

PERANCANGAN DATA DISTRIBUTION UNIT SEBAGAI BACKUP DATA POSISI, NAVIGASI DAN REFERENSI WAKTU DI KAPAL PERANG REPUBLIK INDONESIA UNTUK SISTEM PERTAHANAN TERHADAP GPS JAMMING

Muhamad Bashori Alwi¹, Tutun Juhana²

¹Program Studi Teknik Elektro, STEI, Institut Teknologi Bandung

²Teknik Elektro, STEI, Institut Teknologi Bandung

e-mail: m_b_alwi@yahoo.co.id

Abstrak—Semua kekuatan militer di seluruh dunia saat ini memiliki ketergantungan yang sangat penting pada data *Positioning, Navigation & Timing* (PNT) yang diperoleh dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Ketersediaan data PNT yang diperoleh dari perangkat GPS pada kapal Perang Republik Indonesia (KRI) akan sangat berpengaruh pada penentuan posisi kapal, data navigasi serta ketersediaan referensi waktu yang digunakan oleh perangkat navigasi dan *sewaco* (*Sensor, Weapon and Command*). Dalam penelitian ini kami merancang suatu sistem pertahanan terhadap GPS *jamming* pada kapal perang Republik Indonesia dengan menggunakan perangkat gyro inersial sebagai *backup* data PNT apabila GPS dalam kondisi *ter-jamming* melalui *Data Distribution Unit* (DDU). Analisa dan percobaan sistem tersebut dilaksanakan secara langsung di KRI sehingga hasil dari penelitian ini dapat diterapkan secara langsung pada sistem *sewaco*. Dari hasil percobaan, DDU dapat melakukan *auto switching* data PNT dari perangkat GPS ke perangkat gyro inersial apabila GPS dalam kondisi *ter-jamming* dan mendistribusikan data tersebut dengan format NMEA-0183. Dari analisa terhadap akurasi dan presisi terhadap gyro inersial, data PNT gyro tersebut memiliki nilai *Horizontal Dilution of Precision* (HDOP) sebesar 0,695 dengan *peak of error* horisontal sebesar 2,62 meter dan standar deviasi (*latitude/longitude*) sebesar 0,742 meter / 0,861 meter.

Kata Kunci : Navigasi, *Global Positioning System*, *Jammer*, *Sewaco*

Abstract—All militaries worldwide currently have a crucial dependence on reliable Positioning, Navigation & Timing (PNT) through the Global Positioning System (GPS). Availability of PNT data obtained from the GPS device on the Indonesia warship (KRI) will be very influential in determining the ship's position, navigation data as well as the availability of reference time used by the navigation device and *sewaco* (*Sensor, Weapon and Command*). In this research, we designed a defense system against GPS *jamming* on Indonesia warship by using the gyro inertial devices as PNT data backup if the GPS in jammed conditions through *Data Distribution Unit* (DDU). Analysis and experiment system implemented directly in KRI, so the results of this research can be applied directly to the system. From the experimental results, DDU can perform *auto switching* the PNT data from the GPS device to the inertial gyro device if the GPS in jammed condition and distribute the data with NMEA-0183 format. From the analysis of the accuracy and precision of the inertial gyro, the gyro PNT data output has *Horizontal Dilution of Precision* (HDOP) value of 0.695 with horizontal peak of error of 2.62 meters and a standard deviation (*latitude / longitude*) of 0.742 meters / 0.861 meters.

Keywords : *Navigation, Global Positioning System, Jammer, Sewaco*

I. PENDAHULUAN

Saat ini, perlu diwaspadai model peperangan asimetris yang dilakukan oleh pihak lain untuk mengganggu wilayah perairan di Indonesia. Teknologi peperangan yang saat ini mempunyai efektifitas yang tinggi dan manusiawi adalah Peperangan Elektronik (pernika) atau *Electronic Warfare* (EW)^{[18][19]}. Mengacu pada

perkembangan teknologi peralatan militer baik *hardware* maupun *software*, maka disiplin peperangan elektronika / *electronic warfare* mengalami perkembangan dan dinamika sehingga menimbulkan jenis peperangan baru yakni *navigation warfare* (*navwar*) dengan target berupa data *positioning, navigation* dan *timing* dari perangkat *Global Positioning System* (GPS). Menyadari ketergantungan pada

data *positioning, navigation* dan *timing* yang diperoleh melalui GPS dan melibatkan unsur-unsur aktif dari EW, pada awal tahun 2000 program rahasia dimulai dikenal sebagai *Navigation Warfare (navwar)* oleh *North Atlantic Threat Organization (NATO)*^[15].

Salah satu bentuk dan aplikasi dari peperangan navigasi adalah menggunakan metode *jamming* pada perangkat navigasi GPS dengan dikembangkannya perangkat GPS *jammer* yang berfungsi untuk melaksanakan *jammer* terhadap frekuensi GPS dari satelit sehingga perangkat GPS tidak bisa menerima sinyal GPS dari satelit. Hal ini mengakibatkan perangkat GPS tidak dapat mentransmisikan data *positioning, navigation and timing* (PNT) yang dibutuhkan oleh perangkat navigasi lain seperti radar, ECDIS (*Electronic Charts and Display Information System*), AIS (*Automatic Identification System*), *speedlog*, dan *gyro navigasi*^[1]. Data PNT tersebut juga sangat dibutuhkan untuk integrasi dengan perangkat *Sensor Weapon and Command (sewaco)* yang ada di kapal perang serta sistem senjata yang ada^[7].

Penggunaan dan aplikasi perangkat GPS *jammer* dalam peperangan navigasi tersebut mulai terungkap dengan adanya beberapa laporan perihal hilangnya sinyal GPS di perairan Norwegia pada awal tahun 2002 yang mengakibatkan terjadinya beberapa kesalahan navigasi pada kapal pengangkut barang sehingga beberapa kapal pengangkut barang tersebut karam / kandas^[15], Kemudian berlanjut dengan adanya laporan di pelabuhan San Diego pada tahun 2007, seluruh data GPS pada daerah tersebut hilang selama dua jam. Hal ini mengakibatkan seluruh proses dipelabuhan terhenti dan seluruh jaringan komunikasi tidak berfungsi serta beberapa perindustrian mengalami kegagalan produksi^{[1][20]}.

Penggunaan perangkat GPS *jammer* di TNI Angkatan Laut, khususnya di Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) dimulai pada awal tahun 2010 dengan dikirimkannya beberapa personel TNI AL untuk mempelajari doktrin *navigation warfare* dan aplikasi untuk militer di beberapa negara Eropa. Pada tahun 2011 dimulai pemasangan peralatan tersebut pada dua KRI kelas Sigma yakni pada KRI Diponegoro – 365 dan KRI Sultan Hassanudin – 366 serta dilaksanakan pengujian terhadap fungsi peralatan tersebut pada tahun yang sama

pada latihan gabungan yang dilaksanakan oleh tiga angkatan.

