

UJI COBA PURNARUPA SISTEM PELACAKAN JEJAK KAPAL TRADISIONAL DENGAN VISUALISASI BERBASIS WEB

PROTOTYPE TESTING OF AUTOMATIC VESSEL TRACKING SYSTEM USING WEB- BASED VISUALIZATION

Rauzatul Nazzla*, Totok Hestirianoto, Sri Pujiyati

Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK IPB

Teregistrasi I tanggal: 29 November 2021; Diterima setelah perbaikan tanggal: 06 Mei 2022; Disetujui terbit tanggal: 30 Mei 2022

ABSTRAK

Automatic Tracking System adalah tren baru dalam teknologi navigasi yang sangat dibutuhkan pada setiap alat transportasi baik darat, air, maupun udara. Contoh penerapannya di bidang pengelolaan perikanan adalah *Vessel Monitoring System (VMS)*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu teknik telemetri khususnya sistem pelacakan kapal otomatis. Dalam penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu prototipe yang dapat memberikan informasi tentang pergerakan kapal nelayan tradisional khususnya di wilayah pesisir. Pengujian prototipe dalam penelitian ini dibatasi pada unjuk kerja prototipe berdasarkan kemampuan elektronika dan data keluaran yang dihasilkan. Data keluaran diperoleh dengan dua metode: (1) uji coba stasioner (2) uji bergerak. Penelitian ini juga mengkaji perbandingan antara prototipe *tracker* dengan *GPS handheld*. Prototipe ini menandai posisi secara otomatis setiap kali alat dihidupkan. Semakin jauh jarak antara unit pemancar dengan unit penerima, maka deviasinya pun akan semakin besar. Alat ini peka dalam merespon dan dengan cepat melakukan perekaman setiap Gerakan. Jika dibandingkan *GPS handheld* maka alat ini memiliki akurasi dan presisi yang baik diindikasikan dengan nilai selang kepercayaan 95%.

Kata kunci: sistem *tracking* otomatis, radio Frekuensi, GPS, arduino nano, manajemen dan teknologi pengelolaan perikanan

ABSTRACT

Automatic Tracking System is an example in the development of navigation technology that is needed in every means of transportation by land, water, or air. An example of its application in the field of fisheries management is the *Vessel Monitoring System (VMS)*. The purpose of this study was to develop a telemetry technique particularly automatic vessel tracking system. In this study is expected to produce a prototype which can provide information about the movement of traditional fishing boats, especially in coastal areas. Prototype testing in this study was limited to the performance of a prototype based on the capability of the electronics and the resulting output data. Output data obtained by two methods: (1) the trial was stationary, and (2) mobile test. This study also examined the comparison between tracker prototype with *GPS handheld*. Mobile tracker marks the position automatically whenever the tool is turned on. The increasing distance between the transmitter unit to the receiver unit, the deviation would be even greater. This tool was sensitive in responding and quickly perform the recording every movement. When compared to *handheld GPS*, this tool has good accuracy and precision indicated by a 95% confidence interval.

Keywords: automatic tracking system, radio frequency, GPS receiver, arduino nano, fisheries management and technology

Korespondensi penulis:

*Email: rauZHanazzla@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/plgc.v3i2.10609>

PENDAHULUAN

Teknologi observasi laut berkembang seiring dengan peningkatan kebutuhan manusia pada suatu sistem yang beroperasi secara otomatis dan tepat guna. Penerapan dalam bidang navigasi juga mengalami perjalanannya sendiri sejak pertama kali dikembangkan. Menurut Park *et al.* (2013), *Automatic Tracking System* terutama *Navigation Platform* adalah contoh pengembangan teknologi navigasi yang saat ini telah menjadi sebuah tren dunia yang telah menjadi bagian dari alat transportasi baik darat, air, maupun udara.

Adapun *Navigation Platform* yang telah berhasil dikembangkan dan diimplementasikan di berbagai belahan dunia memiliki spesifikasi tersendiri beberapa diantaranya adalah *Automatic Positioning System*, *Automatic Identification System (AIS)*, *Vessel Monitoring System (VMS)*, *Vessel Traffic System (VTS)*, dan sebagainya. Menurut Nolan (1999), MONICAP merupakan cikal bakal dari semua jenis *navigation platform* yang pertama kali diinisiasi pada tahun 1988 oleh Portugal. Lalu disusul oleh beberapa negara lain di benua Eropa, Amerika, dan Asia. Negara yang telah berhasil menerapkannya adalah Irlandia dan Peru dimana telah dimandatkan kepada *Coastal Guard* masing-masing negara. Sementara Inggris, Denmark, Prancis, Italia, Belanda, Spanyol, dan Yunani masih mengalami kendala baik secara teknis maupun regulasi (NUI Galway, 2013).

Analisis *Game Theory* yang dilakukan Hartono (2007) menunjukkan bahwa Model Strategi Sistem Pembebanan Biaya VMS memberikan hasil yang maksimal bagi pemerintah dan penggunaan biaya yang minimal bagi pengusaha. Pada tahun 2018 PSDKP KKP telah menerapkan sistem VMS yang bernama Sistem Pemantauan Kapal Perikanan (SPKP). Dasar hukum sistem ini tertuang dalam Permen KP No 23

Tahun 2021. Sistem ini berfungsi untuk membantu upaya pengawasan kapal perikanan memanfaatkan sebuah transmitter yang berfungsi melacak jejak pergerakan dan memprediksi aktivitas kapal perikanan. Berdasarkan siaran Pers Kementerian Kelautan dan Perikanan (2021), SPKP telah terpasang pada 5.388 kapal perikanan dan diwajibkan untuk kapal perikanan di atas 30 GT. Selaras dengan hal tersebut pada tahun 2021 PSDKP KKP meluncurkan sebuah aplikasi yang diberi nama Sistem Aktivasi Lacak dan Monitor Transmitter SPKP Online (SALMON). Selain memudahkan layanan, aplikasi SALMON mendorong pengawasan partisipatif bagi pemilik kapal (KKP, 2021). Secara global pengawasan dengan VMS dimaksudkan sebagai sebuah inisiasi dalam mengantisipasi degradasi hasil tangkapan ikan baik dari sisi kuantitas maupun ukuran serta biomassa dari suatu spesies.

