

PURWARUPA RECEIVER GPS GEODETIK BERBASIS MICROCONTROLLER DENGAN PERHITUNGAN POST PROCESSING

**Jaenudin¹, Adhi Kusuma², Endro Sigit K.³, Agus Iwan S.⁴, Luddy Andreas D.⁵,
Dikdik S. Mulyadi⁶**

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Hidro-Oseanografi, STTAL

²Dosen Pembimbing / Pushidrosal

³Dosen Pembimbing / STTAL

⁴Dosen Penguji / Pushidrosal

⁵Dosen Penguji / Pushidrosal

⁶Dosen Penguji / Pushidrosal

ABSTRAK

Data pasang surut merupakan data yang sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang, diantaranya Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL (Pushidrosal) merupakan lembaga Hidrografi Nasional yang mewakili pemerintah Indonesia pada *International Hydrographic Organization (IHO)*. Salah satu tugas pokok Pushidrosal adalah melaksanakan pembinaan Hidro-Oseanografi TNI AL dalam rangka mendukung kepentingan TNI dan kepentingan sipil. Oleh karena itu Pushidrosal juga memiliki tanggung jawab untuk ikut andil dalam mendukung pengembangan ilmu pengetahuan terutama dibidang hidrografi, termasuk diantaranya GPS sebagai peralatan yang menyediakan data posisi. Peralatan yang mampu menghasilkan data posisi dengan dilengkapi output raw data masih sangat terbatas. Pada tugas akhir ini penulis telah membuat *Purwarupa Receiver GPS Geodetik* yang bisa menghasilkan *raw data* yang cukup memadai sehingga data hasil pengamatan bisa diolah dan divalidasi. Receiver GPS tersebut dibuat dengan menggunakan *Chip Ublox Neo M8T* dengan sistem perekaman berbasis microcontroller *raspberry pi3*. *Purwarupa receiver GPS* ini telah diuji dengan metode pengamatan absolute menggunakan *raspberry pi3* dan perangkat lunak ucenter yang merupakan perangkat lunak asli chips ublox neo M8T. Lebih lanjut *purwarupa receiver GPS* ini juga diuji dengan metode pengamatan *NTRIP* yang menggunakan data koreksi dari base station Luwes *CORS UI Depok*. Hasil pengamatan kemudian divalidasi untuk mendapatkan nilai standard deviasi, selain itu juga dilaksanakan pengolahan jaring kontrol horizontal diperangkat lunak *TBC 2.2* terhadap hasil pengamatan 24 jam yang diikatkan terhadap titik *CORS BIG CJKT* dan *CTGR*. Hasil validasi pengamatan tiap metode dan pengolahan jaring kontrol horizontal menunjukkan nilai yang cukup baik.

Kata kunci : *Purwarupa Receiver GPS Geodetik Berbasis Microcontroller* dengan *Perhitungan Post Processing*.

ABSTRACT

The Indonesian Navy's Hydro-Oceanographic Center (Pushidrosal) is a National Hydrographic institution representing the Indonesian government in the International Hydrographic Organization (IHO). One of the main tasks of Pushidrosal is to carry out the Navy's Hydro-Oceanographic guidance in order to support TNI interests and civilian interests. Therefore Pushidrosal also has a responsibility to take part in supporting the development of knowledge, especially in the field of hydrography, including the delivery of

GPS as a device that provides position data. Equipment that is able to produce position data with full raw data output is still very limited. In this final assignment the author has made a prototype of a Geodetic GPS Receiver that can produce sufficient raw data so that the observational data can be processed and validated. The GPS receiver was made using the Ublox Neo M8T chip with a raspberry pi3 microcontroller based recording system. The prototype of the GPS receiver has been tested with the absolute observation method using Raspberry Pi3 and UCenter software which is the original software for Neo M8T ublox chips. Furthermore, the prototype of the GPS receiver was also tested by the NTRIP observation method that uses correction data from the base station of the CORS UI Depok. The results of the observations were then validated to obtain the standard deviation value, besides that, horizontal control net processing was carried out in software TBC 2.2 on the 24-hour observation results tied to the BIG CJKT and CTGR CORS points. The results of the validation of observations of each method and horizontal control network processing showed a fairly good value.