Pada latihan tersebut, peralatan GPS *jammer* resmi digunakan dalam satu latihan operasi militer di Indonesia dan mampu membuktikan bahwa peperangan navigasi merupakan salah satu bagian dari peperangan elektronika yang mampu memberikan efek hilangnya data posisi, navigasi dan referensi waktu bagi suatu pesawat militer yakni dengan berhasil dilaksanakan *surface jamming* terhadap KRI lain dalam radius 60 km serta mampu melaksanakan *air jamming* terhadap dua pesawat tempur sukhoi SU-27 dan SU-30 dari TNI Angkatan Udara pada jarak antara 80 km sampai dengan 120 km dengan ketinggian sampai dengan 12 km^[16].

GPS *jamming* merupakan salah satu aplikasi dari *electronic attack* atau *electronic counter measures* (ECM) dalam peperangan navigasi, sehingga dibutuhkan suatu perangkat yang berfungsi sebagai *electronic protect* atau *electronic counter counter measures* (ECCM) sebagai bentuk perlawanan terhadap *jamming* tersebut, bentuk dari *electronic protect* tersebut berupa *backup* data PNT yang dapat dilaksanakan dengan melaksanakan sistem integrasi perangkat *Own Ship's Data* (OSD) yang mampu menghasilkan data PNT apabila GPS dalam kondisi *ter-jamming*^[13]. Sistem *Electronic Protect / anti GPS jamming* tersebut merupakan suatu sistem integrasi perangkat OSD yang ada di KRI sehingga diharapkan mampu mentransmisikan data PNT dari *Inertial Navigation System* (INS) yang dihasilkan oleh perangkat *gyro inersial* secara mandiri dan terintegrasi secara langsung ke perangkat navigasi dan *sewaco* yang ada di kapal perang melalui perangkat *Data Distribution Unit (DDU)*^{[9][14]}.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peperangan Elektronika^[18]

Peperangan Elektronika / *Electronic Warfare* adalah suatu kegiatan militer dalam penggunaan spektrum elektromagnetik untuk menentukan, mengeksploitasi, mencegah atau mengurangi penggunaan spektrum elektromagnetik lawan sebaik aksi yang diambil untuk tetap menguasai penggunaan oleh kawan-kawannya. Dalam perkembangannya *electronic warfare* terbagi menjadi tiga bagian utama yakni:

- 1) *Electronic attack*, berfungsi untuk melumpuhkan, menghambat, mencegah dan menghancurkan kemampuan peralatan, personel maupun fasilitas musuh dengan menggunakan gelombang elektromagnetik maupun energi elektromagnetik secara langsung.
- 2) *Electronic Protection*, merupakan kemampuan untuk mencegah kerusakan atau kerugian personel, peralatan maupun fasilitas sendiri dari serangan / pancaran gelombang elektronika dari musuh atau lawan. Hal ini dilaksanakan untuk mencegah dan meminimalkan kemampuan musuh untuk melaksanakan EW pada pihak kawan maupun pihak sendiri.
- 3) *Electronic Warfare Support*, berfungsi untuk memberikan informasi kepada komando operasional dengan mencari, mengeksploitasi dan mengidentifikasi gelombang elektro magnetik baik yang berpotensi dan tidak berpotensi sehingga dapat segera dilakukan tindakan identifikasi, melaksanakan rencana dan tindakan yang akan diambil selanjutnya.

2.2 Peperangan Navigasi^[8]

Peperangan navigasi didefinisikan sebagai suatu tindakan militer untuk mencegah penggunaan informasi PNT oleh pihak lawan sekaligus melindungi penggunaan PNT tersebut oleh pihak sendiri dan pihak kawan serta memastikan penggunaan tindakan militer tersebut secara benar di luar wilayah operasi.

Peperangan navigasi tersebut merupakan salah satu bentuk dan aplikasi dari peperangan elektronika, dimana salah satu tujuannya adalah mengurangi, mengacaukan dan meniadakan fungsi GPS *receiver* pada sistem navigasi lawan sehingga lawan tidak bisa mendapatkan data PNT yang bisa digunakan sebagai referensi bernavigasi dan referensi sistem kendali senjata pada sistem atau kendaraan militer baik di darat, laut dan udara.

Ketergantungan perangkat navigasi terhadap GPS merupakan salah satu latar belakang diterapkannya doktrin *navigation warfare* dalam peperangan modern, hal ini dapat memberikan informasi navigasi, posisi dan waktu untuk semua jenis kendaraan darat, artileri, kapal, UAV, rudal, amunisi cerdas, pesawat, dan pasukan^[12]. Keberadaan GPS juga dapat digunakan untuk memberikan informasi

yang akurat dan penargetan sebagai posisi umum untuk operasi bersama. GPS juga dapat meningkatkan manajemen pertempuran dan perintah intelijen dalam operasi. Penerima GPS yang pasif mampu memberikan informasi kepada pasukan tanpa mengungkapkan lokasi pasukan tersebut. GPS juga dapat dengan mudah diintegrasikan dengan teknologi lain seperti sistem navigasi, deteksi, sistem kendali senjata dan telekomunikasi^[17].

2.3 National Marine Electronics Association-0183^[4]

National Marine Electronics Association-0183 dikembangkan secara spesifik untuk standar industri sebagai *interface* bermacam-macam alat kelautan yang diperkenalkan sejak tahun 1983. Standar tersebut diberikan untuk alat kelautan yang mengirimkan informasi ke komputer maupun alat lainnya. Standar NMEA-0183 menggunakan format ASCII sederhana, masing-masing kalimat mendefinisikan isi masing-masing tipe pesan yang dapat dipilah-pilah. Lima karakter pertama berupa setelah tanda \$ disebut field alamat. Dua karakter pertama pada address disebut *Talker-ID*. Setelah *Talker-ID* mengikuti dibelakangnya 3 karakter yang menjelaskan tipe kalimat. Sedangkan tiap data dipisahkan dengan koma, jika ada *field* kosong maka tidak terisi apapun diantara dua koma dan diakhiri oleh *Carriage Return + Line Feed (CR+LF)*. Jumlah maksimum karakter dihitung dari awal *sentences* (\$) sampai dengan akhir *sentences* (CR/LF) adalah 82 karakter.

Standar komunikasi RS-232 mulai diperkenalkan pada tahun 1962 dan sampai saat ini *Electronic Industry Association* (EIA) telah memproduksi berbagai macam standar diantaranya RS-485, RS-422, dan RS-232 yang berfungsi untuk komunikasi data. Standar ini telah diuji coba dengan berbagai macam problem praktis dan menghadapi bermacam-macam tipe jaringan. Namun sampai saat ini, standar NMEA-0183 yang umum diaplikasikan pada peralatan di kapal (*marine equipments*) adalah standar RS-232 dan RS-422 karena lebih mudah dalam integrasi dan koneksi antara kedua standar tersebut dan tidak perlu menggunakan hardware maupun software *interface* khusus.

