

## Analisis Karakteristik Saluran Komunikasi Satelit Bergerak Berdasarkan Rasio S/N Daerah Makassar Kondisi *Clear Sky*

Muhammad Reza Hidayat<sup>1</sup>, Munawwar Arif<sup>2</sup>, Zulfajri Basri Hasanuddin<sup>2</sup> dan Elyas Palantei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin

[rezahidayat.muhammad374@gmail.com](mailto:rezahidayat.muhammad374@gmail.com), [munawwar.arif@rocketmail.com](mailto:munawwar.arif@rocketmail.com), [zulfajri.hasanuddin@gmail.com](mailto:zulfajri.hasanuddin@gmail.com),

[elyas.palantei@gmail.com](mailto:elyas.palantei@gmail.com)

### Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dan analisis *signal strength* GPS dengan menguji *software* berbasis PC dengan sistem operasi *Linux*. Menggunakan beberapa *software* untuk pengambilan data, pengolahan dan pengujian GPS *receiver* yang memiliki kemampuan menentukan posisi user pada kondisi *mobile* (bergerak) dengan tampilan visual pada MAP (peta). Penelitian dilakukan pada beberapa lokasi yang memiliki topografi yang diinginkan. *Software-software* berbasis PC yang digunakan pada Sistem Operasi *Linux (Ubuntu v 10.10)* yaitu *GPSd (GPS Daemon)*, *GPSpipe*, *XGPS*, dan *Tango GPS* untuk Map (Peta) sedangkan untuk *software* berbasis PC pada *Windows* yaitu *Matlab v 7.6*. *Software-software* tersebut sudah mempunyai kemampuan menampilkan posisi satelit dan *user* beserta informasi yang sangat penting tanpa harus menerima data mentah lagi pada *NMEA 0183* dalam kondisi *mobile*. Pengamatan dilakukan dengan mengumpulkan nilai S/N dari masing-masing satelit yang tertangkap oleh penerima di daerah kota Makassar. Penelitian ini terfokus pada tiga titik 3 (tiga) kondisi yakni LOS (*line of sight*), NLOS *Moderate* dan NLOS *Heavy*. Data yang diinput dari *NMEA GPS pipe* untuk 12 PRN disortir dan output yang dihasilkan dalam bentuk grafik kualitas *signal strength* setiap PRN satelit, untuk tampilan visual pada *XGPS*.

Kata kunci: GPS, LOS, NLOS, S/N, *signal strength*

### 1. Pendahuluan

GPS merupakan sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Sistem ini dapat digunakan oleh banyak orang dan dalam segala macam cuaca, serta didesain untuk memberikan informasi mengenai posisi dan waktu secara kontinyu di seluruh dunia. Saat ini GPS mulai banyak diaplikasikan di Indonesia, terutama yang terkait dengan dengan aplikasi-aplikasi yang menuntut informasi tentang satelit. Pengembangan GPS, diarahkan untuk penyempurnaan metode navigasi dan survei, baik dalam skala regional maupun global. Oleh karena itu sistem GPS mempunyai banyak keistimewaan dibanding dengan alat-alat navigasi dan survei yang bersifat konvensional. Meskipun keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan GPS jauh lebih banyak, ada beberapa hal dan keterbatasan yang harus diperhatikan dalam pemakaian GPS, agar pemakaiannya dapat optimal dan tepat sasaran (Abidin W. A. W. Z, 2008; Abidin, Hasanuddin Z, 2007). Beberapa hal dan keterbatasan tersebut dijelaskan secara singkat berikut ini:

**Pertama**, agar alat penerima sinyal GPS dapat menerima sinyal GPS maka tidak boleh ada penghalang antara alat penerima tersebut dengan satelit yang bersangkutan. Hal ini harus secara serius diperhitungkan, terutama dalam pelaksanaan survei dan pemetaan terutama di daerah yang banyak ditumbuhi pepohonan, ataupun daerah perkotaan suburban dan urban yang dipenuhi gedung-gedung tinggi.

**Kedua**, kebanyakan GPS hanya memberikan informasi koordinat posisi user begitu saja tanpa tahu keakuratan informasinya, yaitu *Longitude* (garis bujur), *Latitude* (garis lintang), dan *Altitude* (ketinggian) padahal yang paling penting diperhatikan kualitas sinyal pada suatu tempat untuk memberikan keakuratan posisi dan ada beberapa hal lagi.

