

**APLIKASI GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) DALAM SURVEI
PEMETAAN SITUS SEJARAH DAN PURBAKALA**
*(The Application of Global Positioning System (GPS) in Mapping Survey of Historical
and Archeological Site)*

Oleh :

Nurul Khakhim

*Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Telp (0274) 902336, Telex : 25135 Yogyakarta*

ABSTRACT

Technical development of Global Positioning System (GPS) is the positional determination system of ground control point in the earth surface, which based on satellite. It leads to the significant influence on the methodological aspect of positional determination survey in the earth surface. Global Positioning System gives the three dimension position (X, Y, Z) or longitudinal, latitude and altitude which are formulated in the reference of World Geodetic System (WGS) in 1984. The data characteristic is the first data, which is required in the survey of limit mapping of historical and archeological site. This article tries to explain the possibility of using the technology of Global Positioning System (GPS) to map the archeological site which contains of potential, obstacle, methodology and case study in Boko Prambanan temple area. It is also utilized to the possibility of using the Geographical Information System (GIS) to analyze the spatial existence site of environmental condition.

Key word : Global Positioning System; mapping of historical and archeological site; Geographical Information System (GIS)

PENDAHULUAN

Latar Belakang Permasalahan

Global Positioning System (GPS) adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit (Abidin, 2000). Sistem ini didesain untuk memberikan terutama informasi posisi suatu titik di permukaan bumi. Istilah posisi di permukaan bumi biasanya dinyatakan dengan koordinat yang mengacu pada suatu sistem koordinat tertentu, sehingga dikenal istilah koordinat geografis, koordinat UTM (Universal Transverse Mercator), ataupun koordinat dalam sistem yang lain yang digunakan oleh negara-

negara di dunia. Kemampuan yang cukup mendasar dari sistem ini adalah sifatnya yang global dalam hal pengamatan dan pengukuran yang dapat dilakukan setiap waktu tanpa tergantung cuaca, dimana-pun di atas permukaan bumi ini oleh banyak orang sekaligus, dengan mengacu pada satu global datum yaitu WGS 1984. Karakteristik ini sangat menguntungkan untuk kondisi Indonesia yang wilayahnya sangat luas dengan ribuan pulau yang terpisah satu sama lain, dengan pengertian bahwa survei dan pemetaan yang dilakukan di Jawa misalnya akan memberikan posisi titik-titik yang datumnya sama

dengan titik-titik yang diperoleh dari survei dan pemetaan di Sumatera, meskipun tidak ada hubungan secara langsung antara kedua survei GPS yang bersangkutan. Disamping itu, dalam survei GPS tidak diperlukan saling keterlihatan antar titik-titik target seperti halnya dalam pengukuran terestris menggunakan alat survei, hanya diperlukan keterlihatan titik-titik target dengan satelit GPS. Hal ini akan memberikan keuntungan yang cukup besar dalam hubungannya dengan efektifitas dan fleksibilitas pengukuran yang dilakukan.

Dalam pemetaan situs purbakala, selama ini menggunakan metode pengukuran secara terestris menggunakan alat survei (seperti theodolit) yaitu dengan menentukan sudut/arah terhadap utara, jarak dan beda tingginya. Data yang diperoleh masih merupakan data mentah yang memerlukan pengolahan lebih lanjut sampai dihasilkan informasi tentang arah, jarak dan beda tingginya. Data yang dihasilkan memang cukup teliti untuk menggambarkan kondisi atau batas suatu situs pada skala besar. Meskipun demikian, muncul permasalahan berkaitan dengan posisi/letak situs tersebut dalam skala yang global apabila situs tersebut ingin dimasukkan dalam peta dasar standar nasional maupun dunia, mengingat bahwa data hasil pengukuran dengan metode terestris bukan merupakan data koordinat, sehingga diperlukan peta dasar yang telah tersedia untuk memandu penelusuran situs tersebut dengan mengenali dan mengukur tanda-tanda

alam yang ada di lapangan dan juga tergambar di peta dasar tersebut. Hal ini akan terasa sangat menyulitkan kalau peta dasar atau peta topografi untuk lokasi situs tersebut belum ada termasuk titik-titik kontrol pemetaan, padahal situs tersebut mempunyai nilai yang luar biasa secara internasional. Permasalahan yang kedua yang mungkin timbul adalah apabila areal situs purbakala yang akan dipetakan mempunyai areal yang sangat luas dan terletak di tengah hutan yang cukup lebat, kondisi seperti ini apabila dilakukan pengukuran dengan metode terestris akan memerlukan waktu dan tenaga yang cukup besar, disamping masih tetap diperlukannya pengolahan data hasil pengukuran lapangan.