2.4 Global Positioning System^{[2][5]}

Pada dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit sekaligus. Untuk menentukan suatu titik di bumi, *receiver* setidaknya membutuhkan empat satelit yang dapat ditangkap sinyalnya dengan baik oleh perangkat GPS. Standar data posisi atau koordinat, navigasi dan waktu yang diperoleh oleh perangkat tersebut bereferensi ke *global datum* yaitu *World Geodetic System 1984* atau disingkat *WGS 84*.

Sebuah GPS *receiver* harus mengunci sinyal minimal tiga satelit untuk menghitung posisi 2D (*latitude dan longitude*) dan *track* pergerakan. Jika GPS *receiver* dapat menerima empat atau lebih satelit, maka dapat menghitung posisi 3D (*latitude, longitude dan altitude*)^[10]. Jika sudah dapat menentukan posisi pengguna, selanjutnya GPS dapat menghitung informasi lain, seperti kecepatan, arah yang dituju, jalur, tujuan perjalanan, jarak tujuan, matahari terbit dan matahari terbenam serta masih banyak lagi.

Dalam penggunaannya sebagai peralatan navigasi, GPS menyediakan beragam informasi selain informasi posisi yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi baik untuk aplikasi sipil dan militer. Beberapa informasi yang ada pada GPS lebih dikenal dengan data *Positioning, Navigation, and Timing (PNT)*. Beberapa data tersebut antara lain :

- 1) Posisi, data posisi pada GPS bisa diperoleh dari \$GGA yang berisi data tetap GPS, \$GLL yang berisi posisi geografis dalam *latitude/longitude* (lintang/bujur) dan \$RMC yang berisi spesifikasi data minimal GNSS (*Global Navigation Satellite System*) yang direkomendasikan.
- 2) Navigasi, data navigasi pada GPS diperoleh dari sentence \$VTG yang berisi arah dan kecepatan GPS sesuai dengan pergeseran posisi dibandingkan dengan bumi, yakni :
 - a) *Course Over Ground (COG)*, merupakan arah dari GPS terhadap bumi
 - b) *Speed Over Ground (SOG)*, merupakan kecepatan GPS berdasarkan referensi sebelumnya dibandingkan dengan waktu
- 3) Waktu, perangkat GPS mampu memberikan informasi waktu secara akurat karena waktu yang digunakan adalah

waktu satelit dengan menggunakan *atomic clock*. Waktu tersebut diterima dalam format *UTC (Universal Time Coordinated)*, namun bisa dilaksanakan setting pada perangkat bila operator menginginkan waktu yang tampil adalah waktu lokal (*local time*).

2.5 Sistem Navigasi Inersial^{[6][11]}

Sistem navigasi inersial adalah sebuah sistem navigasi yang menggunakan sensor komputer, sensor inersial yakni sensor gerak (*accelerometers*) dan sensor rotasi (*gyroscope*) untuk terus menghitung melalui perhitungan mati posisi, orientasi, dan kecepatan (arah dan kecepatan gerakan) yang bergerak tanpa perlu referensi eksternal. Sistem navigasi tersebut terdiri dari sensor inersial / *Inertial Measurement Unit (IMU)*, dan seperangkat komputer yang mampu menghitung posisi, kecepatan (*speed*) dan ketinggian (*altitude*) dari kendaraan^[3].

Inertial Navigation System (INS) menggunakan prinsip hukum kedua *newton* untuk menghitung ketiga besaran tersebut, artinya kecepatan diperoleh dengan menghitung integral dari percepatan dan posisi dihitung dengan menggunakan integral kecepatan. Karena pada dasarnya proses menghitung integral merupakan proses penjumlahan, error yang sangat kecil akan terakumulasi menjadi besar setelah melakukan proses ini untuk jangka waktu yang sangat panjang. Oleh karena proses tersebut memerlukan *initial conditions* (nilai awal), setiap sistem yang menggunakan teknologi inersial dimulai dengan fase yang dikenal sebagai *alignment*. Proses ini memasukkan nilai awal untuk posisi, kecepatan dan *altitude* dari pesawat atau kendaraan tersebut. Pada proses *alignment* ini, kondisi yang disyaratkan adalah kondisi statis sehingga nilai untuk kecepatan awal adalah nol.

Untuk proses penentuan orientasi/*alignment* pada gyro inersial terbagi dalam tiga tahap utama, yakni :

- 1) *Initialization*, yakni proses inialisasi peralatan yang terintegrasi dengan gyro inersial meliputi GPS dan *speedlog* untuk mendapatkan referensi posisi, navigasi, waktu dan *velocity /* kecepatan.
- 2) *Course Alignment*, yakni proses untuk mendapatkan posisi datar terhadap horizon bumi serta menentukan arah utara bumi.

- 3) *Fine Allignment*, merupakan proses untuk menentukan *true heading* dari gyro inersial, *roll* dan *pitch* serta melaksanakan perhitungan orientasi perangkat dengan akurat.

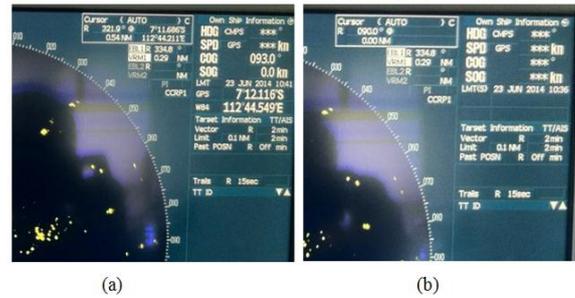


Gambar 1. Ilustrasi sistem kerja gyro inersial berdasarkan perubahan kecepatan dan arah.

2.6 GPS Jammer^[16]

GPS *jammer* merupakan salah satu bentuk dari peperangan navigasi yang mulai dikembangkan mulai tahun 2001 oleh NATO yang dilaksanakan setelah melihat pentingnya fungsi data posisi, navigasi dan referensi waktu bagi beberapa perangkat navigasi darat, laut, udara serta sistem persenjataan militer.

Prinsip kerja GPS *jammer* dalam melaksanakan *navigation attack* adalah dengan menggunakan metode *Denial of Service* (DoS) yakni dengan memancarkan *noise* pada frekuensi yang sama dengan frekuensi kerja GPS yakni pada frekuensi 1575.42 Mhz pada frekuensi L1 atau 1227,60 pada frekuensi L2 dan dengan *bandwidth* yang sama atau lebih lebar serta power yang lebih besar sehingga sinyal GPS yang dipancarkan oleh satelit mengalami interferensi dan tidak dapat diterima oleh antenna *receiver* perangkat GPS. Dalam teknologi elektromagnetik digital, kemampuan transmisi gelombang elektromagnetik akan hilang jika *level error rate* dari sinyal tersebut tidak dapat dikompensasi oleh *error correction level* dan hal inilah yang diaplikasikan pada prinsip kerja GPS *jammer*.



