

Penerapan Teknologi GNSS RTK Berbiaya Terjangkau (*Low-Cost*) Untuk Survei dan Pemetaan Batas Lahan di Desa Tanjung Merbu dan Rambutan Kabupaten Banyuasin

M. B. Al Amin^{1*}, H. Haki², R. S. Ilmiaty³, A. P. Usman⁴, A. Rachmadi⁵, dan A. Costa⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir

*Corresponding author: baitullah@unsri.ac.id

Diterima: 13 Desember 2020 Revisi: 15 Desember 2020 Disetujui: 17 Desember 2020 Online: 31 Desember 2020

ABSTRAK: Perangkat GNSS RTK (*Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic*) atau yang sering juga disebut sebagai GPS Geodetik merupakan alat yang dapat digunakan untuk menentukan suatu posisi (koordinat dan elevasi) di permukaan bumi secara akurat. Tingkat ketelitian dari alat ini dapat mencapai centimeter sampai dengan milimeter yang bergantung dari berbagai faktor seperti kualitas antenna, *receiver*, kondisi tutupan awan, jaraknya dengan *base station* dan lain sebagainya. Oleh karena itu, kemampuan alat GNSS RTK dalam memberikan koordinat posisi yang sangat akurat menyebabkan alat ini juga menjadi sangat mahal (mencapai ratusan juta rupiah). Hal ini kemudian menjadi kendala yang mana tidak semua orang dapat memilikinya. Di sisi lain keperluan pemetaan dengan akurasi yang tinggi semakin bersifat krusial, salah satunya dalam hal pemetaan batas lahan untuk menghindari permasalahan yang kerap terjadi di lapangan seperti tumpang tindih dan sengketa lahan. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan perangkat alternatif GNSS RTK yang memiliki tingkat ketelitian yang setara namun dengan biaya yang jauh lebih terjangkau. Alat *low-cost* GNSS RTK yang dirancang terlebih dahulu dilakukan pengujian baik di laboratorium maupun lapangan yang kemudian dibandingkan tingkat ketelitiannya dengan alat GNSS RTK komersial. Alat yang telah dibuat berikut hasil ujinya kemudian disosialisasikan dan dimanfaatkan untuk keperluan pemetaan batas lahan bagi masyarakat di dua desa, yaitu Desa Tanjung Merbu dan Rambutan, Kabupaten Banyuasin. Hal ini dimaksudkan sebagai kegiatan percontohan bagi instansi BPN Kabupaten Banyuasin sekaligus bantuan bagi masyarakat sebagai bagian dari pelaksanaan pengabdian pada masyarakat. Hasil pengujian perangkat GNSS rakitan menunjukkan tingkat ketelitian yang mencapai 10 mm pada metode RTK dan 4 mm pada metode PPK (*Post Processing Kinematic*). Hal ini menunjukkan bahwa perangkat yang diuji memiliki ketelitian yang memenuhi standar dan tidak kalah dengan perangkat GNSS RTK komersial. Respon masyarakat Desa Tanjung Merbu dan Rambutan adalah sangat baik, dimana masyarakat menilai perangkat tersebut sangat dibutuhkan khususnya dalam kegiatan pengukuran dan pemetaan batas lahan.

Kata Kunci: GIS, GNSS RTK, GPS Geodetik, PPK, survei dan pemetaan

ABSTRACT: GNSS RTK (*Global Navigation Satellite System - Real Time Kinematic*) or also known as GPS Geodetic is a device that can be used to determine a position (coordinates and elevation) on the earth's surface accurately. The level of accuracy of this device can reach centimeters to millimeters depending on various factors such as the quality of the antenna, receiver, cloud cover conditions, distance from the base station and so on. Therefore, the ability of the GNSS RTK to provide very accurate position coordinates causes the price of this device to be very expensive (reaching hundreds of millions of rupiah). This very high cost is an obstacle for some people or institutions which not everyone can have. On the other hand, the need for mapping with high accuracy is increasingly crucial, one of which is the mapping of land boundaries to avoid problems that often occur in the field such as overlaps and land disputes. This research aims to create an alternative GNSS RTK device that has the same level of accuracy but at a much more affordable cost. The designed *low-cost* GNSS RTK device was tested both in the laboratory and in the field, then the level of accuracy was compared with the commercial RTK GNSS. The device that had been created and its test results were then socialized to the community and used for the purposes of mapping land boundaries in two villages, namely Tanjung Merbu and Rambutan Villages, Banyuasin Regency. This activity is intended as a pilot project for the Banyuasin Regency BPN agency as well as assistance for the community as part of the implementation of community service. The test results of the assembled GNSS device show an accuracy level of up to 10 mm in the RTK method and 4 mm in the PPK (*Post Processing Kinematic*) method. This indicates that the device tested has the same accuracy and quality as commercial RTK GNSS devices. The response from the people of Tanjung Merbu and Rambutan Villages is very good, where the community thinks that this device are very much needed, especially in measuring and mapping rural land boundaries.

Keywords: GIS, GNSS RTK, GPS Geodetic, PPK, surveying and mapping

PENDAHULUAN

Perangkat GNSS RTK (*Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic*) atau yang sering juga disebut sebagai GPS Geodetik atau GPS Survei merupakan alat yang dapat digunakan untuk menentukan lokasi (titik) di permukaan bumi secara akurat. Istilah GNSS merujuk pada konstelasi satelit-satelit yang mengirimkan sinyal untuk ditangkap oleh *antenna* dan *receiver*. Komponen *receiver* ini kemudian yang akan melakukan pengolahan data dari satelit untuk menentukan koordinat suatu lokasi. Satelit-satelit yang termasuk dalam GNSS diantaranya adalah Galileo (Eropa), GPS (Amerika Serikat), GLONASS (Rusia), dan BeiDou (China). Tingkat ketelitian horisontal dari alat ini dapat mencapai 7 - 10 mm dan bahkan lebih yang bergantung dari berbagai faktor seperti kualitas *antenna*, *receiver*, kondisi tutupan awan, jaraknya dengan *base station* dan lain sebagainya. Gambar 1 di bawah ini memberikan ilustrasi perangkat GNSS RTK.