Keywords : *Prototype Geodetic GPS Receiver Based on Microcontroller with Post Processing Calculation..*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemanfaatan sistem *GPS (Global Positioning System)* sudah banyak digunakan misalnya untuk sistem navigasi, sistem informasi geografis, keperluan militer, penelitian, maupun yang lainnya. Dengan menggunakan *GPS* kita dapat mengetahui posisi (koordinat lintang dan bujur) dari suatu tempat atau titik dipermukaan bumi, posisi tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan *GPS receiver*. *GPS receiver* mengambil informasi dengan menggunakan perhitungan “*triangulation*” menghitung lokasi user dengan tepat. Sebuah *GPS receiver* harus mengunci sinyal minimal tiga satelit untuk menghitung posisi 2D (*latitude* dan *longitude*) dari pergerakan user (*tracking*). Jika *GPS receiver* dapat menerima empat atau lebih satelit, maka hal itu dapat menghitung posisi 3D (*latitude*, *longitude* dan *altitude*).

Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL (Pushidrosal) merupakan lembaga Hidrografi Nasional yang mewakili pemerintah Indonesia pada *International Hydrographic Organization (IHO)*. Salah satu tugas pokok Pushidrosal adalah melaksanakan pembinaan Hidro-Oseanografi TNI AL dalam rangka mendukung kepentingan TNI dan sipil. Oleh karena itu Pushidrosal juga memiliki tanggung jawab untuk ikut andil dalam mendukung pengembangan ilmu pengetahuan terutama dibidang hidrografi, termasuk diantaranya *GPS* sebagai peralatan yang menyediakan data posisi. Namun Peralatan yang mampu menghasilkan data posisi dengan dilengkapi *output raw data* masih sangat terbatas.

Menyikapi hal tersebut diatas, penulis mencoba memberikan suatu solusi dengan membuat Purwarupa *Receiver GPS Geodetik* yang bisa menghasilkan *raw data*, sehingga data tersebut bisa diolah dan divalidasi. Hal ini guna memberikan kontribusi untuk Pushidos TNI AL.

Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut:

- Bagaimana proses pemrograman dan pembuatan purwarupa *receiver GPS Geodetik* agar bisa merecord *raw data broadcast ephemeris*, serta data hasil pengamatan bisa diolah dan divalidasi.
- Bagaimana cara membuat purwarupa *receiver GPS geodetic* agar bisa digunakan untuk pengamatan *GPS* dengan metode *NTRIP*.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah :

- Menghasilkan Purwarupa *Receiver GPS Geodetik* yang bisa merecord *raw data broadcast ephemeris*, serta data hasil pengamatan bisa diolah dan divalidasi.
- Menghasilkan Purwarupa *Receiver GPS Geodetik* yang bisa digunakan untuk pengamatan *GPS* dengan metode *NTRIP*.

Batasan Masalah

Dalam ruang lingkup pembahasan dari isi tugas akhir ini dibatasi pada hal-hal berikut:

- Purwarupa *receiver GPS* dibuat dengan menggunakan modul chip *GPS ublox Neo-M8T*, dengan sistem perekaman data pengamatan *GPS* berbasis *microcontroler*.
- Proses validasi dilaksanakan di titik HP Pusdik Hidros, dengan diikatkan terhadap titik *CORS (Continuously Operating Reference Stations) CJKT dan CTGR*.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai proses awal untuk memulai pembuatan Produk *Receiver GPS Geodetik* yang bisa menghasilkan *raw data* posisi dengan tingkat presisi cukup baik. Sehingga dapat digunakan untuk keperluan pengembangan penelitian selanjutnya. Serta diharapkan penelitian ini bisa memberikan kontribusi untuk Pushidros TNI AL, surveyor dan masyarakat umum.