Gambar 2. Tampilan radar dengan referensi PNT dari GPS sebelum ter-*jamming* (a) dan setelah ter-*jamming* (b) dalam waktu kurang dari dua detik setelah dilaksanakan *jamming*.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa sebelum dilaksanakan *jamming* informasi PNT dari GPS mampu memberikan informasi posisi, navigasi (SOG dan COG) serta waktu dan radar mampu melaksanakan perhitungan posisi kursor ataupun target yang ada pada gambar (a), namun setelah dilaksanakan *jamming* maka informasi tersebut tidak ada dan radar tidak mampu melakukan perhitungan terdapat abyek dan target yang ada gambar (b). Untuk referensi waktu, karena tidak tersedia referensi waktu dari GPS maka secara otomatis referensi waktu kembali ke referensi waktu dari yang ada pada radar tersebut.

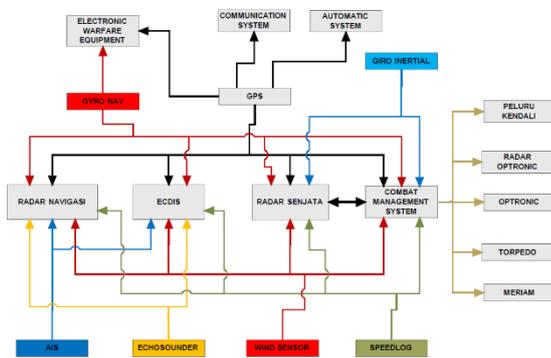
2.7 Sistem Sewaco di KRI

Sewaco adalah suatu sistem kendali senjata dari alat utama TNI Angkatan Laut, yang merupakan perpaduan antara alat-alat pengindra / sensor, senjata dan komando pengendalian. Penggunaan sistem *sewaco* pada alat utama TNI Angkatan Laut didasarkan atas pemikiran bahwa pada pertempuran laut yang sebenarnya, kegiatan yang terjadi sangat kompleks sekali, dimana faktor kecepatan merupakan faktor yang dominan. Dalam keadaan yang demikian sangatlah sulit bagi seorang pimpinan / komandan untuk dapat menguasai keadaan secara baik dan sempurna.

Sistem *sewaco* di KRI mengalami perkembangan sesuai dengan perkembangan teknologi militer yang ada saat ini, demikian juga dengan kompleksitas sistem integrasi bergantung dari jenis, tipe dan jumlah perangkat yang ada. Perubahan sistem *sewaco* dan jenis perangkat yang terintegrasi sangat berpengaruh pada kemampuan tempur KRI tersebut, sehingga pada KRI yang menggunakan

teknologi yang relatif lama perlu dilaksanakan *upgrade* kemampuan perangkat tersebut.

Ketergantungan data posisi, navigasi dan waktu pada GPS sangat mempengaruhi sistem integrasi di KRI meski dengan berbagai macam tipe *Combat Management System* (CMS). Pada beberapa tipe CMS, hanya CMS MK3 pada KRI kelas Sigma yang mampu mengoptimalkan sistem GPS dan gyro inersial secara maksimal dengan menggunakan sistem *Integrated Automatic System* (IAS) yang ada pada KRI tersebut, pada kapal selam juga sudah dilaksanakan optimasi gyro inersial dengan menggunakan data *output* gyro tersebut sebagai sumber data PNT untuk seluruh perangkat yang ada di kapal selam tersebut, hal ini berguna apabila kapal selam tersebut melaksanakan fungsi asasinya yakni beroperasi dibawah permukaan air.



Gambar 3. Diagram integrasi sistem *sewaco* di KRI secara umum.

Dari gambar diagram di atas, fungsi perangkat GPS sebagai sumber data posisi, navigasi dan waktu sangat penting serta riskan terhadap *jamming* yang dilaksanakan dalam peperangan navigasi, oleh karena itu diperlukan suatu sistem *backup* yang mampu menjamin ketersediaan data PNT tersebut sehingga menjamin ketersediaan data tersebut secara terus menerus.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, akan dilaksanakan perancangan *Data Distribution Unit* untuk sistem navigasi dan *sewaco* yang ada di KRI sehingga memiliki sistem pertahanan terhadap GPS *jamming* dengan menggunakan modul NMEA *splitter*, NMEA *buffer* dan NMEA

multiplexer. Secara umum terdapat tiga bagian yang dilakukan, yakni :

- 1) Analisa terhadap data keluaran gyro inersial sebagai *backup* data PNT apabila GPS dalam kondisi ter-*jamming*.
- 2) Perancangan sistem DDU dengan menggunakan *prototype* yang dilengkapi dengan modul NMEA *splitter*, NMEA *buffer* dan NMEA *multiplexer*
- 3) Pembuatan modul NMEA *splitter* yang digunakan dalam penelitian ini didesain khusus sehingga mampu mendeteksi data keluaran GPS apabila dalam kondisi ter-*jamming*.

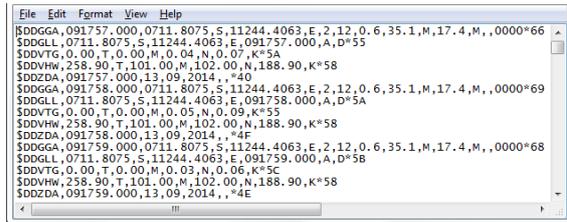
3.1 Data PNT dari Gyro Inersial

Target utama dari GPS *jamming* adalah perangkat GPS sehingga perangkat tersebut tidak mampu menyediakan data posisi, navigasi dan referensi waktu yang dibutuhkan untuk perangkat *sewaco* dan navigasi yang ada di KRI. Ketidakterediaan data tersebut akan mengakibatkan sistem *sewaco* dan navigasi yang ada di KRI tidak bisa optimal dan bahkan akan mengalami *failure*. Untuk mendapatkan sistem pertahanan terhadap GPS *jamming*, beberapa hal mendasar yang harus dilaksanakan di KRI antara lain :

- 1) Terdapat *backup* data PNT secara terus menerus dari GPS dan gyro inersial.
- 2) Terdapat perangkat gyro inersial sebagai salah satu perangkat yang mampu menghasilkan data PNT.
- 3) Perubahan sistem integrasi perangkat OSD di KRI sehingga mampu mendukung sistem pertahanan terhadap GPS *jamming* tersebut.
- 4) Terdapat perangkat *Data Distribution Unit* yang berfungsi melaksanakan *switching* data GPS dan gyro inersial serta melaksanakan distribusi data PNT serta data perangkat navigasi lain sesuai dengan kebutuhan masing – masing perangkat.

Dalam penelitian ini, *backup* data posisi, navigasi dan referensi waktu yang digunakan menggunakan data GPS dan gyro inersial karena peralatan tersebut merupakan komponen utama dalam sistem kendali senjata yang ada pada KRI namun belum digunakan secara optimal. Adapun untuk akurasi dari perangkat gyro tersebut sangat bergantung pada spesifikasi dari perangkat gyro yang ada serta

setting to work yang dilaksanakan pada saat dilaksanakan instalasi perangkat tersebut.



Gambar 4. Hasil tapping data posisi, navigasi dan referensi waktu pada gyro inersial dengan software hyperterminal

Tabel 3.1 NMEA output data posisi, navigasi dan referensi waktu dari gyro inersial.