**Ketiga**, datum penentuan posisi yang digunakan GPS adalah WGS 1984 sebagai standar internasional.

**Keempat**, komponen tinggi dari koordinat tiga dimensi yang diberikan oleh GPS adalah tinggi yang mengacu ke permukaan ellipsoid, yaitu ellipsoid *GRS (Geodetic Reference System) 1980*. Jadi tinggi titik yang didapatkan dengan GPS bukanlah tinggi orthometris, yaitu tinggi yang mengacu ke permukaan geoid (permukaan laut rata-rata).

**Kelima**, pada penentuan posisi dengan GPS, pemrosesan data GPS dan penganalisaan hasilnya bukanlah suatu hal yang mudah. Meskipun proses pengumpulan data dengan GPS relatif mudah, pemrosesan data yang diperoleh serta penganalisaan parameter-parameter yang didapatkan bukanlah suatu pekerjaan yang mudah, terutama kalau kita menginginkan ketelitian posisi yang tinggi.

#### Info Makalah:

Dikirim : 03-16-2018;  
Revisi 1 : 04-24-2018;  
Revisi 2 : 05-15-2018;  
Diterima : 05-15-2018.

#### Penulis Korespondensi:

Telp : +62-8221-5244-637  
e-mail : [rezahidayat.muhammad374@gmail.com](mailto:rezahidayat.muhammad374@gmail.com)

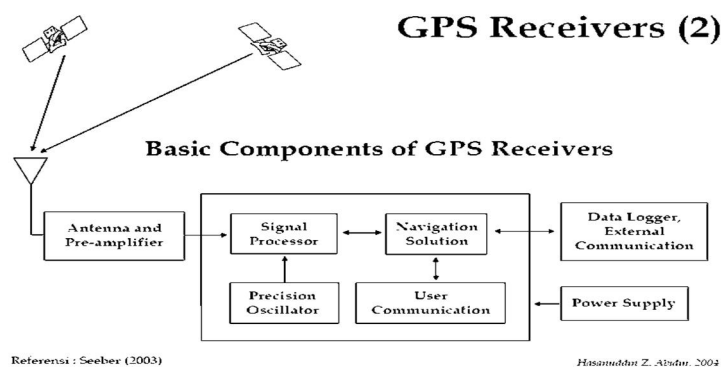
**Keenam**, karena GPS merupakan teknologi yang relatif baru, maka sumber daya manusia yang menguasai masalah teknologi ini di Indonesia relatif masih belum terlalu banyak. Jika suatu instansi pemerintah ingin menggunakan teknologi GPS untuk mendukung pekerjaan-pekerjaan di lingkungan mereka, maka disamping pengadaan perangkat keras dan perangkat lunak GPS, mempersiapkan sumber daya manusianya juga tidak boleh dilupakan. Banyak cara yang telah dilakukan untuk meningkatkan kekuatan/kinerja dari GPS, diantaranya adalah DGPS (*Differential Global Positioning System*), dan SBAS (*Satellite Base Augmentation System*). Berdasar dari keterbatasan-keterbatasan yang telah dipaparkan diatas, untuk penggunaannya pada berbagai aplikasi, maka pada penelitian ini kami menganalisa bagaimana perbandingan level kekuatan/ kualitas sinyal yang diterima oleh GPS dalam berbagai kondisi dengan menggunakan *GPS Handheld receiver* (GPS tipe genggam) yang sudah terintegrasi langsung ke PC/komputer tanpa perlu menggunakan mikrokontroler (Abidin, Hasanuddin Z, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana kekuatan/ kualitas sinyal terima dari satelit GPS pada berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, juga untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan dari *software-software* yang tersedia untuk proses integrasi GPS ke PC/ Laptop, dan juga proses pengolahan data untuk mengetahui kualitas sinyal terima dari satelit GPS menggunakan *software* (Engel U, 2003).

## 2. Studi Empiris Karakteristik Kanal Komunikasi Satelit Bergerak Berdasarkan Parameter *Signal to Noise (S/N) Ratio* Untuk Daerah Indonesia

Segmen pengguna terdiri dari 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 dari satelit GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan, waktu maupun parameter turunan lainnya.