PERANCANGAN, IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN ALAT

Perancangan

Dalam perancangan dan pembuatan purwarupa *receiver GPS* ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian *Antena Receiver* dan *Server* :

a. Antena *Receiver GPS* berfungsi mendeteksi dan menerima gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh *satellite GPS* serta merubahnya menjadi arus listrik kemudian dikirimkan keserver untuk diproses lebih lanjut. Komponen Elektronika Antena terdiri dari Chip Ublox Neo M8T dan Antena GPS Ublox.

b. *Server* berfungsi untuk memproses data yang diterima oleh antenna *receiver*, kemudian menyimpan data tersebut kedalam memory card yang terdapat dalam *raspberry pi3*. Komponen elektronika Server terdiri dari *Raspberry pi3*, *LCD Touch Screen* dan *Memory Card*.

Pemrograman alat

Pemrograman *purwarupa receiver GPS Geodetik* ini menggunakan perangkat lunak U-center V8.29 dengan cara sebaga iberikut :

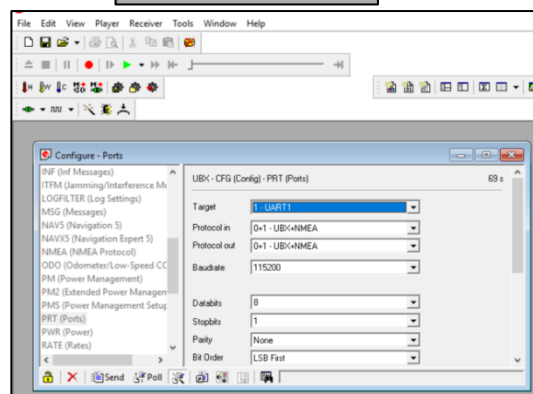
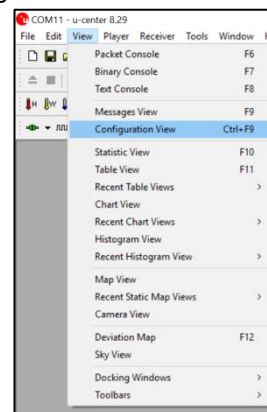
a. Buka perangkat *software* U-center V8.29



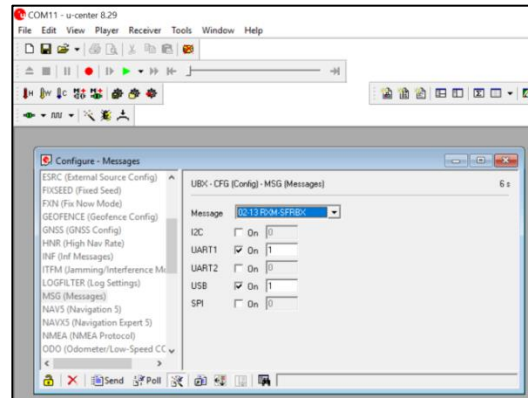
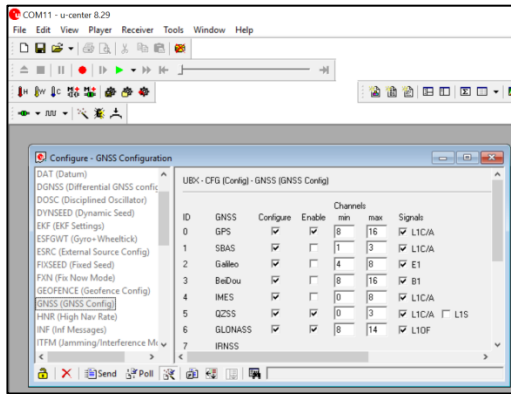
b. Hubungkan kabel data dari laptop ke *Hardware Ublox Neo M8T*



c. *Setting configuration.*
Pilih menu *View, configuration view, PRT (Port).*
Setting *Baudrate* sesuai dengan yang akan digunakan.