Prototyping atau pembuatan purnarupa merupakan sebuah tahap dalam pengembangan sebuah produk dengan mengoptimalkan sumberdaya dan biaya yang terbatas untuk menguji performa dan daya gunanya. Informasi yang telah dijabarkan sebelumnya telah menjadi inspirasi dan menjadi gagasan utama dalam perancangan sebuah VMS sederhana yang memanfaatkan teknologi komunikasi Radio Frekuensi (RF). RF (Radio Frekuensi) adalah suatu komponen elektronika yang dirancang agar dapat mendeteksi sinyal gelombang elektromagnetik sebagai suatu media dalam sistem komunikasi dalam hal transfer informasi melalui udara dari satu titik ke titik lainnya yang merambat melalui antena pemancar pengirim dan penerima. RF merepresentasikan laju osilasi spektrum radiasi elektromagnetik dengan frekuensi 300 GHz hingga serendah 9 kHz (Scarpati, 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji performa purnarupa/prototipe alat pelacak kapal tradisional yang telah

berhasil dibuat. Pada penelitian ini diharapkan prototipe yang telah dibangun memiliki keluaran data yang berkualitas. Sehingga dapat diterapkan dalam aktifitas harian nelayan demi kebutuhan informasi dalam manajemen perikanan tangkap terutama pengelolaan kawasan, serta pengawasan daerah perikanan tangkap secara global. Dalam skala kecil, alat ini dapat direkayasa ulang oleh berbagai kalangan masyarakat terutama akademisi dan kelompok masyarakat pesisir. Data yang diperoleh dapat dikelola oleh kalangan masyarakat untuk keperluan pendidikan atau pengelolaan daerah penangkapan ikan yang mempertimbangkan keberlangsungan sumberdaya laut dan keselarasan dengan budaya lokal.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Secara keseluruhan penelitian ini melibatkan proses perakitan instrumen, pengolahan data, pembuatan tampilan, dan uji coba alat dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Telemetri Kelautan FPIK IPB yang dilaksanakan pada tahun 2014 sampai 2015. Pengumpulan data lapangan dilakukan di area pantai sekitar 458 m dari Pelabuhan Perikanan Nusantara, Teluk Pelabuhan Ratu. Area ini merupakan sebuah teluk yang menjadi sumber mata pencaharian di sektor perikanan dan menjadi jalur pelayaran dan aktivitas kapal penangkap ikan serta bagan apung.

Adapun bahan utama yang digunakan dalam pembuatan prototipe adalah satu pasang RF *transceiver*, satu modul (komponen) GPS, satu unit mikrokontroler yang telah diinstal program Arduino berbasis ATmega328. Mikrokontroler ini berfungsi sebagai *data logger* dan pengendali suplai energi antara laptop/PC dan salah satu unit RF *transceiver*. Perangkat pemancar dan pengirim data terdiri dari satu unit RF

Data *Transceiver* bertipe YS1020, satu unit modul GPS, dan baterai. Modul GPS tipe PMB-648 digunakan sebagai penerima data posisi berupa koordinat lintang dan bujur berdasarkan waktu dan tanggal. Perangkat penerima terdiri dari komponen utama Arduino Nano, RF *transceiver* YS1020, dan kabel USB.

Alat

Penelitian ini melibatkan proses perakitan prototipe dan uji coba di lapang sehingga peralatan yang dibutuhkan meliputi kedua hal tersebut. Peralatan dan bahan terbagi menjadi dua kategori yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan dalam proses perakitan prototipe adalah satu unit PC/laptop atau ponsel dengan sistem operasi Android. Perangkat lunak yang digunakan dalam proses perakitan prototipe dan akuisisi data berasal dari Arduino-compatible boards yang aksesnya bersifat terbuka. Selain itu dibutuhkan pula aplikasi berbasis desktop yaitu Matlab serta aplikasi berbasis web yaitu *Google Earth*.

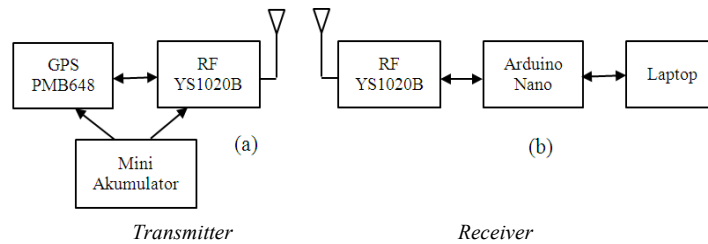
Metode perakitan purnarupa

Suatu otoritas yang melakukan regulasi sarana telekomunikasi di Amerika, *Federal Communication Commission* (FCC, 2010) mendefinisikan bahwa *intentional radiator* adalah sebuah peralatan *Radio Frequency* yang dirancang khusus untuk membangkitkan dan memancarkan sinyal RF. Dilihat dari sisi *hardware*, *intentional radiator* meliputi peralatan RF, pengkabelan serta konektor-konektor pendukung namun tidak termasuk antena. Terkait dengan penelitian ini, hardware tersusun dari beberapa komponen yaitu perangkat *Transceiver RF*, *GPS*, *Controller Board*, dan *Power Supply*.

Pada penelitian ini, perakitan prototipe terdiri dari dua unit, yaitu satu unit pemancar (*transmitter*) dan satu unit penerima (*receiver*). *Transmitter* tersusun

dari satu buah komponen GPS dan satu komponen RF *transceiver*. Sementara *receiver* tersusun dari satu buah

controller board dan satu buah RF *transceiver*.