Gambar 1. GNSS RTK

Sumber: <https://geospasial.trimble.com/>

Kemampuan alat GNSS RTK dalam memberikan koordinat lokasi yang sangat akurat menyebabkan harga alat ini menjadi sangat mahal (mencapai ratusan juta rupiah). Hal ini menjadi kendala tersendiri dimana tidak setiap orang dan bahkan instansi pemerintah seperti BPN (Badan Pertahanan Nasional) pun dapat kesulitan untuk menjangkaunya, terutama pada pemerintah daerah kabupaten karena anggaran yang terbatas. Akibatnya sering sekali pengukuran batas lahan masyarakat dilakukan dengan tidak akurat karena menggunakan peralatan dan metode seadanya. Hal ini dapat menjadi masalah di kemudian hari terutama bagi masyarakat sebagai pemilik lahan. Oleh karena itu, perlu diciptakan perangkat alternatif yang memiliki kualitas yang setara namun dengan biaya yang jauh lebih terjangkau.

Salah satu alternatif yang ditawarkan adalah penggunaan GNSS RTK berbiaya terjangkau (*low-cost*)

yang merupakan hasil rakitan dari masing-masing komponen-komponen GNSS RTK. Komponen-komponen utama yang dimaksud adalah *multiband antenna*, *receiver*, dan *controller* disamping perlengkapan survei lainnya seperti tripod dan *tribrach* untuk metode statik serta *survey pole* untuk metode RTK (*stop-and-go*).

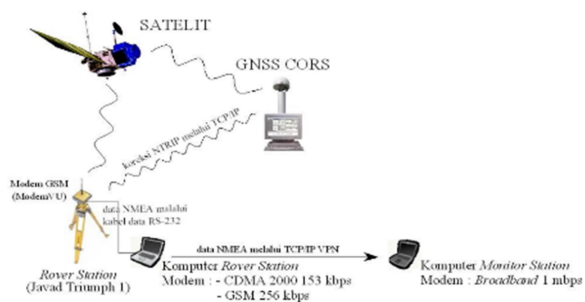
Penelitian ini bertujuan untuk mendesain teknologi *low-cost* GNSS RTK yang dapat mengukur koordinat dan elevasi suatu posisi di permukaan bumi dengan ketelitian yang tinggi. Teknologi *low-cost* GNSS RTK hasil penelitian ini selanjutnya dimanfaatkan untuk keperluan survei dan pemetaan batas-batas lahan masyarakat di Desa Tanjung Merbu dan Desa Rambutan, Kabupaten Banyuwangi sebagai desa percontohan. Disamping itu, teknologi ini juga diharapkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan survei topografi, *photogrammetry* (foto udara), pengukuran jalan, dan sungai (perairan).

TINJAUAN PUSTAKA

Pada kurun waktu 10 – 15 tahun terakhir perangkat GPS berbasis satelit memiliki peranan yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Bidang transportasi, navigasi, smartphone, dan kegiatan survei pemetaan merupakan contoh dari penggunaan GPS. Dengan meningkatnya penggunaan GPS dalam menentukan koordinat dan elevasi suatu lokasi, maka terjadi peningkatan kebutuhan untuk tingkat akurasi yang lebih baik. Hal ini dibutuhkan dalam perangkat-perangkat seperti mobil atau kendaraan otomatis, pesawat tanpa awak (*uav/drone*), peralatan survei dan pengukuran lahan serta infrastruktur/bangunan, dan juga fenomena-fenomena geologi seperti longsor, amblesan tanah, pergeseran bangunan, dan sebagainya. Namun, peralatan GPS geodetik dengan tingkat akurasi yang tinggi hanya terbatas pada pemerintahan dan profesional seperti surveyor lahan karena harganya yang sangat mahal. Hal ini menyebabkan tidak semua orang dapat mengaksesnya (Bredesen & Helder, 2019).

Teknologi GNSS-RTK berbiaya terjangkau akhir-akhir ini diperkenalkan untuk menjembatani kebutuhan survei dengan tingkat akurasi yang tinggi, namun berbiaya yang terjangkau (*low-cost*). Dengan metode RTK dan koreksi RTCM dari NTRIP *caster*, maka biaya pengadaan perangkat GNSS bisa lebih ditekan. Hal ini disebabkan karena *base station* bisa digantikan dengan stasiun referensi yang disediakan oleh *provider* melalui koneksi jaringan internet. Dengan demikian, jika suatu lokasi masih terjangkau oleh jaringan NTRIP maka perangkat yang dibutuhkan hanya cukup *rover station*

saja. Gambar 2 menunjukkan metode NTRIP dalam survei lokasi menggunakan GNSS-RTK. Di Indonesia, seluruh wilayah sudah terjangkau oleh jejaring stasiun CORS Badan Informasi Geospasial (BIG) yang disebut InaCORS BIG. InaCORS merupakan *Continuously Operating Reference Station (CORS)* yang dikelola oleh BIG sebagai stasiun pengamatan geodetik tetap/kontinu untuk mendefinisikan dan memelihara referensi geospasial yang menjadi acuan dalam kegiatan survei, pemetaan, serta penyelenggaraan IG lainnya (Badan Informasi Geospasial, 2018).