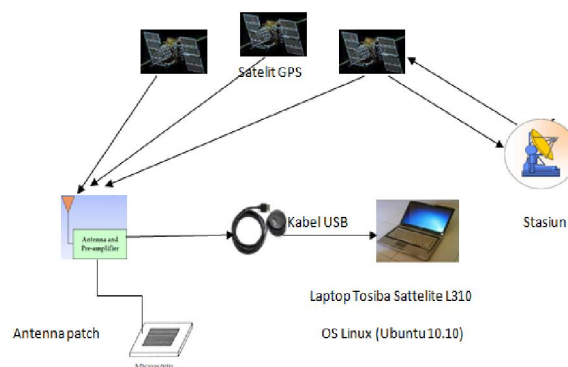
Komponen utama dari suatu *receiver* secara umum adalah antenna dengan *pre-amplifier*, pemroses sinyal, pemroses data (solusi navigasi), osilator presisi, unit pengontrolan *receiver* dan pemrosesan (*user and external communication*), catu daya, memori serta perekam data. Komponen-komponen tersebut di Gambarkan secara skematis pada Gambar 1 (Kaplan, D.E and J.Hegarty, 2006).



Gambar 1. Komponen Utama Dari *Receiver* GPS

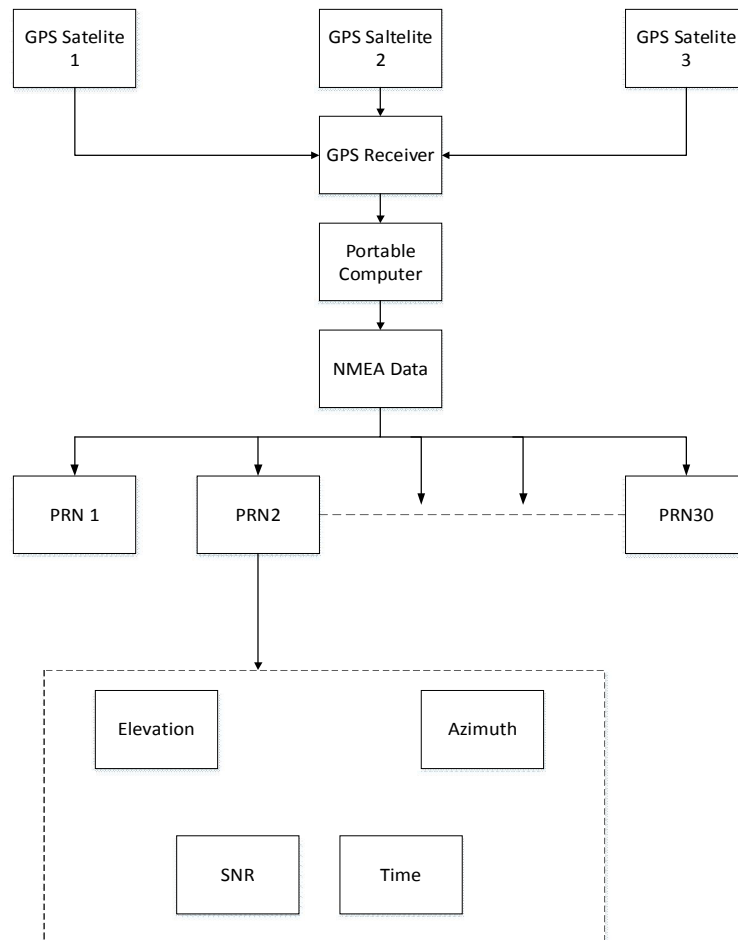
Berdasarkan pada tingkat kecanggihan komponen-komponen tersebut di atas, *receiver* GPS yang beredar di pasaran cukup bervariasi baik dari segi jenis, merek, harga, ketelitian yang diberikan, berat, ukuran, maupun bentuknya.

Seperti yang terlihat pada Gambar 2 sebagaimana komponen utama dari suatu GPS pada penelitian ini dengan output PRN, SNR (dBHz), *Elevation* ( $^{\circ}$ ), dan *Azimuth* ( $^{\circ}$ ). Konfigurasi GPS secara umum (S. Braasch, M dan J.Van Dierendonck, 1999):