Sentence	Posisi	Navigasi	Waktu	Satelit
GGA	√	-	√	√
ZDA	-	-	√	-
GLL	√	-	√	-
VTG	-	√	-	-
HDT	-	√	-	-

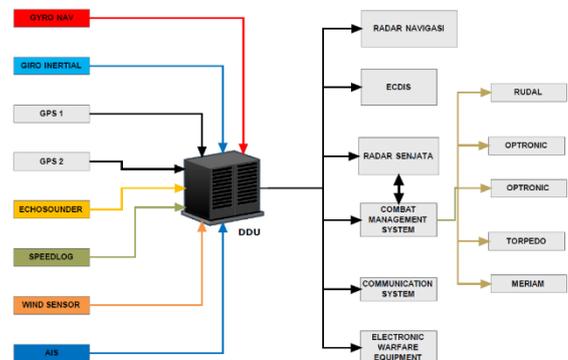
Dari gambar 4 dan tabel 3.1 di atas dapat diketahui bahwa gyro inersial mampu mengeluarkan data PNT yang identik dengan data PNT pada GPS namun dengan header sentence yang berbeda yakni dimulai dengan \$DD sedangkan GPS dimulai dengan \$GP.

3.2 Perancangan Data Distribution Unit

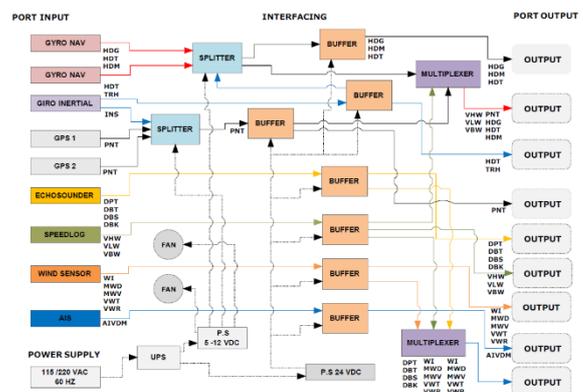
Data Distribution Unit merupakan perangkat yang berfungsi sebagai distributor dan interface data navigasi dari perangkat perangkat Own Ship's Data (OSD) dengan sistem sewaco dan navigasi. Fungsi lain dari DDU yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah untuk membuat suatu sistem integrasi OSD di KRI sebagai sistem pertahanan terhadap GPS jamming apabila terjadi peperangan navigasi yang bertujuan untuk merusak sinyal GPS sehingga data posisi, navigasi dan referensi waktu tidak tersedia yang mengakibatkan sistem navigasi dan sewaco tidak dapat berfungsi dan mengalami failure.

Dalam penelitian ini, fungsi utama dari DDU dalam sistem integrasi di KRI adalah sebagai pusat distribusi data OSD sehingga mampu digunakan oleh seluruh perangkat navigasi dan sewaco serta repeater serta peralatan bantu navigasi lainnya. Perancangan

DDU dalam penelitian ini berfungsi sebagai sistem pertahanan terhadap GPS jamming dan sebagai data distribusi perangkat OSD, fungsi lain dari DDU dalam penelitian ini adalah untuk merancang suatu sumber posisi, navigasi dan referensi waktu dari beberapa sumber yang ada seperti GPS, speedlog, wind sensor, gyro navigasi serta gyro inersial.



Gambar 5. Diagram perancangan sistem integrasi perangkat OSD dengan DDU sebagai sistem pertahanan terhadap GPS jamming.



Gambar 6. Diagram perancangan DDU sebagai sistem pertahanan terhadap GPS jamming yang digunakan sebagai interface dan distribution unit dalam sistem integrasi sistem sewaco.

Dari Gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa seluruh data OSD diintegrasikan ke DDU untuk selanjutnya akan didistribusikan ke perangkat navigasi dan sewaco yang ada di KRI. Penggunaan DDU tersebut akan mampu memberikan pertahanan terhadap GPS jamming dan juga akan memudahkan personel KRI dalam melaksanakan instalasi dan trouble shooting selama dilaksanakan integrasi.

DDU yang akan digunakan sebagai perangkat distribusi data bekerja menggunakan protokol NMEA-0183 baik menggunakan protokol RS-232 (*Single ended*) maupun RS-422 (*Differential*). Secara umum dapat sistem kerja DDU pada gambar 6 yang dibangun dalam sistem integrasi sebagai sistem pertahanan terhadap GPS *jamming* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Input NMEA – 0183 dari perangkat yang diterima oleh perangkat DDU akan ditransmisikan melalui *port output* setelah mengalami proses *switching*, *multiplexing* dan *buffering*.
- 2) Apabila terdapat dua atau lebih perangkat OSD yang memiliki fungsi sama, seperti penggunaan dua atau lebih perangkat gyro dengan output NMEA-183 yang sama. Maka digunakan NMEA *splitter* sebagai *auto switching* apabila salah satu perangkat tersebut mengalami kerusakan.
- 3) Untuk data posisi, navigasi dan referensi waktu (PNT), digunakan NMEA *splitter* khusus dengan menggunakan skala prioritas GPS1, GPS2 dan gyro inersial yang bekerja secara *auto switching* berdasarkan parameter NMEA *sentence* dari GPS apabila data GPS dalam kondisi *ter-jamming*.
- 4) Untuk modul NMEA *Multiplexer*, digunakan sebagai perangkat *multiplexing* sehingga data NMEA *sentence* dari beberapa perangkat tersebut mampu ditransmisikan dalam satu jalur perkabelan.
- 5) Untuk modul NMEA *Buffer*, digunakan untuk memperkuat sinyal NMEA tersebut untuk menjamin keutuhan data dan keamanan perangkat OSD dan perangkat navigasi dan *sewaco* yang terintegrasi dengan perangkat OSD tersebut.

3.3 Pembuatan NMEA Splitter

Untuk NMEA *splitter* yang digunakan untuk *auto switching* data PNT dari GPS dan gyro inersial didesain khusus untuk dapat menerima data *sentence* dari gyro inersial dan GPS sekaligus. Faktor lain yang mempengaruhi desain *software* dari NMEA *Splitter* tersebut adalah penggunaan lebih dari satu GPS selama KRI melaksanakan operasi maupun peperangan navigasi sangat disarankan demikian juga dengan gyro inersial. Apabila GPS dalam

kondisi *ter-jamming* maka data output GPS tersebut akan berisi *empty sentence* sedangkan *checksum* masih menunjukkan data tersebut masih *fix* sehingga perlu di desain perangkat NMEA *splitter* yang mampu mengenali *sentence* GPS apabila dalam kondisi *ter-jamming*.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk mendeteksi apabila perangkat GPS tersebut dalam kondisi *ter-jamming* adalah dengan melaksanakan analisa pada *sentence* NMEA dari perangkat GPS. Dengan melaksanakan *tapping* pada *sentence* GPS dalam kondisi normal dan *ter-jamming* maka dapat dilaksanakan analisa terhadap *sentence* tersebut. Berikut adalah contoh dari *sentence* GPS dalam kondisi normal dan kondisi *ter-jamming* :

1) Sentence GPS dalam kondisi normal.