Solusi yang mungkin dapat ditawarkan untuk mengatasi permasalahan di atas adalah digunakannya metode survei dengan GPS untuk pemetaan situs purbakala, dengan memanfaatkan beberapa kelebihan seperti yang telah disebutkan pada awal pendahuluan ini. Mengingat bahwa ketelitian posisi yang diberikan oleh GPS mempunyai spektrum yang cukup bervariasi dari yang sangat teliti (orde milimeter) sampai yang biasa-biasa saja (orde puluhan meter), maka penggabungan antara metode terestris dan metode GPS adalah merupakan alternatif yang cukup baik untuk memperoleh hasil pemetaan situs purbakala yang cukup teliti, dengan catatan bahwa jenis alat (*receiver*) GPS yang kita pakai adalah tipe navigasi dengan ketelitian posisi sampai orde meter.

APLIKASI GPS UNTUK PEMETAAN SITUS SEJARAH DAN PURBAKALA

Potensi dan Kendala

Penentuan posisi di permukaan bumi dapat dilakukan secara terestris dan ekstra-terestris. Metode terestris artinya bahwa pengukuran dan pengamatan suatu titik di permukaan bumi semuanya dilakukan di permukaan bumi, sedangkan metode ekstra terestris artinya bahwa penentuan posisi di permukaan bumi dilakukan dengan melakukan pengukuran atau pengamatan ke obyek/benda di angkasa, baik yang alamiah (seperti bulan, bintang) maupun yang buatan manusia seperti satelit. Salah satu penerapan metode ekstra-terestris adalah metode GPS. Karena berbasis satelit, sedangkan jumlah satelit GPS yang mengorbit di angkasa berjumlah 24 dan mempunyai ketinggian sekitar 20.000 km di atas permukaan bumi, menyebabkan GPS dapat meliputi wilayah yang cukup luas, sehingga akan dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus pada saat yang sama, serta pemakaiannya tidak bergantung pada batas-batas alam maupun batas politik, disamping juga pemakaian GPS tidak terlalu terpengaruh dengan kondisi topografi daerah survei seperti yang dialami dalam penggunaan metode terestris. Hal ini akan sangat bermanfaat sekali dalam memetakan maupun merekonstruksi kembali titik-titik lokasi situs purbakala yang letaknya sangat tidak terduga (kadang di tengah hutan lebat atau di lokasi terpencil lainnya yang belum

pernah dijajah manusia). Namun demikian, pada survei penentuan dengan GPS, pemrosesan data GPS dan penganalisaan hasilnya bukanlah sesuatu hal yang mudah, meskipun proses pengumpulan data lapangan dengan GPS relatif mudah. Ketelitian posisi yang didapat dengan pengamatan GPS secara umum akan bergantung pada beberapa faktor antara lain pada kualitas *receiver* GPS dan tipe data yang digunakan, jumlah, lokasi dan distribusi satelit, lama pengamatan, metode penentuan posisi yang digunakan dan proses pengolahan data akhir. Berdasarkan pada fungsinya, alat penerima (*receiver*) GPS menurut Seeber, 1993 dalam Abidin 2000 secara umum dapat diklasifikasikan atas *receiver* tipe navigasi, tipe pemetaan dan tipe geodetik. *Receiver* tipe navigasi yang sering disebut tipe genggam (*handheld receiver*) umumnya digunakan untuk penentuan posisi absolut secara instan yang tidak menuntut ketelitian terlalu tinggi dan harganya relatif murah. *Receiver* tipe pemetaan hampir sama dengan tipe navigasi, hanya datanya dapat direkam dan dipindahkan (*down-load*) ke komputer untuk diproses lebih lanjut, sehingga *receiver* tipe pemetaan ini dapat digunakan untuk penentuan posisi secara diferensial dengan memberikan hasil yang lebih teliti dari tipe navigasi. *Receiver* tipe geodetik adalah jenis *receiver* yang paling canggih, paling mahal dan juga memberikan data yang paling presisi. Oleh sebab itu *receiver* tipe geodetik umumnya digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang menuntut ketelitian yang relatif tinggi.

Pengukuran dengan GPS untuk kalangan sipil (diluar pihak Amerika Serikat dan pihak-pihak yang diijinkan) tingkat ketelitian yang diperoleh adalah dalam orde meter, hal ini berkaitan dengan penerimaan kode C/A (*Clear Acces atau Coarse Acquisition*) yang terdapat pada gelombang L-1 yang berfrekuensi 1575.42 Mhz dan penerapan kebijaksanaan *Selective Availability (SA)* oleh pihak Amerika Serikat yang mengatur penerimaan sinyal dari satelit GPS kepada siapa saja tanpa dipungut biaya. Beberapa kendala di atas dapat diminimalkan dengan melakukan pengukuran pada masing-masing titik target dengan waktu yang cukup untuk memperoleh jumlah dan geometri satelit yang maksimal, memperhatikan bias dan kesalahan yang mungkin disebabkan oleh *multipath* maupun bias ionosfer dan troposfer yang mengganggu sinyal yang datang dari satelit, serta menggunakan metode diferensial dengan mengikatkan pada satu titik tetap yang telah diketahui koordinatnya. Akhirnya, tingkat ketelitian posisi yang bervariasi ini memberikan pilihan kepada kita dalam melaksanakan penentuan posisi sesuai dengan tingkat ketelitian yang diperlukan secara optimal dan efisien.