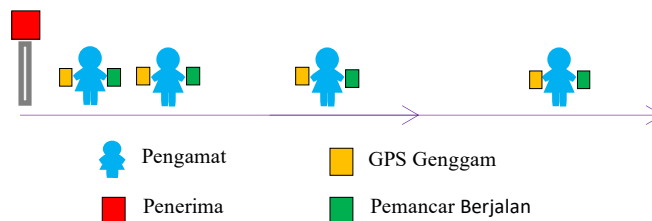


Gambar 1. Konstruksi *hardware*
Figure 1. *Hardware construction*

Uji coba prototipe

Menurut Trimble (2004), dalam teknik *postprocessing* dibutuhkan data mentah GPS yang disimpan dalam file digital, kemudian diolah menggunakan *software*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kinerja alat yang dibagi menjadi dua kategori, yaitu secara stasioner dan dinamis. Proses pengujian diawali dengan tahap penentuan titik acuan dengan memilih sebuah objek yang dapat dikenali melalui citra Google Earth. Pengamat melakukan perekaman dengan instrumen *tracker* tepat di sekitar objek sekaligus melakukan *marking* posisi dengan GPS Garmin.

Ruang lingkup uji coba ini terbatas pada pengujian kinerja prototipe berdasarkan kemampuan secara elektronika dan data keluaran yang dihasilkan. Terdapat dua metode yang dilakukan untuk memeriksa data yang dihasilkan yaitu (1) uji coba stasioner, dimana *platform mobile* dipertahankan pada lokasi yang tetap di area terbuka untuk memeriksa presisi (pengulangan) dari sinyal GPS, dan (2) uji coba dinamis (*mobile*), dimana *platform* bergerak untuk memeriksa tingkat kesesuaian dinamis. Prosedur yang hampir serupa telah dikerjakan oleh Zhang *et al.* (2014) yaitu dengan cara membandingkan dua produk GPS komersil di area hutan.



Gambar 2. Metode uji coba lapang
Figure 2. *Field trials*

Pembacaan data GPS

Hasil perekaman data berupa output data berformat NMEA \$GPRMC yang merupakan hasil ekstrak dari kalimat NMEA yang telah dikirimkan oleh GPS yang berhasil terhubung dengan satelit. Menurut informasi dari situs

<http://www.nmea.org>, data NMEA ini dikirimkan setiap 1 detik. Kecepatan pengiriman serial data ini sesuai dengan pengaturan default-nya yaitu 4800 bps.

Mikrokontroler melakukan pembacaan urutan kalimat NMEA dimulai dengan mendeteksi header data

yaitu \$GPRMC kemudian urutan berikutnya adalah UTC Time, lalu disela oleh satu karakter status kemudian pembacaan latitude disela oleh satu karakter kemudian longitude disela oleh satu karakter lagi baru kemudian pembacaan speed (kecepatan) dan seterusnya.

Metode pasca pemrosesan

Data yang dihasilkan masih berupa data mentah sehingga perlu diolah dengan memanfaatkan aplikasi lain seperti Google Earth. Selain itu perlu dianalisis dengan melakukan perataan, penyusunan, dan pengukuran data hasil GPS dan RF. Pengukuran GPS meliputi akurasi dan presisi. Sementara pengukuran RF dengan menghitung kemampuan jangkauan maksimum. Presisi adalah ukuran seberapa jauh suatu alat akan memberikan hasil yang konsisten.

Tingkat presisi diukur oleh koefisien standar deviasi. Semakin kecil koefisien standar deviasi, semakin tinggi presisi dari sampel itu.

Kualitas data keluaran

Pengujian dan pengolahan data dilakukan untuk mengungkap performa alat yang diujicobakan. Pada uji coba ini dilakukan dua tes yaitu (1) uji coba stasioner (prototipe diletakkan pada posisi yang tetap untuk memeriksa tingkat presisi dari sinyal GPS), dan (2) uji coba dinamis (prototipe dipindahkan dari satu titik ke titik lain) untuk memeriksa tingkat kesesuaian dinamis. Zhang *et al.* (2014) melakukan analisis varians untuk memeriksa efek modus posisi dengan berdiri di suatu area untuk menguji ketepatan GPS, sesuai Pers. (1) dan Pers. (2).

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum(X_{data.i} - X_{check.i})^2}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum(Y_{data.i} - Y_{check.i})^2}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

RMSE_x : Root Mean Square untuk longitude
 X_{data.i} = data Longitude hasil rekam ke i
 X_{check.i} = data check point ke i
 n= jumlah data

RMSE_y : Root Mean Square untuk latitude
 Y_{data.i} = Data Latitude ke i
 X_{check.i} = data check point ke i

Akurasi merepresentasikan standar kepercayaan dari suatu pengukuran yang dinyatakan dengan nilai simpangan/kesalahan/error yang kecil antara koordinat hasil rekam dengan koordinat titik acuan. Berdasarkan titik koordinat yang telah diketahui maka kita dapat menghitung jarak dengan memanfaatkan rumus matematis. Secara sederhana dapat dipastikan titik acuan dan titik yang terekam memiliki posisi yang berbeda. Sementara untuk penerapan di area yang lebih luas perlu untuk memastikan masing-masing koordinat telah berada di sekitar titik yang

sebenarnya. Representasi dari masing-masing latitude berada pada sumbu x1 dan x2, serta longitude pada sumbu y1 dan y2, sehingga jarak yang dicari tiap satuan waktu sesuai Pers. (3).