Gambar 2. Survei menggunakan GNSS-RTK metode NTRIP

Sumber: Atunggal, Ma'ruf, & Yan, 2010

Reddy, dkk., (2020) menjelaskan bahwa GNSS-RTK berbiaya terjangkau dapat menghasilkan akurasi posisi yang baik berkisar antara meter – centimeter. Hal ini diperoleh setelah melakukan uji terhadap GNSS receiver tipe satu frekuensi model Allystar TAU1302 menggunakan perangkat lunak Satrack. Valente, dkk., (2020) melakukan uji perbandingan dari dua GNSS-RTK berbiaya terjangkau yaitu model Emlid “Reach RTK” dan NavSpark “NS-HP”. Hasil uji keduanya menunjukkan pada kondisi solusi *Fix* diperoleh akurasi dari keduanya adalah kurang dari 50 mm, sedangkan pada kondisi solusi *Float* diperoleh akurasi kurang dari 1 m. Kedua model GNSS-RTK masih berbasis satu frekuensi (*single frequency*).

Yuwono, dkk., (2019) melakukan asesmen perbandingan akurasi dari GNSS-RTK satu frekuensi dengan GNSS-RTK dua frekuensi. Model satu frekuensi yang digunakan adalah u-blox NEO-M8T dan Allystar HD9100, sedangkan model dual frekuensi yang digunakan adalah TOPCON. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa GNSS-RTK tipe satu frekuensi bisa menghasilkan tingkat akurasi centimeter. Meskipun demikian, tipe dual atau multi frekuensi akan memberikan tingkat akurasi yang lebih baik.

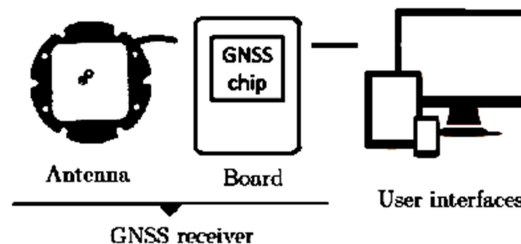
Semler, dkk., (2019) melakukan uji eksperimental terhadap GNSS-RTK berbiaya terjangkau dengan model u-blox ZED-F9P. GNSS receiver ini memiliki tipe multi

frekuensi (*multi frequency*) dengan spesifikasi teknis seperti yang diberikan dalam Tabel 1. Komponen-komponen dari GNSS-RTK yang diuji terdiri dari antena GNSS, *board (chipset)*, dan *user interface* (aplikasi android dan *software*) seperti yang diberikan dalam Gambar 3. Berdasarkan hasil uji tersebut diperoleh akurasi posisi yang bisa dicapai adalah 0,01 m (10 mm) yang berarti sangat baik.

Tabel 1. Spesifikasi dari *chipset* GNSS model ZED-F9P

<i>Constellations</i>	GPS, GLONASS, BEIDOU, GALILEO, QZSS
<i>Associated frequencies</i>	L1C/A, L1OF, E1, B1I, L2OF, L2C, B2I, E5b
<i>Supported protocols</i>	NMEA, RTCM, UBX
<i>Time to First Fix (TTFF)</i>	<i>Cold Start</i> : 24 s <i>Reacquisition</i> : 2 s
<i>Accuracy in Single Point Positioning (SPP)</i>	1.5 m CEP
<i>Accuracy in Real Time Kinematic (RTK)</i>	0.01 m + 1ppm CEP

Sumber: Semler, dkk., 2019



Gambar 3. Komponen dari GNSS-RTK mode ZED-F9P
Sumber: Semler, dkk., 2019

Hasil yang serupa juga diperoleh oleh Hamza, dkk., (2020) yang melakukan pengujian terhadap GNSS-RTK multi frekuensi model u-blox ZED-F9P. Setelah sesi 30 menit pengujian diperoleh tingkat akurasi sebesar 10 mm (1 cm). Adapun pada metode statik, tingkat akurasi bisa lebih tinggi yaitu mencapai 2 mm. Hasil uji ini kemudian dibandingkan dengan GPS Geodetik komersial model Leica dan hasilnya GNSS-RTK berbiaya terjangkau memiliki tingkat akurasi yang tidak kalah dengan GPS Geodetik komersial, bahkan pada metode statik, tingkat akurasi vertikal GNSS-RTK justru bisa lebih baik. Gambar 4 di bawah ini menunjukkan pengujian GNSS-RTK yang dilakukan oleh Hamza, dkk. (2020).



Gambar 4. GPS Geodetik Leica (a) dan GNSS-RTK ZED-F9P (b)

Sumber: Hamza, dkk., 2020

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu: 1) desain alat, 2) uji coba alat, dan 3) penerapan/percontohan untuk pengukuran lahan masyarakat. Pada tahap desain, dilakukan perencanaan komponen-komponen berikut spesifikasinya yang dibutuhkan untuk perakitan alat *low-cost* GNSS RTK. Adapun pada tahap uji coba, dilakukan pengujian kinerja dan ketelitian posisi baik horisontal maupun vertikal. Pengujian ketelitian dilaksanakan dengan dua metode berbeda, yaitu metode statik atau PPK (*post processing kinematic*) dan *stop-and-go* atau RTK (*real time kinematic*). Hal ini ditujukan untuk memperoleh ketelitian alat dari dua metode tersebut. Selanjutnya pada tahap penerapan, dilakukan sosialisasi sekaligus percontohan pengukuran lahan masyarakat menggunakan alat yang diintroduksi.