METODOLOGI

Secara garis besar, metode penentuan posisi dengan GPS dikelompokkan dalam metode penentuan posisi secara absolut (*absolut/point positioning*) dan metode penentuan posisi diferensial

(*differential/relative positioning*). Pada penentuan posisi menggunakan metode absolut, posisi titik ditentukan dengan menggunakan satu *receiver* GPS dengan prinsip reseksi dengan jarak ke beberapa satelit sekaligus, dan ketelitian posisi sangat tergantung pada tingkat ketelitian data serta geometri dari satelit. Ketelitian posisi secara absolut dapat ditingkatkan ketelitiannya dengan menggunakan penentuan posisi secara diferensial yaitu suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya. Menurut Abidin (2000) bahwa pada metode diferensial ini, dengan mengurangi data yang diamati oleh dua *receiver* (alat penerima) GPS pada waktu yang bersamaan, maka kesalahan dan bias dari data koordinat pada titik yang dicari koordinatnya dapat dieliminasi atau direduksi terhadap titik tetap yang telah diketahui koordinatnya. Pengeliminasian dan pereduksian ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data, yang selanjutnya akan meningkatkan tingkat akurasi dan presisi dari posisi yang diperoleh.

Dalam bidang pemetaan situs purbakala, pada prinsipnya GPS dapat digunakan untuk memetakan secara langsung posisi titik-titik batas situs. Dalam hal ini posisi titik-titik batas situs ditentukan secara absolut ataupun secara relatif tergantung pada tingkat ketelitian data posisi yang diinginkan. Berikut disajikan contoh studi kasus yang pernah dilakukan oleh penulis tentang penggu-

naan metode absolut di situs Candi Boko Prambanan (dari daerah datar di sebelah selatan dari bukit Candi Boko ke arah candi) yang disajikan lengkap dengan hasil pengukuran dan penyajian gambarannya, dan juga penggunaan metode diferensial yang meliputi prosedur pengukuran dan pengolahan datanya seperti yang pernah penulis lakukan pada penentuan batas wilayah laut Propinsi Jawa Tengah.

1. Penentuan Batas Situs Purbakala Candi Boko Menggunakan Survei GPS metode Absolut

Pada metode ini, titik-titik target pengukuran di daerah penelitian ditentukan dengan mengamati jarak ke beberapa satelit sekaligus dengan menggunakan data yang dikirim dari satelit GPS. Titik pengukuran tersebut adalah statik dan alat penerima (*receiver*) GPS yang dipakai 1 buah. Metode seperti ini disebut dengan *absolute positioning* atau *point positioning* yang merupakan metode paling mendasar dan dimunculkan sejak awal bagi penentuan posisi dengan GPS oleh pihak Amerika Serikat.

Setiap titik target dilakukan pengamatan posisi sesaat terhadap satelit GPS selama 5 - 20 menit pada kondisi penerimaan yang terbaik yaitu jumlah satelit yang masuk adalah banyak (8 - 10 satelit), dengan melihat harga DoP (*Dilatation of Precision*) dan EPE (*Estimated Position Error*) yang paling kecil serta nilai *Ground Speed* (GS)

menunjukkan angka 0.0 km/jam. Titik-titik pengamatan ditentukan dengan melihat setiap perubahan topografi/relief yang cukup mencolok, ruang pandang langit yang relatif terbuka serta lingkungan pengamatan yang relatif tidak reflektif, kemudahan pencapaian lokasi (aksesibilitas), serta melihat harga EPE-nya untuk memperkirakan jarak antara titik satu dengan titik selanjutnya. Hasil pengukuran berupa informasi posisi meliputi lintang (*northing*), bujur (*easting*) dan ketinggiannya (*altitude*) atau X,Y,Z dalam sistem proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*), dan semua informasi posisi tersebut disimpan dalam receiver GPS dengan memberi nama (*waypoint*) dari masing-masing titik-titik tersebut. Data informasi posisi yang telah diperoleh dari pengamatan dengan alat penerima GPS Garmin 12 XL kemudian dilakukan pengolahan dan analisis dengan menggunakan perangkat lunak PC100S2 Version 3.00 yang dibuat oleh Garmin Corp, Lenexa, Kansas, USA. Pengolahan data tersebut meliputi transformasi koordinat, datum, dan transformasi referensi ketinggian (*height reference*) serta penyajian 2D titik-titik pengamatan tersebut. Oleh karena pada saat pengukuran atau pengamatan dengan *receiver* GPS datum atau bidang referensi yang digunakan adalah WGS-84 (untuk datum horisontal) dan bidang ellipsoid (untuk datum vertikal), maka pada saat memasukkan data tersebut ke dalam *software* Garmin PC100S2 *setting* (penataan) konfigurasi datum tetap pada WGS-84 untuk datum