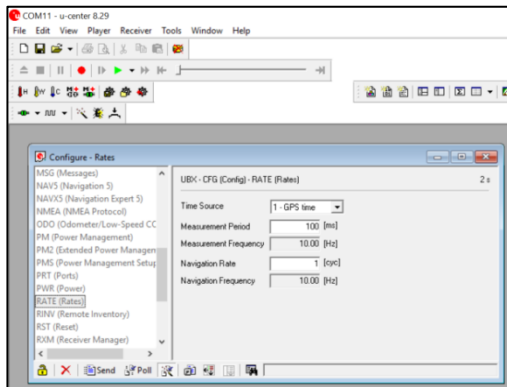


d. *Setting koneksi GNSS.*
Pilih menu *GNSS*, pilih *satellite GNSS* mana yang akan diaktifkan



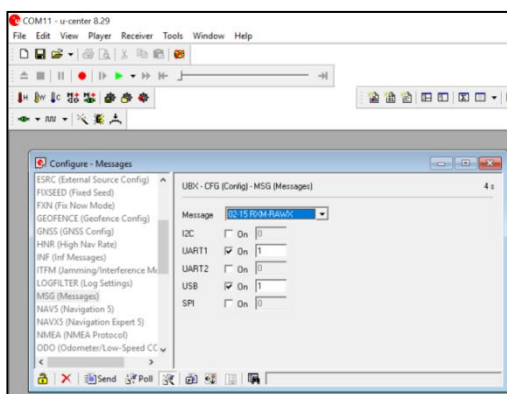
e. Setting Frekuensi.

Ublox Neo M8T diatur untuk berjalan pada frek 5Hz, untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dapat ditingkatkan kefrek 10 Hz.



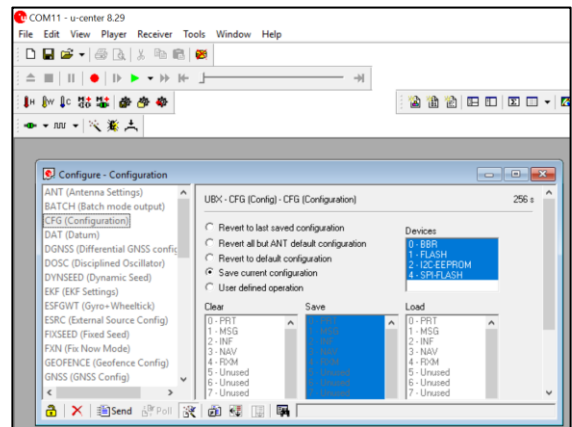
f. Aktifkan output RAW data

Pilih menu MSG (Messages), pilih 02-15 RXM-RAWX dan 02-13 RXM-SFRBX pastikan UART1 dan Port USB aktif.



g. Simpan settingan di CFG (Configuration)

Pilih menu CFG, pilih semua Device, kemudian pilih Save current configuration dan simpan semua settingan dengan mengklik tombol Send.



Setelah disimpan, maka selesai sudah proses pemrograman dan alat siap diujicoba.

Implementasi

Prinsip kerja purwarupa receiver GPS geodetik ini adalah Antena receiver berfungsi untuk mendeteksi dan menerima gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh satelite GPS dan merubahnya menjadi arus listrik, kemudian data tersebut dikirim ke server dan disimpan pada Micro SD yang ada didalam raspberry pi3.

Sistem kerja alat ini sangat sederhana, yaitu bisa menggunakan microcontroller

ataupun bisa langsung terkoneksi dengan laptop sebagai penyimpan data hasil pengamatan. Bagian yang terpenting dalam alat ini adalah *Ublox Neo M8T*, karena *Ublox Neo M8T* adalah chip yang bisa menangkap signal GPS kemudian menampilkan *raw data* hasil pengamatan sehingga data bisa diolah. Nilai presisi dari *Ublox neo M8T* adalah *2,5 m (CEP) Circular Error Probability*, atau sama dengan *5,25 m*. Angka tersebut didapat dari $2,5 \times 2,1 = 5,25$ m. Rumus Conversion between *CEP*.