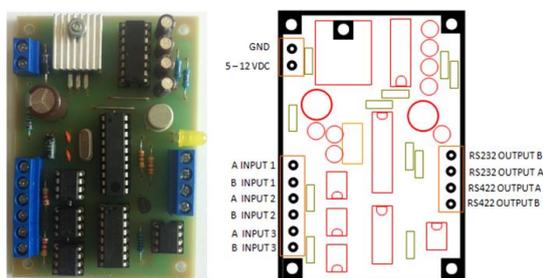
```
$GPGLL,0711.70,S,11244.38,E,074635,A,0*50
$GPGSA,3,01,11,23,13,20,32,07,19,17,,,,
01.7,01.0,01.4*08
$GPDTM,W84,,0000.0000,N,0000.0000,E,,W84
*71
$GPGGA,074636,0711.6955,S,11244.3836,E,1,
09,01.0,46.0,M,12.3,M,,*51
$GPVTG,039,T,039,M,01.1,N,02.0,K,0*21
$GPZDA,074636,24,06,2013,-07,00*62
$GPRMB,9.99,L,0000,0426,0820.500,S,1190
1.000,E,379.34,101.00.0,V,A*72
$GPGGA,083619.00,0711.809,S,11244.403,E,1,
08,01.0,+0023,M,+018,M,,*46
$GPRMC,083619.00,A,0711.809,S,11244.403,E
,00.0,324.,130914,00.,W,0*37
$GPGLL,0711.809,S,11244.403,E,083619.00,A
,0*72
```

2) Sentence GPS dalam kondisi *ter-jamming*

```
$GPGGA,0743050711.6986,S,11244.3862,E,0,0
7,02.0,36.6,M,18.1,M,,*5E
$GPGLL,0711.70,S,11244.39,E,074305,V,0*4F
$GPVTG,,,,,,,,,*30
$GPDTM,W84,,0000.0000,N,0000.0000,E,,W84
*71
$GPVTG,,,,,,,,,*30
$GPDTM,W84,,0000.0000,N,0000.0000,E,,W84
*71
$GPGLL,0711.70,S,11244.39,E,074305,V,0*4F
$GPDTM,W84,,0000.0000,N,0000.0000,E,,W84
*71
$GPGSA,,,,,,,,,*42
$GPDTM,W84,,0000.0000,N,0000.0000,E,,84*
71
$GPGSA,,,,,,,,,*42
$GPZDA,,,,,*48
$GPGLL,,,,,V,0*64
$GPVTG,,,,,*30
$GPAPB,V,V,,,,,263,M,0426,,,,,*5C
$GPDTM,W84,,,,,W84*4A
$GPXTE,V,V,,,,,*10
$GPZDA,,,,,*48
```

Pada contoh di atas terdapat *sentence* NMEA pada perangkat GPS yang sama, pada kondisi normal pada *sentence* NMEA tersebut terdapat *checksum sentence* yang berisi informasi bahwa data *sentence* tersebut merupakan data yang valid dengan menggunakan simbol huruf "A" yang berarti bahwa data tersebut valid (*Autonomous mode*) atau pada *sentence* GGA berupa simbol nomor "1" yang berarti GPS *data fix* dengan mode SPS (huruf yang diberikan *highlight* warna hijau).

Pada *sentence* NMEA output GPS dalam kondisi ter-*jamming* dapat dianalisa bahwa *checksum sentence* tersebut berubah menjadi simbol huruf "N" yang berarti bahwa data tersebut tidak valid atau pada *sentence* GGA berupa simbol angka "0" yang berarti bahwa data tersebut invalid (huruf yang diberikan *highlight* warna merah).



Gambar 7. Modul dan *layout* NMEA *splitter* dengan tiga *input* dan dua *output* untuk mendeteksi *sentence* GPS dalam kondisi ter-*jamming* dengan metode *auto switching*.

Sistem kerja NMEA *splitter* yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- (1) Pada saat power 5 VDC dinyalakan dan terdeteksi oleh modul tersebut, maka lampu LED akan berkedip sebagai indikator bahwa power ON dan *processor* hidup.
- (2) Selanjutnya lampu indikator setelah berkedip akan mati sebagai tanda tidak ada input data dari port satu sampai tiga .
- (3) Apabila terdapat data NMEA terdeteksi pada port *input*, maka lampu LED akan terus berkedip.
- (4) Apabila sinyal GPS dalam kondisi ter-*jamming*, maka lampu indikator LED akan menyala secara terus menerus dan secara otomatis data input dari gyro inersial akan digunakan sebagai *output*.

- (5) Apabila sinyal GPS sudah dalam kondisi normal, maka lampu indikator LED akan berkedip menandakan bahwa data PNT yang digunakan pada *port output* adalah data GPS.

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Tujuan dari pengujian penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kinerja sistem DDU yang sudah dibuat dengan melaksanakan pengujian terhadap modul-modul tersebut dan juga melaksanakan analisa terhadap *sentence* NMEA – 0183 dari perangkat OSD sebelum dan sesudah melalui proses yang ada pada modul-modul tersebut. Dalam pengujian ini juga akan dilaksanakan pengujian akurasi data posisi dari gyro inersial dibandingkan dengan data dari GPS sehingga data tersebut bisa digunakan sebagai *backup* data posisi, navigasi dan referensi waktu untuk digunakan oleh perangkat *sewaco* dan navigasi secara terus menerus.

Dalam pengujian dan analisa dalam penelitian ini, digunakan *prototype* dengan menggunakan beberapa modul NMEA *splitter*, *buffer* dan *multiplexer* untuk mewakili modul-modul dalam DDU yang digunakan dalam perancangan sistem integrasi tersebut. Diharapkan dengan pembuatan *prototype* tersebut mampu mewakili sistem kerja dan fungsi dari DDU yang ada dalam sistem.



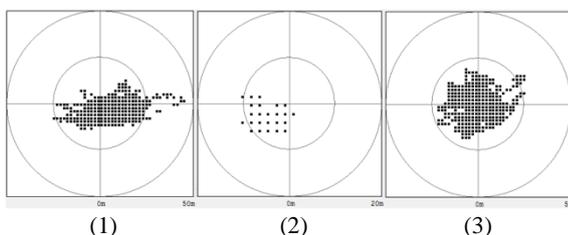
Gambar 8. *Prototype* DDU yang digunakan dalam pengujian dan analisa selama penelitian.

4.1 Analisa Data PNT dari GPS

Target utama dari GPS *jamming* adalah perangkat GPS yang berfungsi sebagai sumber data PNT dan merupakan referensi utama dalam melaksanakan navigasi. Dalam penelitian ini, dilaksanakan pengujian terhadap data PNT dari berbagai perangkat GPS yang ada di KRI yang sama yakni pada KRI Abdul Halim Perdanakusuma -355 dengan posisi di Surabaya yakni di Koarmatim dalam kondisi sandar untuk melihat akurasi GPS dengan berbagai tipe dan merk.