horisontal dan bidang ellipsoid untuk datum vertikal. Setelah semua data hasil pengukuran dimasukkan, baru dilakukan transformasi atau perubahan konfigurasi untuk datum horisontal yaitu Djakarta (Batavia) dan untuk datum vertikal yaitu bidang Geoid (dianggap berimpit dengan permukaan laut rata-rata/*mean sea level*). Dari hasil transformasi tersebut kemudian dapat dilihat atau diketahui berapa nilai undulasi geoid yaitu selisih antara nilai ketinggian titik (*altitude*) antara ellipsoid dan geoid. Untuk keperluan pemodelan relief rupabumi 3D, data hasil pengukuran dengan GPS diolah dengan perangkat lunak Surfer Version 5.01 yang merupakan perangkat lunak Sistem Pemetaan Permukaan (*Surface Mapping System*) yang dibuat oleh Golden Software, Inc 809 14th Street Golden, Colorado, USA. Kedua perangkat lunak tersebut memang secara khusus dibuat untuk keperluan pengolahan data hasil pengukuran posisi dengan GPS merk Garmin dan untuk keperluan penyajian teknik visualisasi hasil pemetaan. Selengkapnya hasil pengukuran lapangan dengan GPS dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1. dapat diperhatikan bahwa terdapat korelasi negatif antara banyaknya satelit GPS yang dapat diamati dengan nilai EPE (*Estimated Position Error*) artinya semakin banyak jumlah satelit GPS yang diamati atau yang masuk maka nilai EPE atau kesalahan posisi yang didapat akan semakin kecil dan sebaliknya. Seberapa besar nilai korelasinya perlu

dilakukan uji statistik, tetapi dalam penelitian ini tidak dilakukan. Pembahasan yang dapat dilakukan dikaitkan dengan metode pengukuran GPS yang dipakai yaitu *point* atau *absolute positioning* yang berdasarkan pada pengamatan jarak ke beberapa satelit sekaligus, maka secara logis dapat dikatakan bahwa semakin banyak satelit yang dapat diamati maka kesalahan posisi yang diakibatkan juga akan semakin berkurang. Nilai EPE atau kesalahan posisi yang diperkirakan oleh satelit GPS yang dihasilkan selama pengukuran adalah berkisar antara 11 - 23 meter, ini artinya data posisi yang dihasilkan mempunyai akurasi yang cukup baik untuk jenis receiver tipe navigasi dan penentuannya menggunakan metode absolut, tetapi nilai ini akan mempunyai nilai akurasi yang rendah apabila receiver yang digunakan adalah tipe pemetaan atau tipe geodetik dan metode yang digunakan adalah metode diferensial.

1. Penentuan Batas Situs Purbakala Menggunakan Survei GPS metode Diferensial

Dalam hal memperoleh ketelitian yang baik, maka posisi titik-titik batas situs ditentukan secara relatif terhadap titik dasar teknik yang terdekat dengan metode penentuan posisi secara diferensial menggunakan receiver GPS tipe survei pemetaan/geodetik. Seperti kita ketahui bersama bahwa Titik Dasar Teknik terdiri dari Titik Dasar Teknik Orde 0, Orde 1, Orde 2, Orde 3, dan Orde 4. Pemasangan Titik Dasar Teknik Orde 0 dan

Tabel 1. Posisi Koordinat dan Ketinggian Titik/*Altitude* (meter) Hasil Pengukuran Pada Tanggal 19 Desember 1999 dan Nilai Transformasinya