Pengujian Alat

Pengujian alat dilaksanakan di titik HP Pusdik Hidros, dengan posisi $06^{\circ} 07'25,88146''S - 106^{\circ} 50'46,25053''E$. Hal ini bertujuan untuk menguji kemampuan system, apakah bisa berfungsi untuk mendeteksi posisi dengan baik.

Kegiatan dimulai dengan instalasi peralatan, pemasangan tripod, tribrach, sentring dan setting konfigurasi. Pengamatan data diuji coba selain menggunakan langsung raspberry pi3, juga langsung dikoneksikan ke software Hydropro, untuk memastikan bahwa alat ini telah menghasilkan output data posisi yang bisa digunakan untuk keperluan navigasi pada penelitian pengembangan selanjutnya.

Tahapan uji alat yang dilaksanakan oleh penulis, antara lain :

- Pengamatan GPS dengan metode absolute.
- Pengamatan GPS dengan metode Relatif.
- Pengamatan GPS metode *RTK NTRIP*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil dari uji coba alat pengamatan GPS yang dilaksanakan dititik HP Pusdik Hidros, dengan melaksanakan beberapa metode penelitian didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Pengamatan GPS Dengan Metode Absolut

Pengamatan dilaksanakan selama 1 jam, dengan lokasi pengamatan di HP Pusdik Hidros. Logging data pengamatan GPS menggunakan Raspberry pi3, kemudian data hasil pengamatan didownload. Selanjutnya data tersebut divalidasi menggunakan Microsoft Excel untuk mengetahui seberapa besar simpangan bakunya. Hal ini dilakukan guna mengetahui dan memastikan, apakah alat ini benar-benar bisa merekam *raw data* dari hasil pengamatan GPS serta untuk mengetahui kualitas data tersebut bisa divalidasi. Lihat gambar 4.1 Data hasil pengamatan.

	East	Northing
Mean	704305,38	9322751,18
Std	704305,38	9322751,18
Std	4,43	1,82

Gambar 4.1 Validasi Data Hasil pengamatan GPS metode Absolut

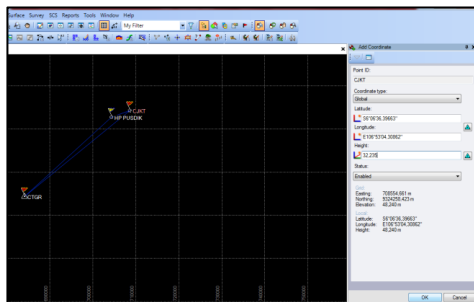
Dari hasil pengamatan purwarupa receiver GPS yang telah dilaksanakan.. Didapat hasil nilai rata-rata pengamatan posisi *easting* sebesar *704305,38*. Kemudian hasil Hasil rata-rata pengamatan posisi *northing* sebesar *9322751,18*. Adapun nilai Standar Deviasi yang didapat dari hasil pengolahan menggunakan Ms Excel sebesar *4,43 m* untuk *Easting* dan *Northing* sebesar *1,82 m*.

Hasil ini sudah memenuhi Standar Deviasi yang dikeluarkan oleh *Ublox Neo M8T*, yaitu *2,5 m CEP (circular error probability)* atau sama dengan $2,1 \times 2,5 = 5,25$ m yang artinya radius presisi pengamatan GPS ini berkisar dalam radius *5,25 m*, Jarak ini hanya berlaku apabila pengamatan GPS secara absolute. Hasil akan lebih

presisi apabila dilaksanakan pengamatan secara *RTK*.

b. Pengamatan GPS Dengan Metode Relatif.

Pelaksanaan pengamatan data GPS ini dilaksanakan di titik HP Pusdik Hidros selama 24 jam. *Logging* data menggunakan Laptop, kemudian dilaksanakan pengolahan jaring kontrol Horizontal diperangkat lunak *TBC (Trimble Business Center)* yang diikatkan terhadap titik *CORS CJKT dan CTGR*.