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots\dots\dots (3)$$

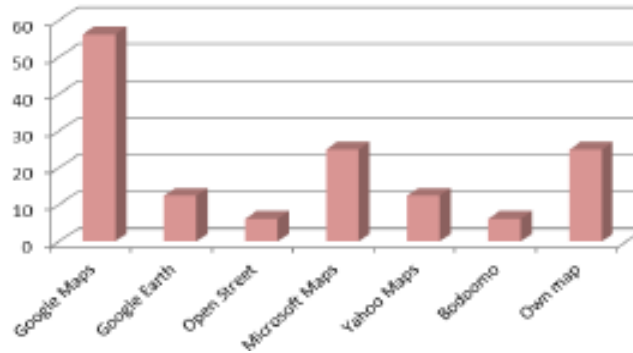
Lalu hasil perhitungan ini dikonversi dalam meter. Serta grafik kedua menyatakan Horizontal Dilution of Precision (HDOP) yang terdapat dalam data NMEA merupakan hasil kalkulasi

oleh program yang telah disisipkan pada komponen GPS.

Visualisasi berbasis web

Aplikasi berbasis web merupakan salah satu pilihan cara untuk membuat visualisasi. Tipe akses data dibagi dua yaitu layanan berbayar dan bebas biaya. Beberapa layanan berbayar memberikan

versi trial atau demo yang bisa diakses pengguna sebelum memutuskan untuk membeli produk. Dari tujuh situs yang telah diteliti Dimitrova (2014), Google Earth berada pada peringkat kelima. Selain itu aplikasi berbasis website yang tersedia adalah didominasi oleh yang bebas biaya.



Gambar 3. Persentase dari visualisasi geografis yang direalisasikan oleh peta secara spesifik
 Figure 3. Percentage of geographic visualizations realized by specific maps
 Sumber: Dimitrova, 2014

Google Earth merupakan sebuah program *globe virtual* yang memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan data di atas permukaan bumi yang tampilannya diperbarui dengan memanfaatkan koneksi internet. Dapat pula diimplementasikan tanpa koneksi internet selama tersimpan dalam *cache* pada sebuah komputer berdasarkan penyimpanan terakhir selama disimpan dalam format file berekstensi KML (*Keyhold Markup Language*).

**HASIL DAN BAHASAN
 HASIL**

Rangkaian elektronika yang dihasilkan berupa masing-masing satu unit *transmitter* dan *receiver* yang memiliki fungsi tersendiri. Transmitter terdiri dari satu elemen modul GPS

receiver, satu modul RF *transceiver*, satu *antenna*, dan *power supply* 12V. GPS yang terdapat pada unit ini berfungsi menerima data koordinat dalam format NMEA dan menyimpannya sehingga dapat ditransmisikan oleh RF secara *realtime*. Unit lainnya berupa RF *receiver* dan Mikrokontroler yang berfungsi mengendalikan sistem kerja secara keseluruhan serta dilengkapi dengan kabel USB untuk transfer data.

Dimensi dua unit yang terdiri dari *transmitter* dan *receiver* ini sekitar 4 x 4 x 12 cm (termasuk panjang *antenna*). Berat masing-masing unit sekitar 50 gr namun tidak termasuk akumulator yang memiliki berat sekitar 500 gr. Untuk menghindari kerusakan rangkaian eletronika seperti korslet akibat percikan air atau benda lain maka perlu diberi tambahan *casing*.



Gambar 4. Hasil Rangkaian Prototipe
 Figure 4 Prototype Circuit Results

Uji coba stasioner

Pada proses perolehan data dilakukan ujicoba dengan dua parameter yaitu berdasarkan jarak dan kondisi lapangan. Kemudian dibagi menjadi tiga perlakuan untuk kondisi lapang yaitu, A) hambatan gedung, B) hambatan pepohonan, dan C) tanpa hambatan. Ketiga perlakuan menunjukkan hasil plot yang bervariasi. Jika diamatai secara visual, hasil penandaan dan rekam jejak oleh prototipe ini jika dibandingkan dengan *GPS handheld* tidak tampak jelas perbedaannya. Namun terlihat berbeda jika dilakukan perhitungan kuantitatif.

Perlakuan pertama menunjukkan hasil penentuan posisi antara prototipe dan GPS genggam memperlihatkan terjadinya saling tumpang tindih cukup banyak antara satu sama lain. Sementara pada perlakuan kedua yang terjadi hanya

sedikit. Pada lokasi yang terbuka, ternyata hasil yang ditunjukkan berbeda, yaitu adanya bias yang terjadi relatif kecil. Hal ini ditunjukkan oleh titik-titik yang terbentuk tersebut berada di sekitar titik acuan (objek pengamatan). Oleh karena itu dapat diketahui bahwa hasil penentuan posisi berada dalam radius yang dapat ditolerir.

Data mentah yang dihasilkan selanjutnya ditabulasi untuk disortir dan dihitung untuk mengetahui bagaimana kualitas data yang dihasilkan alat. Selain itu perlu juga dilakukan perhitungan secara matematis untuk memperkuat hasil percobaan dengan mengimplementasikan persamaan 1, 2, 3, dan 4. Tabel 1 memperlihatkan nilai minimum dan maksimum dari jarak antara titik koordinat tracker dengan titik koordinat GPS genggam.

Tabel 1. Nilai minimum dan maksimum yang diperoleh dari hasil perekaman
 Table 1. The minimum and maximum values obtained from the recording results

A			B			C		
mi	mn	mx	mi	mn	mx	mi	mn	mx
0.37	6.0	9.9	1.6	1.6	1.9	3.3	3.3	3.8
10.0	14.1	19.9	2.6	2.9	3.1	4.9	4.9	4.9
21.1	25.4	29.9	4.2	4.7	5.0	5.1	5.3	5.3
30.1	34.2	39.2	5.2	5.5	6.0	6.6	6.6	6.6
41.5	44.4	47.5	5.2	5.5	6.0			
50.9	54.4	58.9	6.3	6.4	6.6			
62.5	65.1	68.0	7.1	7.7	7.8			
A			B			C		
mi	mn	mx	mi	mn	mx	mi	mn	mx
70.2	72.2	75.4	8.5	8.8	8.9			
81.1	82.5	84	9.2	9.5	10.0			
98.7	98.7	98.7	10.1	10.3	10.4			
			11.2	11.7	11.9			

Nilai maksimum dan minimum dari data merepresentasikan seberapa jauh titik koordinat hasil rekam menyimpang dari titik referensi. Percobaan A dan B (dengan hambatan) memiliki kisaran

yang lebih banyak dibandingkan percobaan C. Data yang diperoleh pun lebih variatif dibandingkan C. Berikut hasil visualisasi menggunakan aplikasi berbasis web.