| No. | Waktu (WIB) | Jumlah Satelit | EPE meter | Posisi (WGS-84) | Altitude (Elipsoid) | Posisi (Djakarta/ | Altitude Orthometrik |
|------|----------------|-------------------|--------------|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| T-1 | 7.38 | 8 | 16 | 443577 9140427 | 129 | 443469 9140473 | 120.06 |
| T-2 | 8.03 | 7 | 18 | 443486 9140923 | 160 | 443378 9140969 | 151.05 |
| T-3 | 8.17 | 7 | 23 | 443290 9141058 | 176 | 443182 9141104 | 167.05 |
| T-4 | 8.21 | 8 | 16 | 443401 9141114 | 192 | 443293 9141160 | 183.05 |
| T-5 | 8.38 | 8 | 18 | 443540 9141150 | 201 | 443432 9141196 | 192.04 |
| T-6 | 8.48 | 10 | 14 | 443592 9141190 | 225 | 443484 9141236 | 216.04 |
| T-7 | 8.54 | 10 | 12 | 443609 9141094 | 226 | 443501 9141140 | 217.04 |
| T-8 | 9.09 | 10 | 12 | 443632 9141060 | 219 | 443524 9141106 | 210.04 |
| T-9 | 9.18 | 10 | 15 | 443695 9141039 | 223 | 443587 9141085 | 214.04 |
| T-10 | 9.26 | 9 | 15 | 443721 9140985 | 196 | 443613 9141031 | 187.04 |
| T-11 | 9.33 | 7 | 18 | 443700 9140902 | 197 | 443592 9140948 | 188.04 |
| T-12 | 9.41 | 9 | 15 | 443740 9140878 | 217 | 443632 9140924 | 208.04 |
| T-13 | 9.49 | 7 | 18 | 443789 9140868 | 218 | 443681 9140914 | 209.04 |
| T-14 | 9.58 | 9 | 16 | 443900 9140851 | 178 | 443792 9140897 | 169.04 |
| T-15 | 10.05 | 7 | 18 | 443973 9140838 | 194 | 443865 9140884 | 185.04 |
| T-16 | 10.1 | 9 | 13 | 443961 9140932 | 189 | 443853 9140978 | 180.03 |
| T-17 | 10.15 | 9 | 13 | 443903 9140867 | 185 | 443795 9140913 | 176.04 |
| T-18 | 10.18 | 9 | 11 | 443874 9140956 | 199 | 443766 9141002 | 190.04 |

Tabel 1. (lanjutan)

| No. | Waktu (WIB) | Jumlah Satelit | EPE meter | Posisi (WGS-84) | Altitude (Elipsoid) | Posisi (Djakarta/) | Altitude Orthometrik |
|------|----------------|-------------------|--------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| T-19 | 10.27 | 8 | 12 | 443883 9140881 | 181 | 443775 9140927 | 172.04 |
| T-20 | 10.48 | 8 | 20 | 443806 9140997 | 186 | 443698 9141043 | 177.04 |
| T-21 | 11.09 | 9 | 13 | 443742 9140929 | 184 | 443634 9140975 | 175.04 |
| T-22 | 11.2 | 7 | 20 | 443690 9141102 | 226 | 443582 9141241 | 217.04 |
| T-23 | 11.28 | 7 | 21 | 443698 9141195 | 227 | 443590 9141241 | 218.03 |
| T-24 | 11.47 | 8 | 15 | 443631 9141180 | 215 | 443523 9141226 | 206.04 |
| T-25 | 12.05 | 8 | 13 | 443612 9141195 | 204 | 443504 9141241 | 195.04 |
| T-26 | 12.2 | 9 | 15 | 443572 9141218 | 214 | 443464 9141264 | 205.04 |
| T-27 | 15.43 | 7 | 14 | 443607 9141229 | 221 | 443499 9141275 | 212.04 |
| T-28 | 15.49 | 9 | 12 | 443647 9141236 | 218 | 443539 9141282 | 209.03 |
| T-29 | 15.57 | 8 | 16 | 443567 9141118 | 219 | 443459 9141164 | 210.04 |
| T-30 | 16.03 | 8 | 15 | 443552 9141167 | 201 | 443444 9141213 | 192.04 |
| T-31 | 16.12 | 8 | 14 | 443458 9141152 | 181 | 443350 9141198 | 172.04 |
| T-32 | 16.2 | 6 | 17 | 443444 9140950 | 161 | 443336 9140996 | 152.05 |
| T-33 | 16.32 | 7 | 14 | 443564 9140891 | 153 | 443456 9140937 | 144.05 |
| T-34 | 16.45 | 7 | 15 | 443640 9140616 | 148 | 443532 9140662 | 139.05 |
| T-35 | 17.01 | 8 | 13 | 443605 9140345 | 133 | 443497 9140391 | 124.05 |
| T-36 | 17.24 | 8 | 15 | 442940 9140355 | 113 | 442832 9140401 | 104.08 |

Keterangan : Pembacaan Posisi, misalnya : 0442940 adalah nilai X atau Easting
9141356 adalah nilai Y atau Northing

menjadi tanggung jawab instansi Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL), sedangkan Orde 2, Orde 3, dan Orde 4 menjadi tanggung jawab instansi Badan Pertanahan Nasional (BPN). Seluruh proses pemasangan Titik Acuan atau Titik Dasar Teknik ini langsung diukur dengan GPS dan koordinat posisinya ditentukan terhadap Datum Geodetik Nasional (DGN), yang artinya Titik Acuan dikalar dan harus terikat dalam satuan datum nasional. Mengingat tingkat kerapatan, maka kemungkinan Titik Dasar Teknik yang terdekat yang akan banyak digunakan merupakan Titik Dasar Teknik Orde 2 dan Orde 3 yang hampir semua kabupaten telah tersedia datanya (melalui instansi BPN). Secara lebih terperinci, kegiatan penentuan titik batas lama purbakala menggunakan metode *differential* meliputi 4 tahap pekerjaan, yaitu:

a. Tahap Perencanaan

• Pemilihan Lokasi

Lokasi dipilih berdasarkan batas terluas dari situs yang nampak di lapangan. Sedangkan lokasi titik Orde 2 atau Orde 3 yang dipilih diusahakan titik yang terdekat dengan lokasi situs, disamping itu juga mempertimbangkan kemudahan dalam mencapainya, dan memenuhi syarat sebagai *base station*.