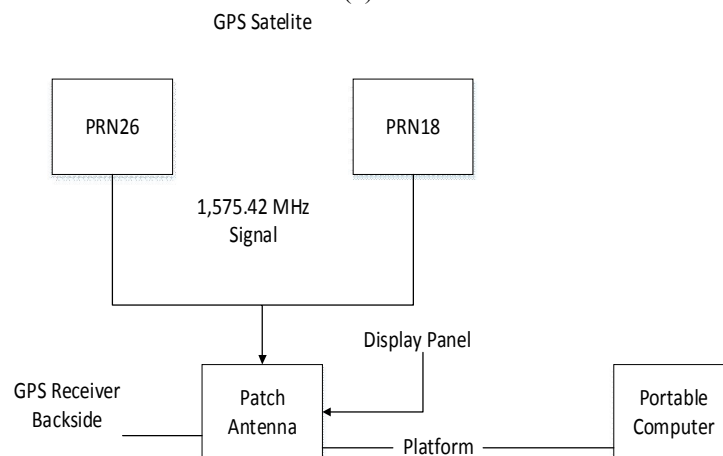


Satelit GPS mengirim sinyal pada sistem transmisinya dan akan diterima oleh antena *patch (microstrip)* GPS 18x USB dan akan diperkuat oleh *pre-amplifier* kemudian dikirim melalui kabel data USB 2.0 yang terhubung dengan laptop/PC kemudian Laptop dengan OS *Linux* akan mengintegrasikan dengan *software* berbasis PC serta menginstal paket data atau driver yang dibutuhkan. Data yang diterima dalam bentuk NMEA 0183 mentah dan selanjutnya akan mengalami pengolahan secara statistik dengan laptop *dual boot*. Blok diagram pengambilan data lapangan dari PRN dapat dilihat pada Gambar 3(a) dan prosedur pengolahan data pada Gambar 3(b).

(a)



(b)



Gambar 3. Arsitektur Kinerja GPS Secara Detail (a) dan (b)

### 2.1 Perencanaan dan Pengujian Software

Dalam menentukan posisi, kita membutuhkan paling sedikit 3 satelit untuk penentuan posisi 2 dimensi (lintang dan bujur) dan 4 satelit untuk penentuan posisi 3 dimensi (lintang, bujur, dan ketinggian). PRN Satelit terdapat pada baris keempat GPGSV dan akan berulang terus PRN nya. Dari Gambar 4 terlihat 12 PRN yang akan berulang terus pada GPGSV,3,3 dan seterusnya jelas terlihat perbedaannya saat NMEA nya muncul pada Gambar 4 berikut:

```

File Edit View Search Terminal Help
005,"lat":-5.136999591,"lon":119.486845170,"alt":13.301,"epx":19.766,"epy":19.76
6,"epv":54.641,"track":52.2036,"speed":0.011,"climb":0.011,"eps":39.53,"mode":3}
$GPGSV,3,1,12,17,54,052,46,05,46,269,40,10,43,356,48,28,42,168,49*70
$GPGSV,3,2,12,20,27,199,42,04,18,007,39,08,15,140,39,13,14,054,46*7A
$GPGSV,3,3,12,02,12,324,00,42,65,076,46,12,00,315,00,15,00,216,00*7D
{"class":"$GPRMC","tag":"75","device":"/dev/ttyUSB0","xadop":0.70,"yadop":
:1.53,"tdop":0.83,"hdop":0.86,"gdop":1.94,"pdop":1.76,"satellites":[{"PRN":17,"e
l":54,"az":52,"ss":46,"used":true},{"PRN":5,"el":46,"az":209,"ss":40,"used":true
},{"PRN":10,"el":43,"az":356,"ss":48,"used":true},{"PRN":28,"el":42,"az":168,"ss
":49,"used":true},{"PRN":26,"el":27,"az":199,"ss":42,"used":true},{"PRN":4,"el":
18,"az":7,"ss":39,"used":true},{"PRN":8,"el":15,"az":140,"ss":39,"used":true},{"
PRN":13,"el":14,"az":54,"ss":46,"used":true},{"PRN":2,"el":12,"az":324,"ss":0,"u
sed":false},{"PRN":42,"el":65,"az":76,"ss":46,"used":true},{"PRN":12,"el":0,"az"
:315,"ss":0,"used":false},{"PRN":15,"el":0,"az":216,"ss":0,"used":false}]}
$GPGGA,102820,8508.2280,S,11929.2187,E,1.89,0.86,13.51,M,44.639,M,,"68
$GPRMC,102820,A,0508.2280,S,11929.2187,E,0.0414,134.648,228911,,"3E
$GPGSA,A,3,00,00,00,00,00,00,00,00,00,1.8,0.9,1.5*36
{"class":"TPV","tag":"75","device":"/dev/ttyUSB0","time":1316686820.000,"ept":0.
005,"lat":-5.137000394,"lon":119.486844846,"alt":13.512,"epx":19.766,"epy":19.76
6,"epv":54.641,"track":134.6481,"speed":0.021,"climb":0.012,"eps":39.53,"mode":3
;
    
```

Gambar 4. NMEA 12 PRN

Pada Gambar 5 gpsd menampilkan data 12 satelit setelah dibagi pada 2 belahan bumi pada equator yang sedang beroperasi misalnya *longitude* dan *latitude* suatu posisi dan SNR- nya. Memvisualisasikan output NMEA GPS yang telah diolah sehingga dapat memperlihatkan posisi *longitude* dan *latitude*, suatu tempat melalui GPS receiver yang telah terintegrasi ke peta (MAP).