Gambar 5. Plot hasil uji coba stasiun pada area tertutup
Figure 5. Plot of stationary test results in a closed area

Telah dilakukan bermacam cara untuk mengukur kesalahan atau bias ini, yaitu tingkat kesesuaian antara hasil penentuan posisi dengan objek yang ingin diselidiki (Drosos and Malesios, 2012).

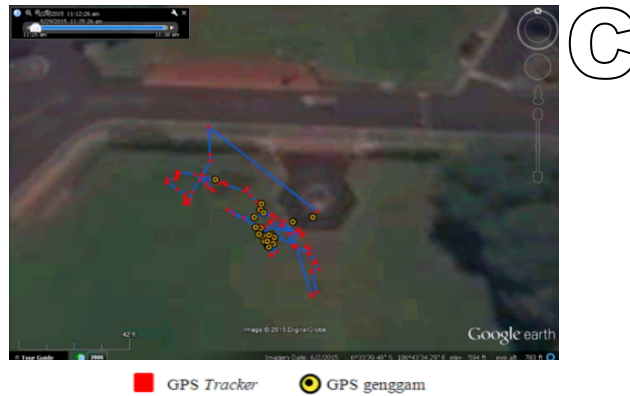
Berdasarkan hasil ekstrak data mentah, kesalahan posisi terbesar mencapai 98,7 m pada awal pengukuran dan mengalami penurunan kesalahan pada menit berikutnya.



Gambar 6. Plot hasil uji coba stasiun pada area yang diberi penghalang
Figure 6. Results plot of the stationer test in the area that is given a barrier

Pada lokasi yang terbuka dan diberi penghalang, ternyata hasil yang ditunjukkan berbeda. Bias yang terjadi

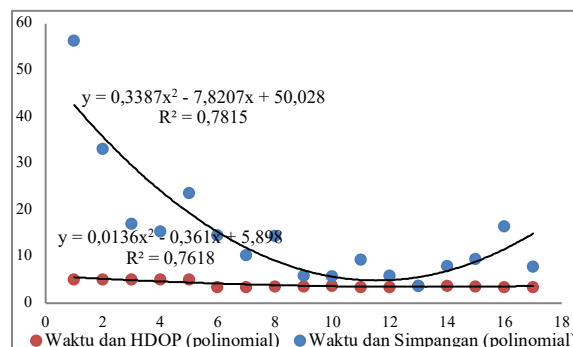
relatif kecil. Yakni memiliki kesalahan maksimum sebesar 11,7 m.



Gambar 7. Plot Hasil Uji Coba Stasiun Tiga Percobaan
 Figure 7. Results plot of three stationary trials

Pada lokasi yang terbuka, ternyata hasil yang ditunjukkan berbeda. Bias yang terjadi relatif kecil.

Yakni memiliki kesalahan maksimum sebesar 6,6 m.



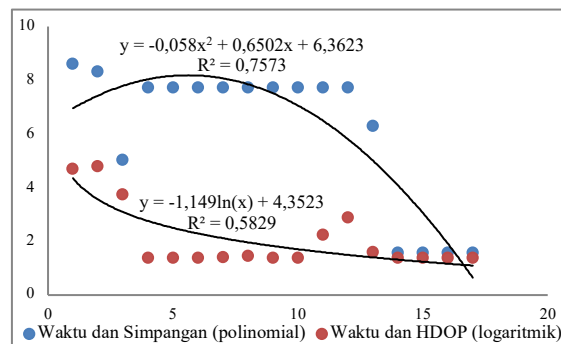
Gambar 8. Grafik hubungan antara durasi perekaman dengan simpangan (uji coba A)
 Figure 8. Graph of relationship between recording duration and deviation (trial A)

Pada saat pertama kali dinyalakan, alat menunjukkan hasil dengan nilai simpangan cenderung tinggi yaitu sebesar 56.4911. Hal ini berarti bahwa koordinat hasil deteksi alat ini berada jauh di luar objek pengamatan (titik acuan). Setelah itu disusul rentang menit berikutnya yang terlihat nilai simpangan segera menurun yang berarti titik koordinat yang berhasil dideteksi semakin mendekati posisi yang sebenarnya hingga mencapai nilai terkecil yakni sebesar 3.8025 m. Pada proses perekaman ini, GPS receiver diletakkan di salah satu bagian gedung dengan ketinggian sekitar 20 m dan posisi antena

diarahkan ke atas. Geometri gedung memiliki konstruksi yang bersifat menghalangi sehingga sinyal dipantulkan ke berbagai arah, sehingga butuh waktu sekitar 101-120 detik atau kelompok waktu keenam untuk menemukan kondisi yang dapat ditolerir dengan besar rata-rata simpangan 11,8823 m. Data yang diaplikasikan dalam grafik mendekati pola *trendline* logaritmik dan nilai regresi yang diperoleh sebesar 0,7815 atau kepercayaan sebesar 78,15 %. Hasil menunjukkan nilai rata-rata HDOP yang diperoleh relatif tinggi, yaitu berkisar antara 3,5-5,2 serta cenderung menurun terhadap waktu. Dibandingkan dua

perlakuan lainnya nilai tersebut relative tinggi. Ketidaktentuan posisi satelit ini menentukan tinggi dan rendahnya nilai HDOP. Penurunan nilai HDOP yang terjadi tersebut ditunjukkan pada grafik yang menandakan semakin kecilnya ketidaktentuan posisi satelit. Data yang diperoleh mendekati pola kurva polynomial dengan nilai regresi 0,5463 atau kepercayaan 54,63%.