Abidin, dkk. (2011) menjelaskan bahwa metode pengamatan yang umum digunakan dalam survei GPS adalah metode survei statik, yaitu survei penentuan posisi yang bertumpu pada metode penentuan posisi statik secara diferensial dengan menggunakan data fase. Saat ini dengan adanya kemajuan dalam keilmuan dan teknologi GPS, juga telah berkembang metode-metode survei lainnya, yaitu metode survei statik singkat, *stop-and-go*, dan pseudokinematik.

Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (*rapid static*) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5 – 20 menit ketimbang 1 – 2 jam. Prosedur operasional lapangan dari survei statik singkat ini sama seperti dengan survei statik, hanya selang waktu pengamatannya yang lebih singkat. Metode *stop-and-go* adalah salah satu metode survei penentuan posisi titik-titik dengan GPS, yang kadang disebut juga sebagai metode semikinematik. Pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak (statik), sedangkan *receiver* GPS yang berfungsi sebagai *rover*

bergerak dari titik-titik dimana pada setiap titiknya *receiver* tersebut diam beberapa saat di titik-titik tersebut. Metode pseudokinematik yang kadang juga disebut sebagai metode *intermittent* ataupun metode *reoccupation*, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar satu sampai beberapa jam). Pada metode ini pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk meliput perubahan geometri yang cukup besar, sehingga diharapkan dapat mensukseskan penentuan ambiguitas fase serta mendapatkan ketelitian posisi yang relatif baik (Abidin, dkk., 2011).

Waktu dan lamanya pengamatan GPS akan mempengaruhi tidak hanya ketelitian posisi yang diperoleh, tapi juga tingkat kesuksesan dari penentuan ambiguitas fase sinyal GPS, serta efek dan proses penjaralan dari kesalahan dan bias terhadap ketelitian posisi. Waktu dan lamanya pengamatan *baseline* dalam suatu survei GPS dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu:

1. Jumlah satelit yang dapat diamati
2. Kekuatan dari satelit geometri
3. Aktivitas ionosfer
4. Aktivitas pada lokasi titik dan sekitarnya (lalu lintas dan lalu langang manusia)
5. Obstruksi sinyal pada titik yang bersangkutan
6. Jenis *receiver* yang digunakan (satu atau dua frekuensi)
7. Aksesibilitas titik
8. Waktu pergerakan antar titik

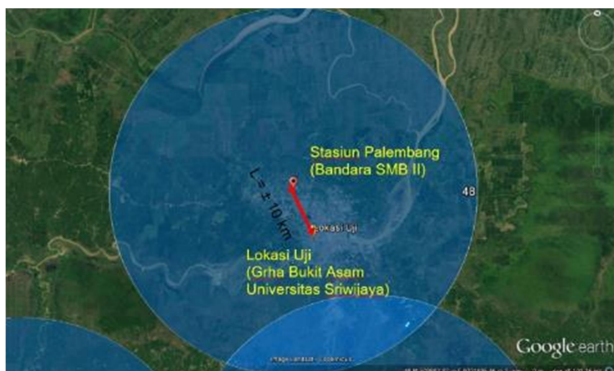
Tabel 2 di bawah ini memberikan acuan dalam penentuan waktu dan lamanya pengamatan berdasarkan panjang *baseline*.

Tabel 2. Selang waktu pengamatan *baseline* GPS

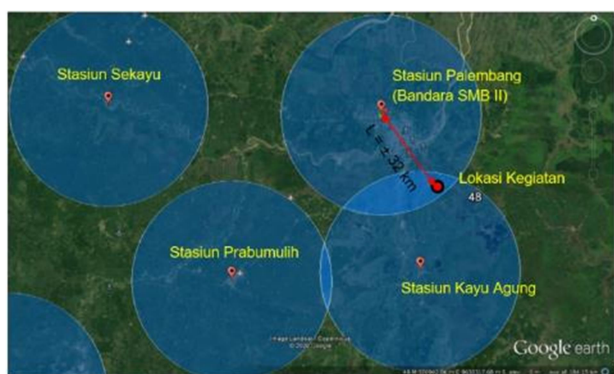
Panjang <i>Baseline</i> (km)	Metode Pengamatan	Lama Pengamatan (hanya L1)	Lama Pengamatan (L1 dan L2)
0 – 5	<i>Stop-and-Go</i>	2 menit*	2 menit*
0 – 5	Statik Singkat	30 menit	15 menit
5 – 10	Statik Singkat	50 menit	25 menit
10 – 30	Statik	90 menit	60 menit
30 - 50	Statik	180 menit	120 menit
Spesifikasi di atas diturunkan dengan asumsi sebagai berikut.			*ambiguitas fase dianggap telah ditentukan dengan benar sebelum <i>receiver</i> bergerak
<ul style="list-style-type: none"> • 4 atau 5 satelit dapat diamati • GDOP < 8 • Pengamatan pada siang hari • Level aktivitas atmosfer dan ionosfer relatif sedang 			

Sumber: Abidin, dkk., 2011

Berdasarkan Tabel 2 di atas, waktu dan lamanya pengamatan ditentukan berdasarkan tipe *receiver* yang digunakan dan panjang *baseline*. Dalam penelitian ini, tipe *receiver* yang digunakan adalah *multiband* atau multi frekuensi (L1 dan L2) yang mampu menjangkau *baseline* sampai dengan 50 km. Lokasi pengujian PPK dan RTK adalah di atas atap gedung Grha Bukit Asam Universitas Sriwijaya dengan panjang *baseline* terhadap *base station* Palembang adalah sekitar 10 km (Gambar 5). Stasiun tersebut merupakan bagian dari jejaring stasiun referensi InaCORS BIG. Adapun panjang *baseline* yang diukur dari lokasi Desa Tanjung Merbu dan Rambutan terhadap *base station* adalah sekitar 32 km seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 6. Stasiun referensi yang terdekat dengan lokasi kegiatan adalah stasiun Palembang (Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II) dan stasiun Kayu Agung. Oleh karena itu, pelaksanaan survei statik dalam penelitian dilakukan dengan waktu selama 60 menit (1 jam).