PRN	Elev	Azim	SNR	Used
26	66	193	0	N
17	49	127	33	Y
5	34	325	0	Y
15	32	215	42	Y
4	24	45	0	N
12	19	283	0	N
2	19	357	0	N
10	12	18	0	N
8	13	101	0	N
28	10	149	0	N
33	0	0	0	N
9	3	224	0	N

Gambar 5. XGPS

### 2.2 Jenis Pengambilan Data

LOS (*Open Space*) atau *clear sky* diantaranya pagi, siang dan malam dengan sudut masing-masing 45° dan lawannya yaitu sudut 135°. Contoh sampel pada Gambar 6.





Gambar 6. Lapangan Terbuka



Gambar 7. Kondisi NLOS *Heavy* (kiri) dan NLOS *Moderate* (kanan)

Gambar 7 kondisi NLOS *Heavy* dan *moderate* merupakan sampel pengambilan data untuk kondisi *heavy forest* (penghalang berat dengan pohon besar dan lebat). Disampingnya ada beberapa gedung tinggi. Untuk NLOS *moderate* memiliki penghalang yang lebih sedikit dibanding dengan NLOS *Heavy*.

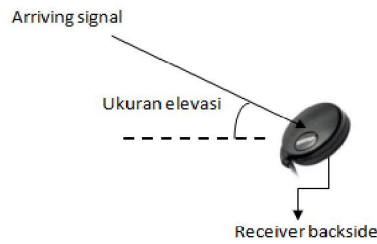
### 3. Hasil dan Pembahasan

Proses pengambilan data menggunakan *receiver* GPS, dilakukan di tiga lokasi berbeda dengan waktu yang berbeda serta posisi penerimaan *receiver* yang berbeda. Pengambilan data dengan *receiver* GPS ini dimaksudkan untuk mengetahui dengan jelas bagaimana perbandingan kekuatan sinyal yang diterima oleh *receiver* GPS. Adapun ketiga tempat/lokasi tersebut terletak dalam kawasan Kampus Universitas Hasanuddin Makassar. Untuk lebih jelasnya perhatikan Tabel berikut:

Tabel 1. Lokasi Penelitian

Lokasi	Waktu	Posisi Gps
Depan Masjid Kampus UNHAS	Pagi (08.00 10.00 WITA)	45 <sup>0</sup>
Lapangan Sepak Bola UNHAS	Pagi (08.00 10.00 WITA)	45 <sup>0</sup>
Taman depan Gedung Pasca Sarjana UNHAS	Pagi (08.00 10.00 WITA)	45 <sup>0</sup>

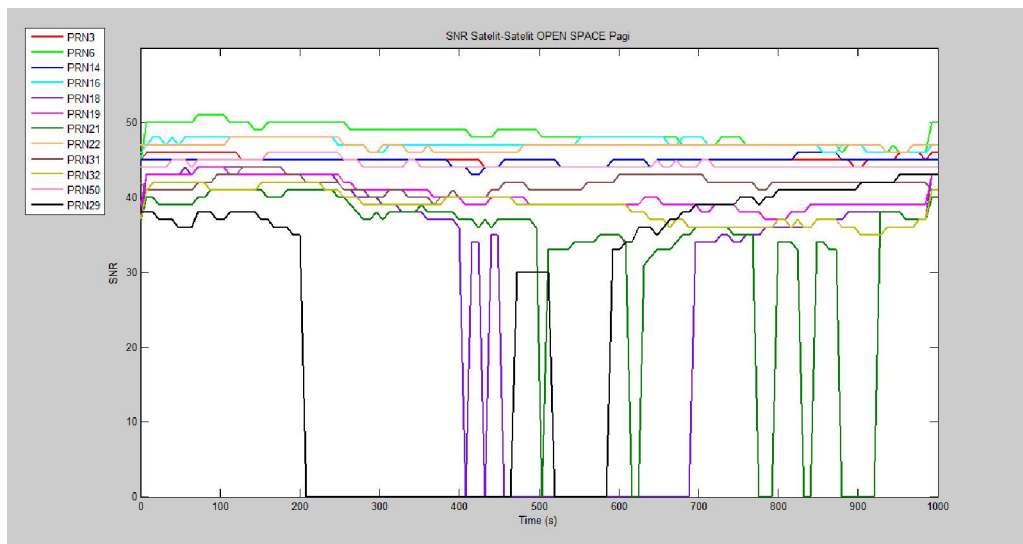
Ketiga tempat tersebut diatas dipilih karena mewakili tiga jenis kondisi untuk pengambilan data pada keadaan *Open space* (keadaan tanpa penghalang), *Heavy* (pohon yang rindang/berpenghalang berat) dan *moderat* (pohon yang tidak terlalu rindang /berpenghalang ringan). Berikut Gambar 8 menunjukkan posisi *receiver* GPS dengan beberapa sudut saat pengambilan data:



Gambar 8. Posisi Sudut  $45^{\circ}$ .