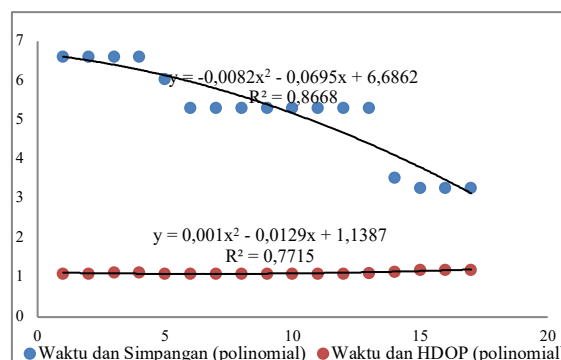
Sementara itu, hasil yang berbeda terjadi pada perlakuan kedua yakni di area yang berbeda. Grafik mengilustrasikan data yang merupakan hubungan waktu dengan simpangan serta hubungan waktu dan HDOP. Grafik berikut merepresentasikan data serta *trendline* untuk mengetahui persamaan yang mendekati grafik tersebut.



Gambar 9. Grafik Hubungan antara durasi perekaman dengan simpangan (uji coba B)
 Figure 9. Graph of relationship between recording duration and deviation (trial B)

Trendline yang paling mendekati adalah berupa kurva polynomial dengan nilai regresi 0,7573 atau kepercayaan 75,73%. Simpangan yang terjadi mulai dari 1,5726-8,6205 m. Nilai HDOP berkisar antara 1,4-4,795 dan pola data mendekati kurva logaritmik dengan nilai

regresi 0,5829 atau kepercayaan sebesar 58,29 %. Kedua nilai ini sudah termasuk kategori baik walaupun posisinya berada didekat objek berbahan organik yang memiliki kecenderungan yang relatif tinggi terhadap penyerapan gelombang.

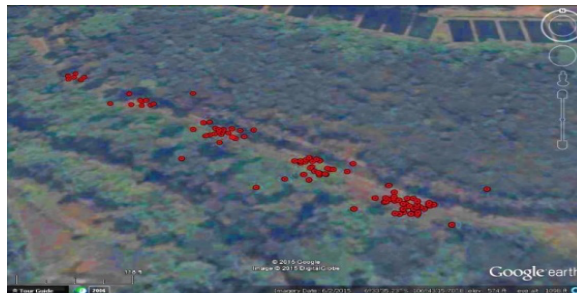


Gambar 10. Grafik Hubungan antara durasi perekaman dengan simpangan (uji coba C)
 Figure 10. Graph of relationship between recording duration and deviation (trial C)

Trendline yang paling mendekati adalah berupa kurva polinomial dengan nilai regresi 0,8668 atau kepercayaan 86,68%. Simpangan yang terjadi mulai dari 3.2778 - 6.6174 m. Nilai rata-ran HDOP berkisar antara 1.1-1,2 dan pola data mendekati kurva polinomial dengan nilai regresi 0,7648 atau kepercayaan sebesar 77,15 %. Kedua nilai ini sudah termasuk kategori baik disebabkan antena penerima diposisikan berada pada ruang terbuka dan minim hambatan.

Hasil uji coba bergerak

Uji coba ini dilakukan untuk membandingkan kualitas data berdasarkan jarak. Gambar 10 menunjukkan hasil plot receiver yang menjauhi transmitter. Pengamat menentukan letak stasiun penerima lalu bergerak menjauhi sumber sinyal.



Gambar 11. Grafik dan Plot Uji coba bergerak
Figure 11. Graphs and Plots of Mobile Testing

Penerapan pada wilayah pesisir

Ujicoba lapang untuk penerapan pada wilayah pesisir dilakukan dengan meletakkan unit *transmitter* dalam satu unit kapal nelayan dan *receiver* diletakkan di lokasi yang lebih tinggi atau daratan sebagai lokasi stasiun penerima. Pada saat kapal akan melakukan pelayaran, unit *transmitter* dinyalakan dan unit *receiver* dalam posisi siaga melakukan akuisisi data melalui perangkat PC.

Ujicoba untuk penerapan di area pesisir dilakukan di Teluk Pelabuhan Ratu. Data yang terkirim dari satelit disimpan setiap dua detik. Sehingga secara teknis akan tampak pencatatan data yang sama. Hasil data tersebut difilter berdasarkan perubahan posisi *latitude* atau *longitude*. Program yang telah disisipkan dalam papan controller membantu mentabulasikan data dalam format yang sudah ditentukan. Urutan yang dibuat adalah berdasarkan waktu, tanggal, lintang, bujur, dan kecepatan.

Keluaran data GPS yang dihasilkan berupa posisi lintang dan bujur dalam bentuk derajat (*Degree Coordinate System*) yang selanjutnya dikonversi ke format UTM. Kemudian data yang telah difilter dan dirubah kedalam koordinat UTM tersebut dikonversi ke format KML. Pada akhirnya dapat divisualisasikan ke citra satelit di Google Earth ataupun aplikasi pemetaan berbasis geografi lainnya.