Gambar 5. Panjang *baseline* terhadap lokasi pengujian



Gambar 6. Panjang *baseline* terhadap lokasi pengukuran lahan masyarakat di Desa Tanjung Merbu dan Rambutan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Alat. Teknologi *low-cost* GNSS RTK yang dirancang dalam penelitian ini terdiri dari komponen utama, yaitu: 1) GNSS *receiver*, 2) antena multi frekuensi, 3) *controller* (*user interface*), 4) tripod dan

atau *survey pole* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7. Komponen *receiver* berupa modul yang dilengkapi dengan *chipset* u-blox ZED-F9P. Adapun antena multi frekuensi yang digunakan mampu menangkap sinyal satelit L1 dan L2 sehingga kemampuannya bisa lebih baik dari antena satu frekuensi. Sebagai komponen *controller* digunakan *smartphone* berbasis Android. Koneksi dari antena ke *receiver* menggunakan kabel TNC – SMA, sedangkan koneksi dari *receiver* ke *controller* dapat dilakukan menggunakan kabel USB atau *bluetooth*. Tripod digunakan sebagai tempat berdiri alat yang dilengkapi dengan kotak nivo untuk memastikan kedudukannya datar atau horisontal.



Gambar 7. *Low-cost* GNSS RTK hasil rancangan

Prinsip kerja alat adalah GPS atau GNSS RTK akan menerima sinyal dari satelit-satelit sehingga akan ditentukan posisi, yaitu koordinat dan elevasi dari kedudukan antena. Selanjutnya koreksi posisi dilakukan dengan mengacu pada *base station* dari jejaring InaCORS BIG yang terdekat. Seluruh pengaturan serta pembacaan koordinat dan elevasi ukur dilakukan melalui *controller*.

Hasil Uji *Post Processing Kinematic* (PPK). Pengujian PPK dilakukan untuk memperoleh tingkat ketelitian GPS pada metode statik. Dalam penelitian ini pengujian metode statik dilaksanakan di atas atap Gedung Grha Bukit Asam Universitas Sriwijaya. Gedung tersebut berlantai dua dengan ketinggian sekitar 12 m. Hal ini dimaksudkan agar antena dapat menerima sinyal satelit dari kondisi yang cukup ideal, dimana minim penghalang dari gedung, pohon, atau benda lain di sekitarnya. Gambar 8 menunjukkan kondisi saat pengujian metode statik.

Data mentah (*raw data*) yang dikumpulkan dari metode statik selama 60 menit memiliki format “.ubx” sesuai dengan *chipset* u-blox yang digunakan. Selanjutnya data mentah tersebut dikonversi ke dalam

data Rinex, yaitu ".obs" yang kemudian dapat diproses menggunakan aplikasi RTKLib. Proses tersebut membutuhkan data Rinex dari lokasi uji dan lokasi *base station* yang dirujuk. Dalam hal ini data Rinex dari *base station* Palembang diperoleh dari layanan yang disediakan oleh BIG. Hasil pengujian metode statik ditunjukkan dalam Gambar 9 - 12. Pada Gambar tersebut diperoleh nilai ketelitian atau deviasi terbaik untuk horizontal adalah sebesar 4,15 mm dan vertikal 8,2 mm.



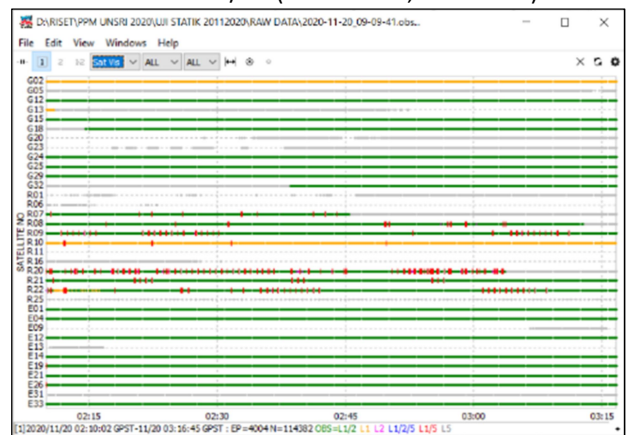
Gambar 8. Pengujian metode statik

Nilai GDOP rerata hasil pengujian adalah sebesar 1,3 seperti yang diberikan dalam Gambar 9. Hal ini sudah memenuhi kriteria seperti yang diberikan dalam Tabel 2. Disamping itu, pada Gambar 9 tersebut juga ditunjukkan jumlah satelit (NSAT) yang teramati sebanyak 20 – 23 satelit. Hal ini juga sudah memenuhi kriteria pengujian.