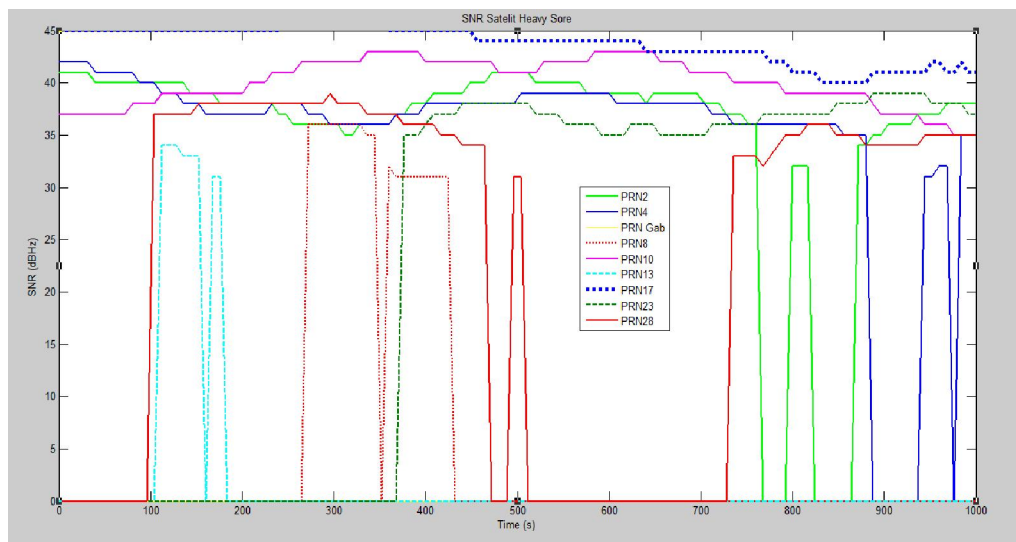
Pada Gambar 9 terlihat bagaimana *SNR* yang diterima oleh GPS *receiver*, berdasarkan data *NMEA* yang diterima. Level sinyal *SNR* yang diterima tidak selalu konstan meskipun dalam keadaan LOS (tak berpenghalang). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya *delay* yang terjadi di *ionosphere* dan *troposphere*, dimana sinyal satelit terganggu saat melewati atmosfer bumi. Dari Gambar yang tertera diatas, penerimaan *SNR* yang paling baik ditunjukkan oleh satelit PRN6 (warna hijau) yang memiliki besar level kuat sinyal antara 46-51 dBHz. Selain dari posisi *receiver* yang memungkinkan untuk dapat menangkap sinyal transmisi dari satelit GPS karena kondisi lingkungan disekitar tidak terdapat penghalang, posisi dari satelit GPS juga sangat berpengaruh. Untuk mengetahui dimana posisi satelit GPS berada, dapat dilihat dengan mengetahui berapa sudut elevasi dan sudut azimuth yang dimiliki oleh satelit GPS tersebut. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar IV.2, dimana satelit PRN6 yang dapat dengan baik memancarkan sinyal *SNR* memiliki sudut elevasi sebesar  $58^{\circ}$  yang menandakan satelit tersebut berada agak dekat dengan *receiver* GPS. Karena semakin besar sudut elevasi suatu satelit GPS maka semakin baik pula kuat sinyal yang dapat diterima oleh *receiver* GPS. Penyebabnya tidak lain karena semakin besarnya sudut elevasi yang dibentuk oleh suatu satelit GPS terhadap *receiver* GPS menandakan satelit GPS tersebut berada tepat diatas *receiver* GPS.