Gambar 4.2 Proses Olah data di software TBC

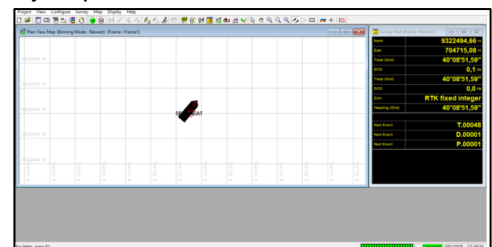
Setelah berhasil diolah di TBC kemudian data hasil pengamatan 24 Jam tersebut divalidasi dengan menggunakan Ms Excel. Dari hasil pengamatan prototype GPS yang telah dilaksanakan.. Didapat hasil nilai rata-rata pengamatan posisi *easting* sebesar 704304,00. Kemudian hasil Hasil rata-rata pengamatan posisi *northing* sebesar 9322752,85 . Adapun nilai Standar Deviasi yang didapat dari hasil pengolahan menggunakan Ms Excel sebesar 4,36 m untuk *Easting* dan *Northing* sebesar 0,90 m. Seperti terlihat pada Gambar 4.3.

WAKTU	E	N	SD	WAKTU	E	N	SD
00:00:00	704305,854	704300,460	704300,460	00:00:00	704305,854	704300,460	704300,460
00:00:15	704305,454	704300,460	704300,460	00:00:15	704305,454	704300,460	704300,460
00:00:30	704305,454	704300,460	704300,460	00:00:30	704305,454	704300,460	704300,460
00:00:45	704305,233	704300,233	704300,233	00:00:45	704305,233	704300,233	704300,233
00:01:00	704305,233	704300,233	704300,233	00:01:00	704305,233	704300,233	704300,233
00:01:15	704305,601	704300,601	704300,601	00:01:15	704305,601	704300,601	704300,601
00:01:30	704305,601	704300,601	704300,601	00:01:30	704305,601	704300,601	704300,601
00:01:45	704305,548	704300,548	704300,548	00:01:45	704305,548	704300,548	704300,548
00:02:00	704305,548	704300,548	704300,548	00:02:00	704305,548	704300,548	704300,548
00:02:15	704305,548	704300,548	704300,548	00:02:15	704305,548	704300,548	704300,548
00:02:30	704305,288	704300,288	704300,288	00:02:30	704305,288	704300,288	704300,288
00:02:45	704305,288	704300,288	704300,288	00:02:45	704305,288	704300,288	704300,288
00:03:00	704305,288	704300,288	704300,288	00:03:00	704305,288	704300,288	704300,288
00:03:15	704305,512	704300,512	704300,512	00:03:15	704305,512	704300,512	704300,512
00:03:30	704305,512	704300,512	704300,512	00:03:30	704305,512	704300,512	704300,512
00:03:45	704305,091	704300,091	704300,091	00:03:45	704305,091	704300,091	704300,091
00:04:00	704305,091	704300,091	704300,091	00:04:00	704305,091	704300,091	704300,091
00:04:15	704305,434	704300,434	704300,434	00:04:15	704305,434	704300,434	704300,434
00:04:30	704305,434	704300,434	704300,434	00:04:30	704305,434	704300,434	704300,434
00:04:45	704305,559	704300,559	704300,559	00:04:45	704305,559	704300,559	704300,559
00:05:00	704305,559	704300,559	704300,559	00:05:00	704305,559	704300,559	704300,559
00:05:15	704305,236	704300,236	704300,236	00:05:15	704305,236	704300,236	704300,236
00:05:30	704305,236	704300,236	704300,236	00:05:30	704305,236	704300,236	704300,236
00:05:45	704305,706	704300,706	704300,706	00:05:45	704305,706	704300,706	704300,706
00:06:00	704305,706	704300,706	704300,706	00:06:00	704305,706	704300,706	704300,706