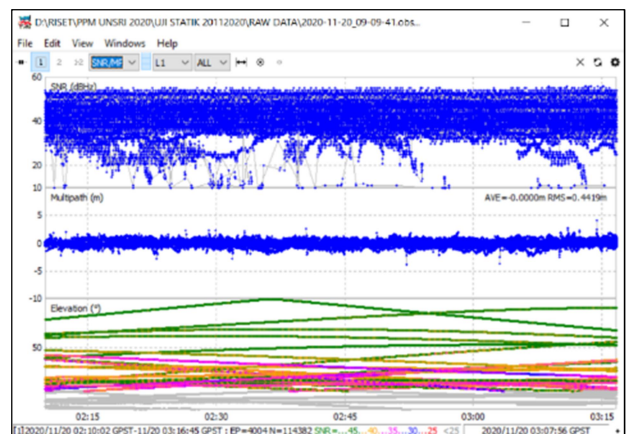
Gambar 10 menunjukkan visualisasi penerimaan sinyal satelit baik untuk satu frekuensi (garis berwarna kuning) maupun dua frekuensi (garis berwarna hijau). Meskipun untuk beberapa satelit terdapat *cycle slips*, yaitu diskontinuitas dari fase penguncian *receiver* terhadap sinyal satelit sehingga menyebabkan penerimaan sinyal satelit menjadi terputus, namun secara umum penerimaan satelit masih tergolong baik. Diskontinuitas tersebut dapat terjadi karena obstruksi sinyal akibat bangunan, pohon, dan objek lain di sekitar *receiver*, dinamika *receiver* yang tinggi, dan rendahnya rasio *signal to noise* yang bisa disebabkan oleh aktivitas ionosfer yang tinggi, *multipath*, dan lain-lain. Hal ini dapat dimungkinkan terjadi karena pada saat pengujian dilakukan kondisi atmosfer dalam keadaan berawan dan agak mendung.



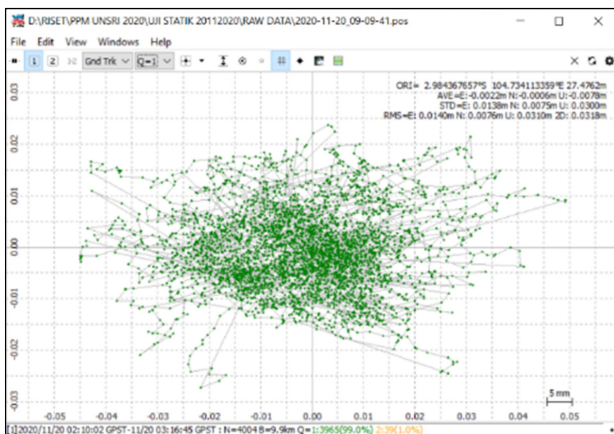
Gambar 9. Nilai DOP/NS (GDOP = 1.3, NSAT = 22)



Gambar 10. *Satellite visualization* (menunjukkan penerimaan sinyal satelit L1 dan L2 yang baik)



Gambar 11. Nilai SNR/MP/EL (SNR ≥ 40 dBHz, *Multipath* = 0 m)

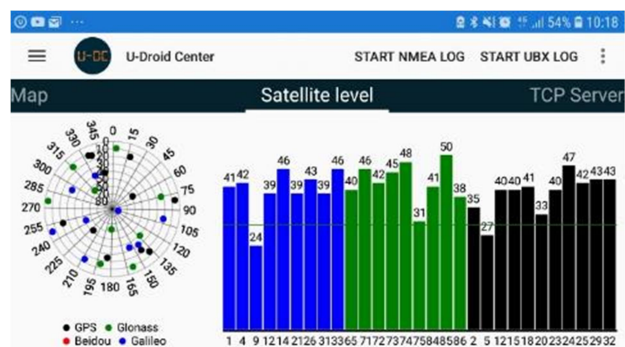
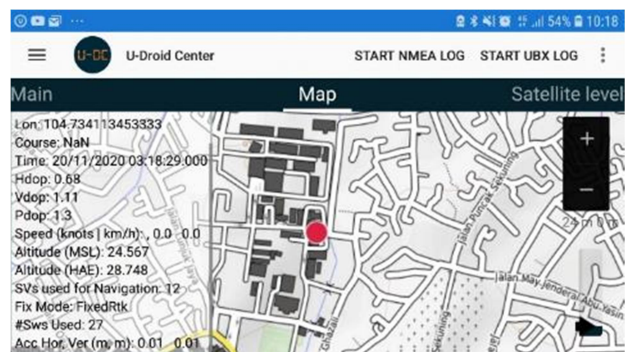


Gambar 12. Status Fix dan Float (Fix points = 99.0%, Float points = 1.0%)

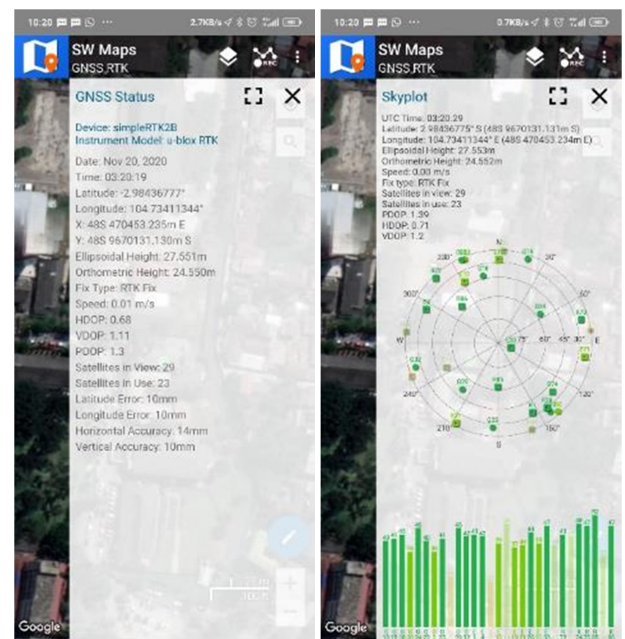
Nilai rasio *signal to noise* (SNR) digunakan untuk menentukan kualitas pengukuran saat sebelum dan sesudah amplifikasi sinyal (Semler, dkk., 2019). Semakin tinggi nilai tersebut, maka kualitas pengukuran semakin baik, begitu pun sebaliknya. Hasil pengujian terhadap nilai SNR diberikan dalam Gambar 11. Dari gambar tersebut ditunjukkan bahwa nilai SNR dari receiver adalah berfluktuasi pada kisaran 30 – 60 dBHz, meskipun pada beberapa saat terjadi nilai SNR kurang dari 25 dBHz. Hal ini masih dapat diterima dan tergolong baik untuk tipe receiver yang digunakan.