Perolehan jarak pada saat implementasi di lapang sejauh 114,79 m dihitung dari titik mulai dan sekitar 96,27 m pada saat kembali ke darat. Jarak ini diukur dari stasiun penerima sampai dimana sinyal tidak terdeteksi, atau sinyal terdeteksi namun tidak dapat ditampilkan dalam peta. Hasil plot yang terputus menandakan salah satu RF kehilangan kontak sehingga tidak mampu menerima data. Visualisasi hasil plot setelah data NMEA diolah dan menjadi KML adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 12. Hasil Uji Coba Prototipe di Wilayah Pesisir
Figure 12. Result of prototype trials in coastal areas

Objek bergerak yang merupakan kapal nelayan diarahkan berlayar dengan kecepatan sekitar 4 knot. Titik mulai perlintasan kapal diawali dari tempat labuh jangkar di wilayah pantai pada koordinat $6^{\circ}59'00,61''$ LS dan $106^{\circ}32'29,11''$ BT sampai $6^{\circ}58'59,66''$ LS dan $106^{\circ}32'28,04''$ BT. Hasil plot posisi yang terdeteksi dari GPS Garmin yang menampilkan jejak lintasan kapal. Sementara daya jangkau sinyal RF hanya mampu terdeteksi sampai di koordinat $6^{\circ}59'03,26''$ LS dan $106^{\circ}32'26,45''$ BT atau sejauh 114,79 m dari titik awal. Pada saat kembali ke pantai, unit *receiver* kembali mendeteksi sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter* pada koordinat $6^{\circ}59'00,32''$ LS dan $106^{\circ}32'25,99''$ BT atau berjarak 96,27 m dari stasiun penerima. Sumber listrik yang digunakan transmitter berasal dari akumulator bervoltasi 6 V. Sementara receiver dapat menyala hanya dengan menghubungkan ke laptop. Kedua unit ini dapat beroperasi dengan daya yang kecil selama beberapa hari. Penelitian dilaksanakan pada selama 2 hari. Hari pertama cuaca cerah dengan kelembaban rendah dan minim gangguan sehingga hasil menunjukkan perjalanan kapal sesuai dengan lintasan sebenarnya namun terkendala dengan kemampuan jangkauan transmisi dari kedua perangkat. Pada saat cuaca berawan dan hujan memungkinkan terabsorbsinya

gelombang radio oleh molekul air di udara sehingga terjadi pelemahan sinyal pada saat perambatan gelombang dari transmitter ke receiver. Hasil penelitian Ukhurebor (2018) menyebutkan bahwa sinyal radio memiliki hubungan terbalik dengan suhu udara, tekanan atmosfer dan kelembaban relatif.

Bahasan

Secara umum tingkat kesalahan berkurang seiring dengan bertambahnya waktu. Pertambahan waktu berarti adanya kesempatan GPS receiver untuk mencari satelit yang mengitari area masing-masing kemudian melakukan komunikasi. Waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu kelompok data adalah sekitar 340 detik. Tingkat kesalahan tertinggi terjadi pada perlakuan A, menengah pada perlakuan B, dan terendah pada perlakuan C. Jika dibandingkan dengan ketiga perlakuan, nilai HDOP (Horizontal Dilution of Precision) cenderung tinggi pada perlakuan A lalu menurun pada perlakuan B dan memiliki nilai yang cenderung kecil dan stabil pada perlakuan C. Jika dibandingkan dengan ketiga perlakuan, nilai HDOP (Horizontal Dilution of Precision) cenderung tinggi pada perlakuan A lalu

menurun pada perlakuan B dan memiliki nilai yang cenderung kecil dan stabil pada perlakuan C. Dapat diperkirakan bahwa pada perlakuan A terdapat material yang memblokir keberadaan perangkat penerima yang sebenarnya sehingga pada saat pendeteksian terjadi pergeseran lokasi yang berimbas pada nilai akurasi. Penelitian Specht (2022) menyatakan bahwa kesalahan posisi 2D dapat berbeda untuk nilai HDOP yang sama. Metode yang banyak digunakan dalam navigasi untuk menentukan nilai kesalahan posisi 2D berdasarkan perkalian nilai HDOP hanya dapat dianggap sebagai perkiraan akurasi.

Hayakawa dan Tsumura (2008) juga menyatakan dalam sebuah hasil penelitian bahwa diperolehnya hasil pengukuran akurasi GPS akan lebih baik pada saat sensor mendeteksi lebih banyak satelit yang melintas yang akhirnya mempengaruhi menurunnya nilai PDOP (Position of Dilution Precision). Penyebabnya berkaitan dengan durasi waktu pendeteksian

yang telah menjadi faktor dominan sehingga dapat mempengaruhi tingkat error pada proses pengiriman data. Dengan kata lain, dalam jangka waktu tertentu memungkinkan sensor pada GPS untuk mendeteksi sekurangnya empat satelit.

Seperti yang telah ketahui, sensor pada GPS berpotensi mengalami kesalahan penentuan posisi sebagai sebuah akumulasi dari berbagai faktor di alam. Sumber utama kesalahan ini antara lain terjadinya pelemahan sinyal akibat proses perambatan melalui lapisan ionosfer dan troposfer, sinyal multipath, *Receiver clock errors*, dan *Errors orbital*. Akumulasi dari beberapa faktor yang menyebabkan distorsi pada GPS disebabkan oleh sejumlah kontributor dominan dan kontributor yang diduga berpengaruh. Dengan menentukan asumsi bahwa kondisi langit sedang baik dan geometri satelit yang normal, maka penyebab dari kesalahan penentuan posisi adalah seperti yang tertera pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Penyebab kesalahan pada saat penentuan posisi GPS
Table 2. Sources of errors in GPS positioning

Error	Jarak
Ionosphere	4.0 m
Clock	2.1 m
Ephemeris	2.1 m
Troposphere	0.7 m
Receiver	0.5 m
Multipath	1.0 m

Sumber : Henning, 2014

Jika ditinjau dari jumlah satelit, dapat kita ketahui bahwa semakin banyak satelit yang terdeteksi, maka akurasi receiver akan meningkat secara signifikan. Adapun objek-objek seperti bangunan, medan lapang, gangguan elektronik, serta tumbuhan dapat menyebabkan pemblokiran dalam proses pendeteksian sinyal dan menyebabkan

kesalahan penentuan posisi atau lebih buruknya adalah tidak ada pembacaan posisi sama sekali.