Pengambilan data PNT dari berbagai tipe dan merk GPS dilaksanakan untuk membuktikan bahwa akurasi GPS sangat bergantung pada spesifikasi teknis dari GPS tersebut meskipun berada pada posisi yang sama dan dalam satu KRI. Dalam pengujian tersebut, dilaksanakan pengambilan data dari tiga unit perangkat GPS dengan spesifikasi untuk sipil (GPS nomor 1 dan 2) serta GPS dengan spesifikasi militer (GPS nomor 3). Selanjutnya data atau *sentence* NMEA dari GPS tersebut akan dianalisa dengan menggunakan software *GPS NMEA Analyzer* untuk melihat data PNT yang ada, meliputi:

- 1) Analisa terhadap data posisi, navigasi dan referensi waktu
- 2) Analisa terhadap akurasi posisi/*error correction*/standar deviasi berdasarkan penyebaran posisi atau *scattering* GPS receiver.
- 3) Analisa terhadap pengurangan atau kelemahan ketelitian (*Dilution of Precision*)
- 4) Pengukuran akurasi dalam dua dimensi
- 5) Pengukuran akurasi dalam tiga dimensi



Gambar 9. Hasil pengukuran *scattering* dari tiga unit GPS menggunakan metode *True coordinate* di KRI AHP-355

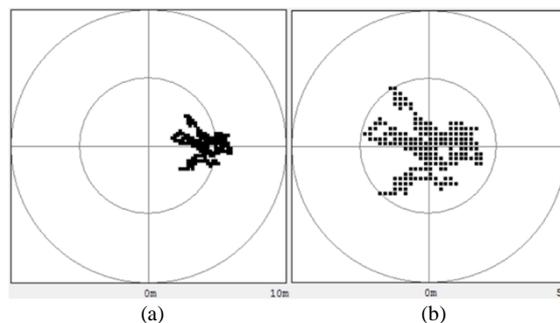
Dari hasil pengukuran pada gambar 9 dapat diketahui bahwa tingkat akurasi dan presisi dari masing-masing GPS berbeda

walaupun berada dalam lokasi yang sama. Hal ini bergantung dari jenis dan kualitas GPS yang ada. Pada gambar di atas dapat dilaksanakan analisa bahwa GPS nomor 3 yang merupakan perangkat GPS dengan spesifikasi militer memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi dibandingkan GPS nomor 1 dan 2 yang merupakan GPS dengan spesifikasi penggunaan untuk sipil, untuk hasil pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4.1.

4.2 Analisa Data PNT dari Gyro Inersial.

Data PNT dari gyro inersial yang berfungsi sebagai *backup* data PNT memiliki format yang sama dengan data PNT yang dihasilkan oleh perangkat GPS, hal ini dapat kita lihat pada keluaran data PNT dari gyro inersial (gambar. 3.1) yang mana data tersebut memiliki format yang sama dengan *sentence* dari GPS dan berisi data-data yang digunakan untuk menentukan posisi, navigasi dan referensi waktu (tabel 3.1).

Dalam pengujian dan analisa tersebut, harus dipastikan bahwa perangkat gyro tersebut sudah berfungsi dengan baik dan perangkat GPS dan *speedlog* yang terintegrasi dengan gyro tersebut harus dalam kondisi normal karena kesalahan data *input* pada gyro akan mengakibatkan data *output* gyro tidak valid. Parameter lain yang harus diperhatikan yakni bahwa sudah dilaksanakan *setting to work* terhadap gyro tersebut terhadap posisi antenna GPS dan *center plate* yang ada di kapal tersebut.



Gambar 10. Hasil pengukuran *scattering* gyro inersial dalam kondisi ter-*jamming* menggunakan metode *True coordinates* dengan referensi (a) antenna GPS dan (b) posisi IMU.

Dari gambar 10 di atas dapat dianalisa bahwa perbedaan posisi antara antenna GPS yang terintegrasi dengan gyro dan posisi

Inertial Measurement Unit (IMU) pada gyro inersial sangat berpengaruh pada akurasi data keluaran dari gyro inersial tersebut, dalam kondisi ter-jamming terdapat perbedaan posisi yang signifikan antara *true coordinate* terhadap antenna GPS dan posisi IMU pada gyro inersial tersebut. Dari hasil *scattering* pada gambar di atas dapat dilaksanakan dianalisa bahwa gyro inersial memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi setara dengan akurasi dari perangkat GPS dengan spesifikasi militer, untuk hasil pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4.1.

Pengujian dengan menggunakan dua titik referensi posisi pada gyro inersial digunakan untuk membuktikan bahwa dengan melaksanakan *setting to work* terhadap *level arm* terhadap posisi GPS dan *center plate* KRI akan mengakibatkan akurasi pada saat GPS dalam posisi normal atau ter-jamming. Pada saat GPS dalam posisi normal maka *true coordinates* yang digunakan oleh gyro inersial adalah posisi antenna GPS yang digunakan sebagai referensi gyro tersebut, namun pada saat GPS dalam posisi ter-jamming maka gyro inersial tersebut akan menggunakan lokasi dari perangkat IMU tersebut sebagai posisi referensi (*true coordinates*) dengan mengambil ketinggian disesuaikan dengan referensi hasil setting *level arm* pada sudut X,Y dan Z.

Pada tabel 4.1, merupakan nilai-nilai parameter yang menunjukkan akurasi dan presisi dari tiga unit GPS dan gyro inersial. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa parameter gyro inersial lebih baik dari tiga unit GPS yang ada yakni memiliki nilai *peak of error* dan perbedaan yang sangat kecil, hal ini menunjukkan bahwa gyro inersial lebih akurat dan presisi apabila digunakan sebagai sumber data PNT dibandingkan dengan GPS.

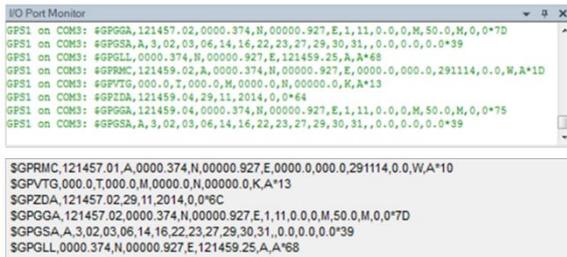
Dari tabel 4.1 dapat diambil suatu kesimpulan bahwa tingkat akurasi dan presisi dari data posisi, navigasi dan referensi waktu sangat ditentukan oleh spesifikasi dari perangkat GPS yang digunakan, yang mana sangat berpengaruh pada data *output* yang dihasilkan. Faktor lain yang menentukan tingkat akurasi dan presisi dari perangkat GPS adalah jumlah sinyal satelit yang dapat diterima oleh perangkat GPS tersebut, makin banyak sinyal satelit yang diterima maka makin akurat dan presisi data PNT dari perangkat GPS tersebut.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran dan analisa parameter tingkat akurasi dan presisi dari tiga unit GPS dan gyro inersial di KRI AHP-355