• Pemilihan Waktu

Pada tahap ini dilakukan peren-

canaan survei meliputi pemilihan waktu survei yang sesuai dengan mempertimbangkan aspek satelit GPS dan aspek keamanan di lapangan. Perencanaan pemilihan waktu survei yang berkaitan dengan aspek satelit dilakukan dengan bantuan perangkat lunak GPS yang menyediakan fasilitas almanak GPS, sehingga informasi mengenai waktu dimana jumlah satelit GPS yang memenuhi syarat yang berada di atas horison dan informasi mengenai *DoP (Dilution of Precision)* dapat ditentukan dengan tepat, sehingga waktu survei dapat direncanakan dengan optimal. Pada tahap ini juga ditetapkan personel yang terlibat beserta tugas dan tanggungjawabnya, penentuan data yang akan dikumpulkan, pemilihan kendaraan, alat komunikasi, penyiapan data pendukung seperti peta lokasi survei, peta topografi dan data titik dasar teknik BPN Orde 2 dan Orde 3, dan lain sebagainya.

b. Tahap Pengumpulan Data Lapangan

Pada tahap pengumpulan data lapangan ini, kegiatan yang dilakukan yaitu pengaturan (*set-up*) receiver GPS di *base station* yang harus dilakukan sebelum pengamatan obyek dilakukan. *Base station* yang digunakan adalah Titik Dasar Teknik Orde 2 atau Orde 3 sebagai titik kontrol horisontal dari BPN yang telah diketahui koordinatnya dan memenuhi syarat untuk dijadikan *base station*.

Fungsinya adalah untuk merekam data dari satelit GPS pada epok yang bersamaan saat pengamatan dilakukan oleh *receiver* yang lainnya (sering disebut *rover*). Setelah di lapangan (masuk daerah survei), mulailah direkam semua data yang dikumpulkan. Jika sampai pada obyek atau feature yang dianggap batas terluar situs maka *receiver rover* berhenti sejenak di obyek tersebut dan merekam posisi selama kurang lebih 5 menit untuk merekam posisi absolut pada lokasi tersebut secara *real time* per detik, setelah itu bergerak lagi, demikian seterusnya dilakukan pengamatan posisi dengan GPS. Selain itu data atribut juga dicatat dan kalau memungkinkan dipotret atau direkam gambarnya sesuai dengan kebutuhan.

c. Tahap Pengolahan Data

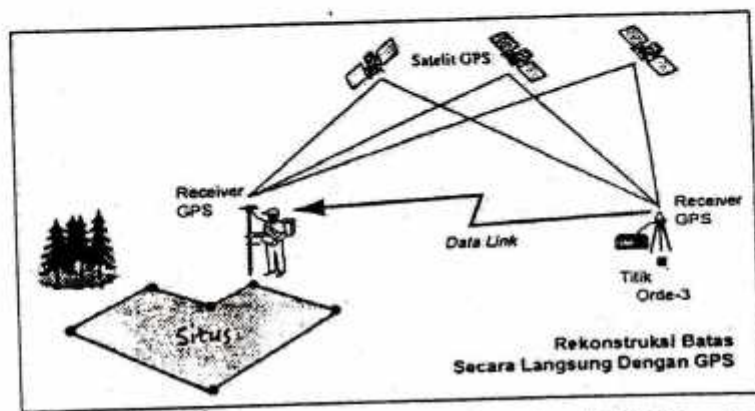
Pada tahap ini pertama kali yang harus dilakukan adalah *download* data (transfer data rekaman hasil pengamatan dari *receiver* GPS ke *harddisk* komputer), dan ini harus dilakukan untuk keamanan data dan untuk mengosongkan kembali memori *receiver*. Perangkat lunak (*software*) GPS yang dapat digunakan misalnya adalah *MapSource* versi 3.02 yang sesuai dengan tipe *receiver* GPS yang digunakan di lapangan yaitu GPS Garmin III plus tipe navigasi. Perangkat lunak ini mempunyai kemampuan untuk *mendownload* seluruh data

hasil pengamatan GPS yang disimpan dalam *receiver* (Titik Acuan dan *rover*), tetapi terbatas untuk *receiver* merk Garmin.