Seperti halnya satelit PRN6, ada juga beberapa satelit yang memiliki sudut elevasi yang agak besar terhadap *receiver* GPS. Diantaranya satelit PRN3, PRN14, PRN16, PRN22 dan PRN50. Karena besarnya sudut elevasi yang terbentuk dari satelit-satelit tersebut, maka sinyal yang diterima oleh satelit-satelit tersebut sangat baik. Lain halnya dengan yang ditunjukkan oleh satelit PRN32 dimana pada Gambar 9 satelit ini juga dapat mengirimkan sinyal *SNR* dengan kualitas level sinyal yang baik. Meskipun sudut elevasi yang dibentuk terhadap *receiver* GPS tidak besar (hanya mencapai  $23^{\circ}$ ) tetapi karena posisi dari satelit ini sendiri benar-benar berada pada posisi yang sama sekali tidak mendapat gangguan, artinya pengaruh dari efek ionosfer dan troposfer pada daerah dimana posisi satelit ini berada hanya sedikit. Hal ini diperkuat oleh Gambar 9 dimana pada Gambar ini satelit PRN32 tandai oleh warna hijau tua. Seperti halnya satelit PRN32 yang tidak terlalu besar mendapat pengaruh dari efek ionosfer dan troposfer, satelit PRN31 dan PRN19 juga mengalami hal yang sama sehingga kualitas level sinyal yang diterima oleh *receiver* GPS tidak mengalami perubahan yang besar. Sedangkan untuk satelit lainnya, yakni satelit PRN18, PRN21 dan PRN29 mengalami penurunan kualitas yang sangat buruk hingga mencapai 0 dBHz. Kondisi ini kadang juga dikenal dengan nama *cycle slips*, dimana ketika satelit GPS tengah mentransmisikan sinyal tiba-tiba *receiver* GPS tidak dapat menangkap sinyal tersebut selama beberapa saat. Selain adanya pengaruh dari *cycle slips* ini, ketiga satelit ini juga memiliki sudut elevasi yang rendah terhadap *receiver* GPS.

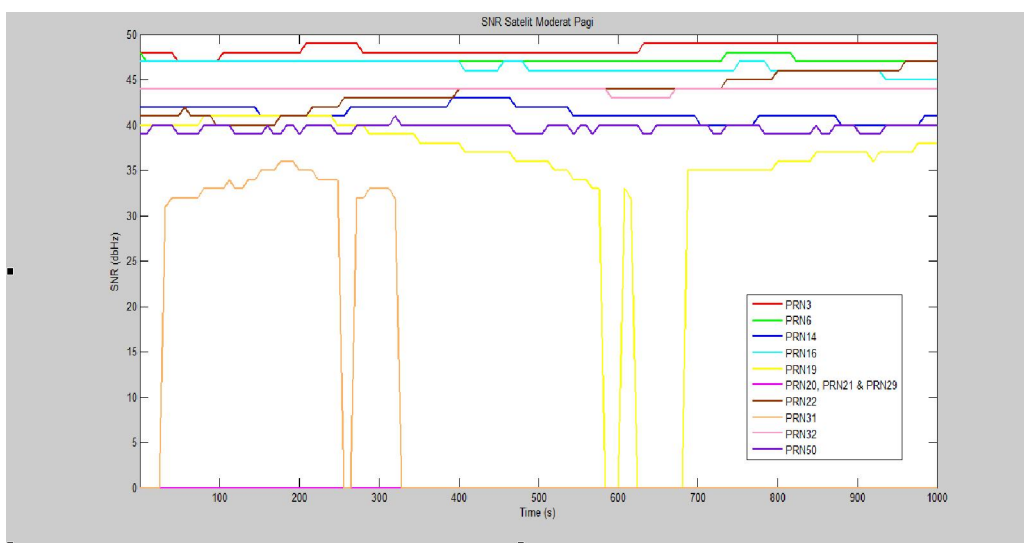


Gambar 9. *SNR* Tiap Satelit Pada Keadaan LOS Pagi

Dibandingkan dengan pengukuran untuk keadaan LOS, kondisi satelit yang dapat mengirimkan sinyal *SNR* pada keadaan ini relatif lebih sedikit. Seperti yang telah diketahui bahwa hanya sebagian kecil data *SNR* yang diperoleh dari hasil pengamatan ini adalah akibat rimbunnya pepohonan disekitar lokasi pengambilan data sehingga dedaunan dan ranting-ranting dari pepohonan inilah yang menjadi penghalang diterimanya sinyal oleh *GPS receiver*. Pada Gambar diatas, satelit PRN17 masih lebih baik dalam mengirimkan kualitas sinyal *SNR*. Begitu pula dengan satelit PRN10 yang sempat mengalami kenaikan kualitas level kekuatan sinyal, tetapi kembali lagi ke kondisi awal ketika pengukuran dimulai. Untuk satelit lain yang terdapat pada Gambar 10 masih dapat terbaca *SNR* yang dikirimkan meskipun kualitas signal *strength* yang ditunjukkan kadang menagalami penurunan yang drastis. Selebihnya ada sekitar empat satelit yang benar-benar tidak dapat terbaca sinyal *SNR* yang dikirimkannya oleh *GPS receiver*. Pada kondisi heavy sore ini juga masih terdapat tiga satelit yang dibaca pada satu kanal penerimaan sinyal. Untuk Gambar kondisi *XGPS* dibawah ini menunjukkan bagaimana kondisi satelit-satelit yang dapat ditangkap oleh *GPS receiver* pada keadaan sore hari. Efek ionesfer aktif di siang hari hingga sore hari sehingga transmisi sinyal pada kondisi heavy sangat tidak efektif dengan signal strength rata-rata di bawah 30 dBHz kecuali PRN 2,10 dan 17 stabil. Untuk PRN 4 dan 23 cukup baik karena masih dipengaruhi lapisan ionesfer pada ketinggian tersebut sehingga bisa terjadi *delay* sinyal.