Gambar 4.3 Validasi data pengamatan GPS metode Relatif

c. Pengamatan dengan Metode RTK NTRIP

Pengamatan dilaksanakan, dititik HP Pusdik Hidros, selama 30 menit, dari jam 09.30 s/d 10.00 wib. *Logging* data menggunakan software Hydropro. Adapun Hydropro adalah sebuah software yang digunakan untuk melaksanakan kegiatan akuisisi data dalam survei Bathimetri. Selain data kedalaman, software ini juga memerlukan input data posisi. Dengan menggunakan software ini kita akan bisa mengetahui apakah alat ini bisa digunakan untuk menyediakan input data menggunakan mode *RTK NTRIP*. Pada saat pengamatan dengan mode *RTK NTRIP* ini dilaksanakan, titik refrensi yang digunakan berada di UI Depok. *Logging* data menggunakan software *Hydropro*. Dari hasil pengamatan menggunakan software dengan *boudrate* 115200 menggunakan kabel data USB. Sedangkan input simulasi kapal menggunakan software *RTKLIB*. Didapat hasil yang cukup memuaskan ditandai dengan aktifnya pergerakan kapal dilayar monitor Hydropro. Selain itu keterangan pada panel indikator yang menunjukkan status GPS berupa *RTK Fixed* (yang merupakan indikator status GPS yang memiliki ketelitian milimeter). Indikator warna kuning menyatakan bahwa seluruh data yang dihasilkan oleh purwarupa receiver geodetik bisa diterima dengan baik oleh software Hydropro.



Gambar 4.4 Metode RTK NTRIP logging data menggunakan Hydropro

Dari gambar atas bisa dilihat keterangan yang menunjukkan posisi titik yang diamati dan tingkat ketelitian, bahwa dengan menggunakan metode

NTRIP bisa mendapatkan posisi *RTK FIXED* dan *RTK FLOAT*.

	East	North
MEAN	704713,70	9322494,84
STD	0,19	0,14

Gambar 4.5 Validasi data hasil pengamatan GPS metode *NTRIP*

Dari hasil pengamatan metode *RTK NTRIP* yang telah dilaksanakan. Didapat hasil nilai rata-rata pengamatan posisi *easting* sebesar 704713,70. Kemudian hasil rata-rata pengamatan posisi *northing* sebesar 9322494,84. Adapun nilai Standar Deviasi yang didapat dari hasil pengolahan menggunakan Ms Excel sebesar : 0,19 m untuk *Easting* dan *Northing* sebesar 0,14 m.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembuatan Purwarupa *receiver GPS geodetik* dan proses pengolahan data hasil pengamatan GPS diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

a. Penelitian ini telah menghasilkan purwarupa *receiver GPS geodetik* yang bisa diprogram agar bisa menghasilkan *rawdata broadcast ephemeris*. Pemrograman menggunakan software U-center versi 8.29 dan software *RTKLIB*. Data hasil pengamatan bisa diolah dan divalidasi, dengan data hasil validasi :

- Pengamatan GPS Metode Absolut 1 Jam, logging data menggunakan Raspberry pi3 :
Rata-rata *Easting* : 704305,38
Rata-rata *Northing* : 9322751,18
Standar Deviasi *Easting* 4,43 m
***Northing* 1,82 m**

- Pengamatan GPS metode relatif 24 Jam, logging data menggunakan laptop.