Langkah selanjutnya adalah dengan mencoba menampilkan data hasil pengamatan dari *receiver rover* dan *base station*, kedua *dataset receiver* tersebut kemudian disusun dengan perangkat *database* untuk melengkapi semua data posisi absolut per detik secara *real time*. Kemudian *dataset* yang sudah lengkap sesuai dengan rentang waktu pengukuran dibandingkan sesuai waktu pengukuran (*real time*) untuk digunakan sebagai koreksi diferensial (*differential correction*) dengan data posisi referensi.

Hasil pengukuran dengan menggunakan metode ini yang pernah penulis lakukan pada penelitian penentuan batas wilayah laut Propinsi Jawa Tengah adalah mampu memberikan data yang cukup teliti karena penyimpangan yang terjadi relatif kecil yaitu sekitar kurang dari 1 meter, hal ini akan sangat bermanfaat apabila metode ini diterapkan dalam penentuan batas situs sejarah dan purbakala.

Akhirnya, keuntungan yang dapat diperoleh apabila titik-titik batas situs purbakala ditentukan koordinatnya dengan GPS, yaitu koordinat titik-titik batas situs purbakala akan berada dalam suatu sistem koordinat nasional yang tunggal dan konsisten, hal ini akan



Gambar 1. Ilustrasi Titik Batas Situs Menggunakan Survei GPS Metode Diferensial
(Sumber : Abidin, 2000)

memberikan kemudahan dalam pengeplotan/ penggambaran situs purbakala tersebut pada buku dan peta inventarisasi persebaran situs termasuk juga dalam melakukan perhitungan luas terutama untuk situs yang besar dan bentuknya tidak teratur. Disamping itu akan memudahkan dalam merekonstruksi titik-titik batas situs purbakala tersebut seandainya diperlukan, serta memudahkan pencarian lokasinya di lapangan yaitu dengan memanfaatkan bantuan receiver GPS tipe navigasi, yang pada akhirnya kesemuanya itu akan mempercepat perealisasiannya suatu Sistem Informasi Situs Purbakala Nasional.

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DALAM BIDANG KEPURBAKALAN

Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG) menurut Aronoff (1989) adalah suatu sistem berbasis komputer yang memberikan empat kemampuan

untuk menangani data spasial bereferensi geografis, yaitu pemasukan, pengelolaan atau manajemen data (penyimpanan dan pengaktifan kembali), manipulasi dan analisis, serta keluaran data. Dari definisi di atas menunjukkan bahwa salah satu kemampuan utama SIG adalah dalam memanipulasi dan analisis data (spasial) untuk menghasilkan informasi baru. Tumpangtindih (*overlay*) peta adalah salah satu proses yang paling banyak dilakukan dalam pemanfaatan SIG. Berkaitan dengan data situs purbakala yang telah tersimpan dalam Sistem Informasi Situs Purbakala Nasional, maka analisis SIG dapat digunakan dalam membantu melakukan analisis spasial terhadap keberadaan situs purbakala tersebut dengan memasukkan beberapa faktor lingkungan sehingga dapat diketahui mengapa suatu situs purbakala didirikan di tempat tersebut. Misalnya suatu situs purbakala ditemukan di lereng gunung, dengan mencoba memasukkan unsur-unsur alam seperti peta hidrologi (distri-

busi mata air), peta geologi, peta geomorfologi, peta tanah, dan peta-peta lainnya di sekitar kawasan situs tersebut, maka akan dapat dilakukan analisis spasial dengan diketahuinya bahwa ternyata situs tersebut didirikan di lokasi yang dekat dengan mata air (sumber air), pada tanah yang subur untuk bercocok tanam, dan juga pada kondisi geologi dan proses geomorfologi yang relatif stabil (jauh dari bencana), dan sebagainya. Proses ini akan sangat cepat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi SIG dengan syarat bahwa semua data spasial yang akan dianalisis sudah dalam format digital dengan sistem koordinat dan proyeksi yang sama.

