ketelitian yang diinginkan). Seandainya dalam survei menggunakan lebih dari dua receiver GPS, maka pada satu sesi pengamatan (*observing session*) dapat diamati lebih dari satu baseline sekaligus. Geometri jaring survei GPS terdapat dua macam, yaitu moda jaringan dan moda radial.



Gambar 0.4. Moda Jaringan dan Moda Radial (Abidin, 2002)

Seandainya semua parameter pengamatan yang digunakan adalah sama, maka moda jaringan umumnya akan memberikan ketelitian posisi yang lebih baik dan lebih dapat diandalkan dibandingkan dengan moda radial. Disamping itu moda jaringan juga punya mekanisme kontrol kualitas internal yang lebih baik dibandingkan moda radial. Oleh sebab itu pada survei GPS untuk keperluan yang menuntut ketelitian yang relatif tinggi untuk seluruh titiknya, penggunaan moda jaringan lebih dianjurkan daripada moda radial.

2.4. Metode Monitoring Deformasi Bendungan

Metoda pemantauan deformasi bendungan yang biasa digunakan ada dua, yaitu Metode Geodetik dan Metode Non Geodetik. Analisis data deformasi ada dua macam yaitu Analisis Geometrik dan Analisis Interpretasi Fisik. Metoda Geodetik dilakukan dengan cara Pengukuran Sipat Datar, Pengukuran Jarak dengan EDM, atau dengan memanfaatkan teknologi *Global Positioning System* (GPS), sedangkan Metoda Non Geodetik dilakukan dengan menggunakan tilt meter, strain meter, dan beberapa aplikasi lainnya.

Pemantauan bendungan bergantung pada pengukuran jangka panjang dari gerakan struktural kecil secara berkala. Teknik survei dan instrumentasi geoteknik

efektif dapat memantau mode pergerakan satu-dimensi atau dua-dimensi. Sebagai tambahan dari instrumentasi geoteknik yang ada, *Global Positioning System* (GPS) menawarkan metode yang dapat diandalkan dan efisien untuk memantau pergerakan tiga-dimensi. Sampai saat ini, teknologi GPS telah berhasil diterapkan untuk berbagai aplikasi pemantauan deformasi. Hal ini disebabkan oleh kemudahan penggunaan, dan kemampuan akurasi yang sangat tinggi ketika perangkat keras perangkat lunak, yang sesuai dan prosedur lapangan (<http://sermo.te.ugm.ac.id/> diakses pada: 18 Februari 2014.).

Dalam pengamatan GPS untuk monitoring deformasi, dibutuhkan stasiun referensi dan stasiun pengamatan yang digunakan untuk mengetahui deformasi yang terjadi.

2.5. Prinsip Monitoring Deformasi Bendungan Dengan GPS

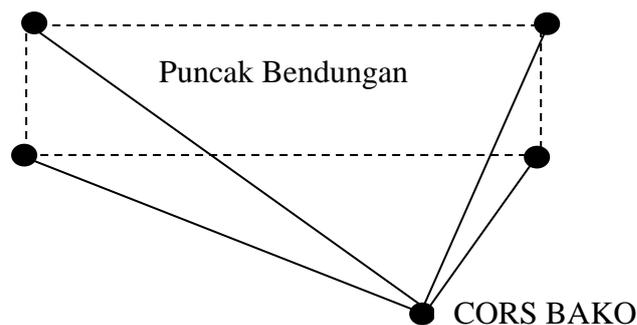
Prinsip monitoring deformasi bendungan dengan metode survei GPS yaitu dengan menempatkan beberapa titik pantau di beberapa lokasi yang dipilih di sekitar bendungan, secara periodik untuk ditentukan koordinatnya secara teliti dengan menggunakan metode survei GPS. Dengan mempelajari pola dan kecepatan perubahan koordinat dari titik-titik tersebut dari survei yang satu ke survei berikutnya, maka karakteristik penurunan tanah akan dapat dihitung dan dipelajari lebih lanjut.

GPS memberikan nilai vektor deformasi bendungan dalam tiga dimensi yaitu dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal. GPS memberikan nilai vektor deformasi bendungan dalam suatu sistem koordinat referensi yang tunggal. Jadi disamping memberikan informasi tentang besarnya deformasi bendungan dalam arah horizontal, GPS juga sekaligus memberikan informasi tentang deformasi bendungan dalam arah vertikal.