Hasil pengolahan data dengan metode PPK menunjukkan jumlah titik teramati dengan status “Fix” adalah sebanyak 3.965 titik (99,0%), sedangkan sisanya status “Float” sebanyak 39 titik (1,0%) seperti yang diberikan dalam Gambar 12. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas hasil pengukuran yang sangat baik dengan nilai deviasi koordinat dan elevasi setiap titik yang sangat kecil.

Hasil Uji Real Time Kinematic (RTK). Aplikasi berbasis Android yang digunakan dalam pengujian ketelitian GPS ini dengan metode RTK adalah U-Droid Center dan SW Maps. Kedua aplikasi tersebut sama-sama memiliki fasilitas koreksi posisi dengan metode NTRIP. Hasil pengujian RTK menunjukkan bahwa ketelitian posisi yang dapat dicapai oleh GPS ini adalah 0,01 m (10 mm) baik untuk horisontal dan vertikal. Hal ini sesuai dengan kemampuan *chipset* ZED-F9P seperti yang diberikan dalam Tabel 1. Adapun satelit yang terbaca dan digunakan di lokasi studi adalah GPS, Glonass, dan Galileo dengan kekuatan sinyal rata-rata di atas 40 dB. Hal ini sesuai dengan kapasitas antena multi frekuensi yang digunakan. Gambar 13 dan 14 hasil uji GPS dengan metode RTK yang ditampilkan masing-masing pada aplikasi U-Droid Center dan SW Maps.



Gambar 13. Tampilan hasil uji RTK pada aplikasi U-Droid Center



Gambar 14. Tampilan hasil uji RTK pada aplikasi SW Maps

Perbandingan nilai koordinat dan elevasi dari hasil pengukuran posisi dengan metode PPK dan RTK diberikan dalam Tabel 3. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai penyimpangan relatif atau selisih jarak horisontal dan vertikal dari metode RTK terhadap PPK masing-masing adalah 2,24 cm dan 6,02 cm untuk

aplikasi U-Droid Center, dan 2,11 cm dan 6,22 cm untuk aplikasi SW Maps.

Tabel 3. Perbandingan posisi dari metode PPK dan RTK

Metode Uji*	E (Longitude)	N (Latitude)	Z (Elevation)	ΔH^* (cm)	ΔV^* (cm)
PPK	470453,219	9670131,144	27,4888	0,0	0,0
RTK1	470453,233	9670131,126	27,5490	2,24	6,02
RTK2	470453,235	9670131,130	27,5510	2,11	6,22

*Keterangan:

PPK = RTKLib, RTK1 = U-Droid Center, RTK2 = SW Maps

ΔH & ΔV relatif terhadap posisi PPK

Penerapan Teknologi Low-Cost GNSS RTK.

Penerapan teknologi *low-cost* GNSS RTK dilakukan melalui kegiatan sosialisasi dan percontohan pengukuran pada lahan masyarakat di Desa Tanjung Merbu dan Desa Rambutan, Kabupaten Banyuasin. Kegiatan sosialisasi dilaksanakan dengan mempresentasikan teknologi hasil rancangan berikut kegunaannya dan aplikasinya. Hal ini bertujuan agar masyarakat dapat mengenal teknologi *low-cost* GNSS RTK yang diintroduksi, dimana pengukuran lahan yang presisi dapat dilaksanakan dengan biaya yang terjangkau. Adapun percontohan pengukuran lahan dilaksanakan dengan melakukan pengukuran langsung terhadap lahan masyarakat yang bersedia untuk diukur. Untuk percontohan, diambil sebanyak 5 (lima) petak lahan di masing-masing desa. Sebagai kelanjutan serta kesinambungan program dan kegiatan yang diintroduksi, maka tim peneliti menawarkan kepada masyarakat yang bersedia untuk dibantu diukur lahannya mendaftarkan pada formulir pendaftaran yang diserahkan melalui perangkat desa.

Gambar 15 – 18 di bawah ini memberikan dokumentasi foto-toto kegiatan sosialisasi dan percontohan pengukuran lahan masyarakat di Desa Tanjung Merbu dan Rambutan, Kabupaten Banyuasin yang dilakukan oleh tim peneliti. Kegiatan tersebut dilaksanakan secara bertahap, yaitu pada tanggal 7 - 14 November 2020. Adapun hasil pengukuran yang dilakukan oleh tim peneliti selanjutnya diproses menggunakan aplikasi ArcGIS sehingga diperoleh peta lahan masyarakat seperti yang diberikan dalam Gambar 19. Pada peta tersebut beberapa informasi spasial yang dapat diperoleh seperti koordinat batas lahan, luasan lahan, geometri (panjang dan lebar) lahan, serta status kepemilikan lahan.