Pada implementasi modul transceiver yang dipisahkan secara fungsinya, terjadi pelemahan sinyal setiap terjadi pertambahan jarak. Langley (1999) menyatakan pada sebuah *ranging system*, presisi akan dipengaruhi oleh

geometri antara unit pemancar dan penerima. Pelemahan sinyal yang terjadi disebabkan oleh perambatan sinyal dalam geometri ruang serta faktor-faktor lain di udara, seperti refleksi partikel oleh debu, absorpsi oleh molekul air, dan lain sebagainya.

KESIMPULAN

Purnarupa sistem pelacakan jejak untuk kapal tradisional telah berfungsi dengan baik ditandai dengan adanya koneksi antara kedua unit yang menghasilkan data sesaat setelah alat dinyalakan. Nilai HDOP semakin berkurang seiring berkurangnya hambatan yang diberikan. Semakin bertambahnya jarak antara unit pemancar dengan unit penerima, maka simpangannya akan semakin besar. Respon purnarupa ini tergolong sensitif dan konsisten melakukan perekaman dalam rentang waktu yang telah ditentukan.

Pengembangan lebih lanjut diarahkan pada pemanfaatan teknologi radio yang memiliki daya jangkauan yang luas serta pemasangan perangkat penerima gelombang radio dengan frekuensi yang mengikuti aturan perundangan. Sehingga dalam penerapannya memungkinkan untuk membangun suatu sistem yang lebih terintegrasi. Contoh yang dapat dilakukan adalah dengan cara menggunakan RF berfrekuensi rendah dengan spesifikasi di bawah 30-300 kHz untuk mencapai daya jangkauan dengan radius lebih dari 1 km atau lebih. Alternatif lain adalah dengan cara menggabungkan komponen pemancar dan penerima menjadi satu perangkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada kedua orang tua, sanak saudara, guru-guru, dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, H. S., Lu, H. A., Lee, H. H. (2013). An Assesment of Job Performance of Vessel Traffic Service Operators Using an Analytic Hierarchy Process and a Grey Interval Measure. *Journal of Marine Science and Technology*, 21(5), 522-531.
- Fisheries and Aquaculture Department. (1999). Proceedings of the international Conference on Integrated Fisheries Monitoring. Sydney, Australia: Nolan
- Federal Communications Commission. (2010). *Frequently Ask Question*. Retrieved from http://www.bureauveritas.com/wps/wcm/connect/31b53f004edb713e8d5fcd600bbc220b/FCC_Frequently_Asked_Questions_Aug10.pdf?MOD=AJPERES
- Hayakawa, Y. S., Tsumura, H. (2008). Accuracy Assessment of a Post-processing Differential GPS Device: A Case Study in Kaman and Hacituğrul, Central Turkey. *AAS Journal*, 17, 265-269
- Henning, W. (2014). User Guidelines for Single Base Real Time GNSS Positioning. *National Geodetic Survey NOAA*.
- International Maritime Organization. (2003). *Guidelines for The Installation of A Shipborne Automatic Identification System (AIS)*. London, UK: Embankment
- Javier, F. V., Aguado, C. (2012). The Vessel Traffic Management System at the Batangas Baseport: Basis of Enhancing Vessel Traffic Services at the Batangas Bay. *International Journal of Business and Management*. 1, 57-78.
- Kusumastanto, T. (2014, Mei). Arah Strategi Pembangunan Indonesia Sebagai Negara Maritim. Tersedia di:

- http://www.researchgate.net/publication/266080942_Arah_Strategi_Pembangunan_Indonesia_sebagai_Negara_a_Maritim
- Langley, R. B. (1999). *Dilution of Precision*. University of New Brunswick. Canada. Retrieved from <http://www2.unb.ca/gge/Resources/gpsworld.may99.pdf>
- Long, R. (2013). EU Regulation of Fishing VMS. *NUI Galway Workshop* Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2021). Retrieved from <https://kkp.go.id/djpsdkp/artikel/29431-kkp-luncurkan-salmon-untuk-perkuat-pemantauan-kapal-perikanan> Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2021). PermenKP no 23 2021 Retrieved from <https://jdih.kkp.go.id/peraturan/ed818-permen-kp-23-tahun-2021.pdf>
- Moreira, R. D. S, Ebecken, N. F. F., Alves, A. S., Livernet, F., Navetti, A. C. (2014). A Survey on Video Detection and tracking of Maritime Vessel. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*. 20(1), 37-50.
- Park, J., Kang, S., Ha, T, Lee, J., Uh, S. (2013). Design of a smart vessel platform for remote monitoring. *International Journal of Smart Home*. 8(1), 241-250.
- Scarpati, J. (2021). "What is radio frequency (RF, rf)?" *SearchNetworking*. Retrieved from www.techtarget.com/searchnetworking/definition/radio-frequency
- Specht, M. (2022). Experimental Studies on The Relationship Between Hdop And Position Error in The Gps System. *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. 29 (2022) No. 1, pp. 17–36
- Trimble. (2004). Mapping and GIS: Why Postprocess Data GPS? *Trimble Navigation Limited*, Westminster, USA. Retrieved from <https://www.esri.com/~media/Files/Pdfs/partners/hardware/why-postprocess.pdf>
- Ukhurebor, K. E., Umukoro, O. J. (2018). Influence of Meteorological Variables on UHF Radio Signal: Recent Findings for EBS, Benin City, South-South, Nigeria. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 173 012017
- Zhang, H., Zheng, J., Dorr, G., Zhou, H., Ge, Y. (2014). Testing of GPS Accuracy for Precision Forestry Applications. *Arabian Journal for Science*