Metode itu memungkinkan GPS dapat digunakan untuk memantau pergerakan bendungan secara efektif dan efisien. GPS dapat memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai beberapa mm, dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun secara temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini maka diharapkan besarnya deformasi

pada tubuh bendungan dengan nilai geometrik yang kecil sekalipun akan dapat terdeteksi dengan baik (http://geodesy.gd.itb.ac.id/?page_id=95 diakses pada: 21 Februari 2014).

Dalam hal ini, titik-titik pantau sebaiknya ditempatkan pada permukaan atas dinding dam serta pada zona tekanan bendungan tersebut. Posisi titik-titik pantau ditentukan secara teliti, relatif terhadap beberapa titik kontrol GPS yang ditempatkan pada daerah stabil yang berada di luar zona deformasi bendungan. Dalam pemantauan deformasi bendungan dengan metode survei GPS, multipath dan visibilitas satelit yang kurang merata, akan menjadi problem utama pada pengamatan titik-titik pantau GPS di zona tekanan yang berada di sekitar dinding dam (Abidin, 2007).



Gambar 0.5. Jaring GPS untuk studi deformasi bendungan

2.6. TEQC (Translation, Editing and Quality Check)

TEQC merupakan perangkat lunak untuk evaluasi data GPS yang akan diolah. TEQC dikeluarkan oleh UNAVCO yang mempunyai fungsi (UNAVCO, 2013):

1. *Translation*. TEQC dapat digunakan untuk melakukan perubahan atau konversi data dari data biner menjadi data RINEX.
2. *Editing*. TEQC dapat digunakan untuk melakukan ekstraksi, mengedit dan melakukan koreksi dari data RINEX hasil konversi.
3. *Quality check*. TEQC dapat digunakan untuk melakukan pengecekan kualitas data pengukuran GPS.

2.7. GAMIT/GLOBK

GAMIT (*GPS Analysis Massachusset Institute of Technology*) dan GLOBK (*Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program*) yang merupakan perangkat lunak yang bersifat ilmiah dan bersifat open source dengan platform berbasis UNIX/LINUX.

GAMIT adalah sebuah paket perangkat lunak ilmiah yang digunakan untuk pengolahan data pengamatan GPS yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Techology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*) dan *Harvard University* dengan dukungan dari *National Science Foundation* untuk melakukan analisis pengamatan GPS yaitu estimasi koordinat stasiun, percepatan, fungsi post-seismik deformasi, *atmospheric delay*, orbit satelit dan parameter orientasi bumi. Perangkat lunak ini dapat diperoleh tanpa perjanjian tertulis atau royalti oleh perguruan tinggi dan instansi pemerintah untuk tujuan non-komersial. Perangkat lunak ini dapat menghasilkan posisi relatif tiga dimensi stasiun bumi, orbit satelit, dan parameter orientasi bumi.

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan data survey terestris ataupun data survei ekstra terestris. Kunci dari data input pada GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit dan koordinat hasil pengamatan lapangan (*Herring, dkk., 2010*).

GAMIT adalah program yang memasukkan algoritma hitung kuadrat terkecil dengan parameter berbobot untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, parameter orbit dan rotasi bumi, *zenith delay* dan ambiguitas fase melalui pengamatan *double difference*. GAMIT ini bisa running dengan masukan data RINEX, BRDC, IGS, dan Tables. Kelebihan dari software ini adalah bisa memasukkan data koreksi atmosfer, pasang surut laut, dan pemodelan cuaca. Pembobotan stasiun pengamatan, informasi stasiun, koordinat pendekatan, edit sesi pengamatan bisa dimasukkan dalam pengolahan data dengan software ilmiah ini. Hasil keluaran dari software GAMIT berupa estimasi dan matrik kovarian dari posisi stasiun dan parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada GLOBK. GLOBK adalah kalman filter yang tujuan utamanya

untuk mengkombinasikan solusi dari data yang telah di proses di GAMIT dengan pengamatan *space geodesy*, sehingga didapat estimasi posisi dan kecepatannya.

Pengolahan data pengamatan GPS dengan GAMIT dilaksanakan melalui 4 tahapan pengolahan, yaitu *makexp*, *makex*, *fixdrv* dan *batch processing*. Hasil akhir dari pengolahan data pengamatan GPS dengan GAMIT berupa file Q, file H dan file L. File H digunakan untuk proses selanjutnya yaitu pengolahan dengan perangkat lunak GLOBK. File H hasil pengolahan dengan GAMIT dan file H global hasil download dari internet (IGS H-files) selanjutnya diolah dengan GLOBK. Hasil akhir pengolahan dengan GLOBK berupa file ***.prt** yang merupakan perhitungan akhir terhadap koordinat dan ketelitian tiap stasiun, panjang *baseline*, ketelitian dan matrik *baseline*-nya.