Gambar 15. Sosialisasi dan penjelasan mengenai teknologi low-cost GNSS RTK yang diintroduksi



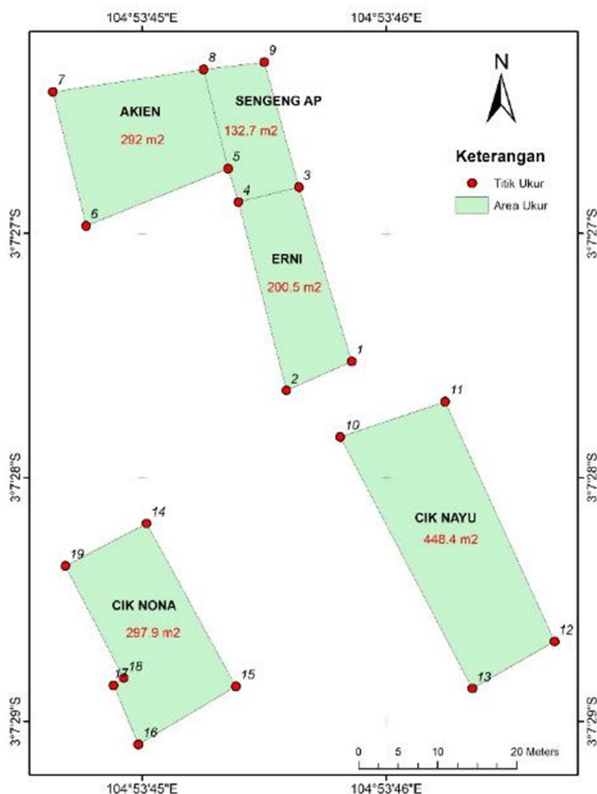
Gambar 16. Foto bersama masyarakat, perangkat desa Tanjung Merbu, dan perwakilan BPN Kabupaten Banyuasin



Gambar 17. Foto bersama masyarakat, perangkat desa Rambutan, dan perwakilan BPN Kabupaten Banyuasin



Gambar 18. Proses pengukuran lahan masyarakat dan pemasangan patok



Gambar 19. Pemetaan dari hasil pengukuran lahan masyarakat

PENUTUP

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini telah berhasil menciptakan teknologi *low-cost* GNSS RTK dengan ketelitian yang sangat akurat baik untuk posisi horisontal maupun vertikal. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengujian metode RTK dan PPK yang masing-masing memberikan ketelitian posisi mencapai 10 mm dan 4 mm. Nilai ketelitian ini sudah memenuhi standar persyaratan dalam survei menggunakan perangkat GPS Geodetik.

Penerapan teknologi *low-cost* GNSS RTK yang diciptakan dilakukan melalui kegiatan pengabdian pada masyarakat, yaitu sosialisasi sekaligus bantuan pengukuran lahan masyarakat di Desa Tanjung Merbu dan Desa Rambutan, Kabupaten Banyuasin. Respon masyarakat terhadap kegiatan ini adalah sangat baik, dimana masyarakat dan perangkat desa menyambut baik teknologi yang diintroduksi sekaligus kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan. Kegiatan ini direncanakan akan dilaksanakan secara berkelanjutan di masa mendatang yang diharapkan dapat membantu masyarakat dan pemerintah, khususnya pemerintah daerah dalam program pemetaan desa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui DIPA Universitas Sriwijaya tahun anggaran 2020. Penulis memberikan apresiasi sekaligus mengucapkan terima kasih kepada masyarakat dan perangkat Desa Tanjung Merbu dan Desa Rambutan, Kabupaten Banyuasin. Disamping itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para mahasiswa yang terlibat dan telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., Jones, A., & Kahar, J. (2011). *Survei dengan GPS*. Penerbit ITB: Bandung.
- Atunggal, D., Ma'ruf, B., & Yan, A. (2010). Hasil Penentuan Posisi Metode NTRIP RTK Menggunakan Komunikasi Data Berbasis TCP-IP. In *Seminar Nasional GNSS-CORS* (pp. 190–200). Yogyakarta, Indonesia.
- Badan Informasi Geospasial. (2018). *InaCORS BIG: Satu Referensi Pemetaan Indonesia*. (Bidang Geodinamika - Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika, Ed.). Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- Bredesen, M., & Helder, E. (2019). *Analysis of the positional accuracy of a low-cost dual frequency GNSS- module*. Norwegian University of Science and Technology.
- Hamza, V., Stopar, B., Ambrožič, T., Turk, G., & Sterle, O. (2020). Testing Multi-Frequency Low-Cost GNSS Receivers. *Sensors*, 20(4375), 1–16. <https://doi.org/10.3390/s20164375>
- Reddy, D. A., Reddy, K. D., Raju, V. A., Sai, A. P., Reddy, C., & Prasad, G. S. V. (2020). Evaluation of Low-cost GNSS Single Frequency Receiver Using Satrack Software. *IJSTR*, 9(1), 1935–1940.
- Semler, Q., Mangin, L., Moussaoui, A., & Semin, E. (2019). Development of A Low-Cost Centimetric GNSS Positioning Solution For Android Applications. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII(December), 2–3.

<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W17-309-2019>

- Valente, D. S. M., Momin, A., Grift, T., & Hansen, A. (2020). Accuracy and precision evaluation of two low-cost RTK global navigation satellite systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168(November 2019), 105142. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105142>
- Yuwono, Handoko, E. Y., Cahyadi, M. N., Rahmadiansah, A., Yudha, I. S., & Sari, A. (2019). Assessment of the Single Frequency Low Cost GPS RTK Positioning Assessment of the Single Frequency Low Cost GPS RTK Positioning. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, 280(12025), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/280/1/012025>