Rata-rata *Easting* : 704304,00.
Rata-rata *Northing* : 9322752,85
Standar Deviasi *Easting* 4,36 m
***Northing* 0,90 m**

b. Penelitian ini telah menghasilkan purwarupa *receiver GPS geodetik* yang bisa digunakan untuk pengamatan GPS dengan metode pengamatan *NTRIP* dengan memanfaatkan jaringan internet dan menggunakan data koreksi dari *base station* Luwes *CORS* UI Depok. Pengamatan ini dengan menggunakan software *RTKLIB* untuk menghasilkan format data *RTCM* dan pada pengamatan ini menggunakan software *Hydropro* untuk logging data. Data hasil pengamatan setelah divalidasi menggunakan *microsoft excel* sebagai berikut :

- Pengamatan GPS metode *RTK NTRIP*
Rata-rata *Easting* : 704713,70
Rata-rata *Northing* : 9322494,84
Standar Deviasi *Easting* 0,19 m
***Northing* 0,14 m**

Saran

Dari hasil uji coba dan pengambilan data di lapangan dapat disarankan :

- Agar hasil pengamatan data GPS lebih baik, *Chip U-Blox M8T* bisa diganti dengan Tipe Chip yang lebih tinggi spesifikasi teknisnya, agar data pengamatan yang dihasilkan lebih presisi.
- Untuk menjamin keamanan peralatan terhadap gangguan eksternal perlu dirancang casing atau kemasan yang bisa melindungi dan mempermudah pengoperasian alat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H.Z. (2000, Cetakan Pertama). *Geodesi Satelit*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
Abidin, H.Z. (1996). *Pengolahan Data Survei GPS*. ITB. Bandung.

- Abidin, H.Z. (2007). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Cetakan Ketiga. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Abidin, H.Z. (2007). *Modul-3 GPS Positioning*. ITB. Bandung.
- Abidin, H.Z., C. Subarya, B. Muslim, F.H. Adiyanto, I. Meilano, H. Andreas, I. Gumilar. (April 2010). *The Applications of GPS CORS in Indonesia: Status, Prospect and Limitation. Paper presented at the FIG Congress 2010, Building the Capacity - Sydney, Australia*. http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/ts06cts06c_abidin_surabaya_et_al_3924.pdf
- Abidin H.Z., Jones A., Kahar J. (2011). *Survei Dengan GPS*. ITB. Bandung.
- Fahrurrazi D. (2011, Cetakan Pertama) *Sistem Acuan Geodetik*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Leick (1995, Second Edition) *GPS Satellite Surveying*
- Kadir A (2017, Dasar Raspberry pi)
- Hidayat Windu T.K (2014) *Tugas Akhir Komparasi pengolahan data GPS menggunakan perangkat lunak komersial dan perangkat lunak ilmiah*. Jakarta : STTAL
- Sunaryo (2015) *Tugas Akhir Penentuan Kedalaman Menggunakan RTK TIDES*. Jakarta : STTAL
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2002). *Jaring Kontrol Horizontal (SNI 19-6724-2002)*. Bogor.
- Badan Informasi Geospasial (BIG), *Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI)*. (18 November 2018). *RINEX download step by step*. http://inacors.big.go.id/spiderweb/Help/EN/Users/help_spiderweb_rinex_download_step-by-step.htm
- <https://rtklibexplorer.wordpress.com> (diakses tanggal 16 Pebruari 2018)
- <https://github.com/PaulZC>. (diakses tanggal 17 Pebruari 2018)
- https://github.com/Francklin2/RTKLIB_Touchscreen_GUI (diakses tanggal 18 Pebruari 2018)
- <http://geodesy.gd.itb.ac.id/2007/01/16/teknologi-gps/> (diakses tanggal 18 Pebruari 2018)
- [renputra.blogspot.com/gps-geodetik](http://renputra.blogspot.com/2011/06/gnss-cors-untuk-survei-kadastral.html) (diakses tanggal 18 Pebruari 2018)
- <http://renputra.blogspot.com/2011/06/gnss-cors-untuk-survei-kadastral.html> (diakses tanggal 18 Pebruari 2018)
- http://yoghaken.blogspot.com/2014/10/pemanfaatan-stasiun-cors-gnss-untuk_8.html (diakses tanggal 18 Oktober 2018)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Circular_error_probable (diakses tanggal 29 November 2019)
- <http://dediatunggal.staff.ugm.ac.id/2016/> (diakses tanggal 29 November 2018)