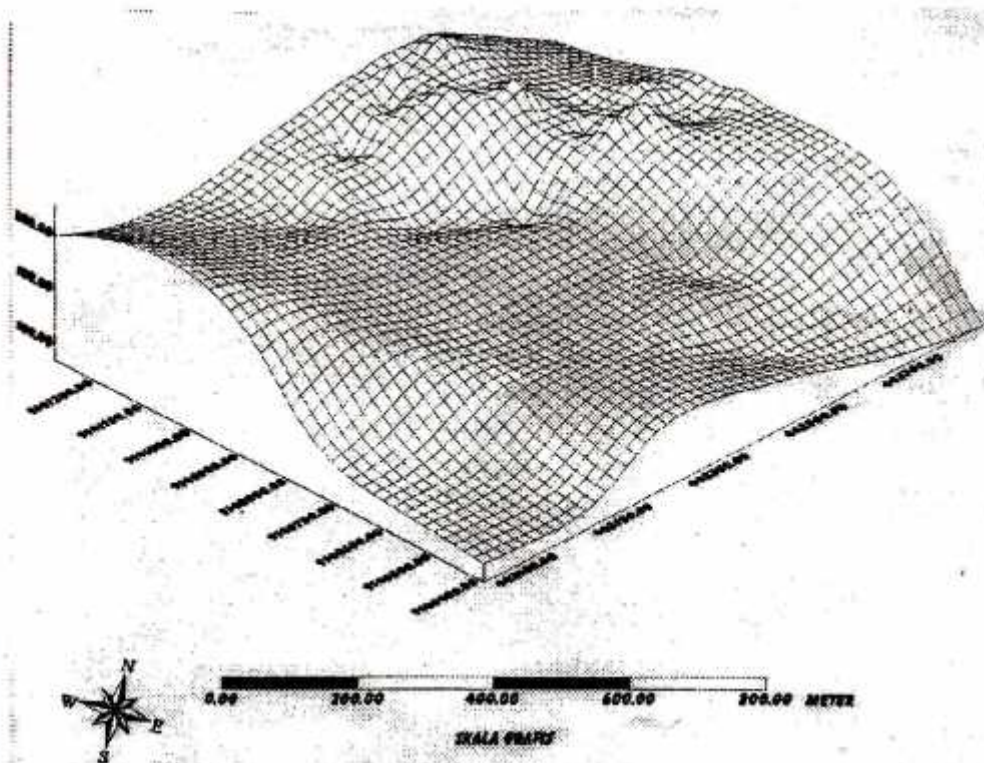
KESIMPULAN DAN SARAN

1. Penggunaan teknologi GPS untuk pemetaan situs purbakala sudah saatnya mulai dilakukan, mengingat sifatnya yang global dalam arti mampu memberikan informasi posisi koordinat dalam sistem koordinat nasional maupun sistem koordinat universal yang akan mempermudah dalam memasukkan penyebaran situs-situs purbakala ke dalam Sistem Informasi Situs Purbakala Nasional maupun Dunia.
2. Dalam memetakan situs purbakala dengan memanfaatkan GPS, akan lebih baik kalau menggunakan receiver tipe geodetik, tetapi apabila tersedia receiver yang lain (navigasi atau pemetaan) maka metode yang disarankan untuk dilaksanakan adalah metode diferensial dengan memanfaatkan Titik Dasar Teknik yang tersedia di lapangan.
3. Pengintegrasian antara GPS dengan SIG yang berbasis komputer akan sangat membantu dalam melakukan analisis spasial terhadap keberadaan suatu situs purbakala dikaitkan dengan kondisi lingkungan sekitarnya.
4. Penyiapan dan pengadaan sumberdaya manusia yang berkualitas baik, serta sarana prasarana pendukung lainnya, sebaiknya mulai diantisipasi mulai sekarang. Dalam hal ini kerjasama yang baik antara lembaga dan institusi pemerintah, lembaga dan institusi pendidikan, termasuk juga pihak-pihak swasta perlu lebih ditingkatkan dalam mengembangkan potensi GPS yang begitu besar dan cukup beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., 2000. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., Andrew Jones, dan Joenil Kahar, 1995. *Survei dengan GPS*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., 2001. *Geodesi Satelit*. PT.Pradnya Paramita, Jakarta
- Anonim, 1997. Konsep 16/09/97. *Peraturan Menteri Negara Agraria (Kepala B a d a n Pertanahan nasional)*. Jakarta.
- Anonim, 1997. *Pendaftaran Tanah di Indonesia*. Penerbit PT.Relindo Jayatama.
- Aronoff, Stan (1989). *Geographic Information System- a Management Perspective*. Ottawa : WDL Publication
- Kennedy, M. 1996. *The Global Positioning System and GIS, an Introduction*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan.
- Leick, A., 1995. *GPS Satellite Surveying*. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Nurul Khakhim, 1999. Survei GPS untuk Pemetaan Topografi dan Pemodelan Relief Rupabumi Tiga Dimensi (3D) Daerah Gondanggentong Kecamatan Karangpandan Kabupaten Karanganyar. *Majalah Geografi Indonesia* Th.13, No.23 Maret 1999, hal. 87-101, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Nurul Khakhim, 2000. Koreksi Ketinggian Titik (Altitude) Ellipsoid dan Orthometrik Dikalkulasi dari Data GPS (Global Positioning System) dan Model Penyajian Tiga Dimensinya, Studi Kasus di Sekitar Kawasan Candi Boko, Prambanan). *Laporan Penelitian*. Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Penyajian 3 Dimensi Titik-titik Hasil Pengukuran GPS di Komplek Candi Boko dan
Lereng Selatannya Menggunakan Metode Absolut



Sumber Data : Hasil Pengukuran GPS Tanggal 19 Desember 1999