Gambar 10. *SNR* Tiap Satelit Pada Keadaan NLOS *Heavy* Pagi



Gambar 11. *SNR* Tiap Satelit Pada Keadaan NLOS *Moderate* pagi

Pada Gambar 11 untuk kondisi NLOS *Moderate* karena merode penyebaran satelit menggunakan DSSS atau *spread spectrum* maka level sinyal penerimaan bermacam-macam, ada yang konstan dan ada yang signifikan perubahannya. Hal tersebut disebabkan oleh bias ionesfer dan troposfer yang dapat menyebabkan penundaan serta redaman. Efek dari topografi bumi juga menyebabkan hal tersebut terjadi misalnya efek multipath dari *reflector* dari penghalang di bumi dimana *GPS receiver* menerima 2 sinyal atau lebih dari suatu satelit bisa terlihat pada PRN21,

---

20, dan 29. Level penerimaan sinyal yang paling baik adalah PRN3 dan konstan berada pada kisaran 45-49 dBHz (sangat baik) yang mengakibatkan terdapat 2 PRN satelit yang mengalami penurunan level sinyal penerimaan sebesar 0 dBHz.

### **Kesimpulan**

Untuk proses pengambilan data yang dilakukan pada keadaan *open space*, kualitas signal *strength* sangat baik. Penurunan kualitas level sinyal yang terjadi disebabkan oleh efek dari ionosfer. Semakin besar sudut elevasi antara satelit GPS dengan GPS *receiver* maka sinyal yang diterima akan semakin baik (keadaan *Open Space*). Keakurasian posisi dipengaruhi juga oleh besarnya nilai DOP (*Dilution of Precision*) yaitu HDOP untuk *Longitude* (Horizontal) dan VDOP untuk *Latitude* (Vertikal), semakin kecil nilainya (<1) semakin baik keakurasiannya.

Pengembangan komunikasi lanjut GPS dapat digunakan pada perangkat *open source linux* dan *distro linux* lainnya sehingga dapat memberikan ide yang lebih cermat dan hemat dalam pembuatan aplikasi-aplikasi yang mempermudah pelacakan, pemetaan serta mengetahui koordinat posisi *user*.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan baik dari pihak Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah memberikan sarana publikasi jurnal maupun dari pihak Universitas Hasanuddin yang memberikan saran bantuan pada proses pengambilan data penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan dari berbagai rekan peneliti baik dari pihak Universitas Jenderal Achmad Yani, maupun pihak Universitas Hasanuddin.

### **Daftar Pustaka**

- Abidin W. A. W. Z. 2008. "Measurement of Mobile Satellite Signal Using Handheld GPS Receiver at Mid- And Low-Latitude Regions". Jepang: Tateiba/Fujisaki Laboratory, Kyushu University
- Abidin, Hasanuddin Z. 2007. "Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya". Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Abidin, Hasanuddin Z. 2007. "Modul-1 Introduction of GPS". Bandung: Geodesy Research Division, ITB
- Abidin, Hasanuddin Z. 2007. "Modul-5 Kesalahan dan Bias GPS". Bandung: Geodesy Research Division, ITB
- Engel .U. 2003. "Improving Position Accuracy by Combined Processing of Galileo and GPS Satellite Signal", IEEE Transaction Aerospace and Electronic System, Information Fusion 2008 11 th International Conference on Publication Year: 2008, Page (s): 1-8.
- Kaplan, D.E and J.Hegarty, C."Understanding GPS: Principles and Applications Second Edition". USA, Masschusetts, 2006.
- S. Braasch, M and J.Van Dierendonck, A."GPS Receiver Architectures and Measurements". Proceedings of IEEE, Vol. 87, no.1, 1999.