NO	ANALISA	GPS 1	GPS 2	GPS 3	GYRO
1	NILAI DOP				
	<i>HDOP</i>	6.819	1.000	0.695	0.695
	<i>VDOP</i>	0	0	1.004	0
	<i>PDOP</i>	0	0	1.245	0
	<i>Satellite</i>	3.300	8.000	12.000	12.000
2	PERBEDAAN POSISI (M)				
	<i>Horizontal</i>	5.28338	5.55229	0.11000	0.04000
	<i>Altitude</i>	-9.59345	-11.83901	0.10000	0
	<i>East-west</i>	2.85392	-4.70935	0.10000	0.03000
	<i>North-south</i>	-4.44626	-2.94108	-0.11000	-0.03000
3	PEAK of ERROR (M)				
	<i>Horizontal</i>	44.98820	11.00881	2.89000	2.62000
	<i>Altitude</i>	-22.26000	-21.26000	-4.76000	-3.77000
4	STANDAR DEVIASI (M)				
	<i>Latitude</i>	2.92500	1.09700	0.64400	0.74200
	<i>Longitude</i>	6.92300	1.42300	0.78200	0.86100
	<i>Altitude</i>	0	0	1.62100	0
5	2DRMS (M)				
	<i>Horizontal</i>	20.68157	5.55229	2.32000	2.60000
	<i>Altitude</i>	20.29553	-11.83901	3.24000	3.03000
	<i>East-west</i>	17.42304	-4.70935	1.79000	1.98000
	<i>North-south</i>	11.14294	-2.94108	1.48000	1.69000
6	DRMS (M)				
	<i>Horizontal</i>	10.34079	2.77615	1.16000	1.30000
	<i>Altitude</i>	10.14777	-5.91951	1.62000	1.51500
	<i>East-west</i>	8.71152	-2.35468	0.89500	0.99000
	<i>North-south</i>	5.57147	-1.47054	0.74000	0.84500

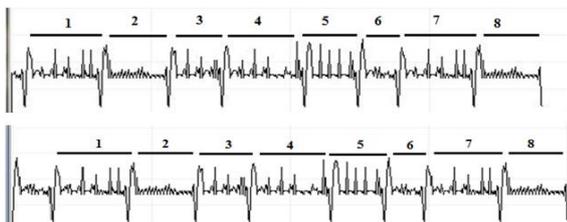
4.3 Analisa pada NMEA Buffer

Pengujian dan analisa terhadap NMEA *buffer* dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisa data *sentence* NMEA pada *input* modul dan *output* modul tersebut. Pengujian dan analisa *sentence* NMEA tersebut dilaksanakan dalam dua metode yakni melaksanakan analisa dan pengujian terhadap *sentence* NMEA dengan format RS-232 untuk melihat apakah data masukan dan keluaran tersebut sama, analisa lain dilaksanakan dengan melihat *dataflow* dari *sentence* tersebut dari sisi masukan dan keluaran pada modul tersebut.



Gambar 11. Perbandingan *sentence* data masukan (atas) dan keluaran (bawah) pada modul NMEA *buffer*.

Dari gambar 11 yang merupakan perbandingan data *sentence* GPS pada port *input* dan port *output* modul NMEA *buffer* dapat dilaksanakan analisa bahwa data *sentence* port *input* dan *output* tersebut sama termasuk pada *sentence checksum* yang mengindikasikan bahwa data yang diterima merupakan data *sentence* yang valid.



Gambar 12. Perbandingan *dataflow* data masukan (atas) dan keluaran (bawah) pada modul NMEA *Buffer*.

Berdasarkan grafik *dataflow* pada gambar 12 dapat dilaksanakan analisa menggunakan *dataflow* yang diberikan identitas nomor satu sampai delapan. Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa *dataflow* pada nomor satu sampai dengan nomor delapan pada port *Tx (Input)* identik dengan port *Rx (output)* satu sampai dengan empat. Hal ini membuktikan bahwa tidak terjadi kerusakan pada data flow *sentence* NMEA pada output NMEA *buffer* tersebut.

4.4 Analisa pada NMEA Multiplexer

Pengujian dan analisa NMEA *multiplexer* dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan membandingkan data *input* terhadap data *output* pada perangkat tersebut. Pengujian dan analisa terhadap modul tersebut dilaksanakan dengan membandingkan format data *sentence* masukan dari beberapa perangkat

OSD yang ada di KRI dengan format data *sentence* keluaran yang merupakan hasil dari proses *multiplexing* yang ada pada perangkat tersebut.

Dari pengujian terhadap NMEA *multiplexer* dengan menggunakan data OSD, data *logging* pada port *input* dan *output* adalah sebagai berikut :

(1) *Sentence* NMEA pada port *input*

```
$GPGLL,0001.04180,S,00001.55429,E,061006.67,A,A*76
$GPRMC,061006.67,A,0001.04180,S,00001.55429,E,0010.0,000.0,301114,0.0,W,A*0F
$GPVTG,000.0,T,000.0,M,0010.0,N,00018.5,K,A*1E
$VWVHW,00.0,T,00.0,M,10.0,N,18.5,K*59
$VWVLW,0.064,N,0.064,N*4C
$GPZDA,061006.67,30,11,2014,0,0*62
$VDVBW,10.0,00.0,A,00.0,00.0,A,00.0,A,00.0,A*50
$HCHDG,00.0,00.2,E,00.1,W*63
$GPGGA,061006.67,0001.04180,S,00001.55429,E,1,12,0.0,20,M,50.0,M,0,0*59
$WIVWR,101.0,R,16.0,N,8.2,M,29.6,K*57
$WIMWD,351.0,T,351.0,M,16.0,N,8.2,M*67
$HEHDM,00.1,M*1E
$HEHDT,00.0,T*1F
$WIMWV,351.0,T,16.0,N,A*15
```

(2) *Sentence* NMEA pada port *output*

```
$GPGLL,0000.03406,N,00001.55429,E,061639.10,A,A*6C
$GPRMC,061639.10,A,0000.03406,N,00001.55429,E,0010.0,000.0,301114,0.0,W,A*15
$GPVTG,000.0,T,000.0,M,0010.0,N,00018.5,K,A*1E
$VWVHW,00.0,T,00.0,M,10.0,N,18.5,K*59
$VWVLW,1.139,N,1.139,N*4C
$GPZDA,061639.10,30,11,2014,0,0*68
$VDVBW,10.0,00.0,A,00.0,00.0,A,00.0,A,00.0,A*50
$HCHDG,00.0,00.2,E,00.1,W*63
$GPGGA,061639.10,0000.03406,N,00001.55429,E,1,12,0.0,20,M,50.0,M,0,0*43
$WIVWR,101.0,R,16.0,N,8.2,M,29.6,K*57
$WIMWD,351.0,T,351.0,M,16.0,N,8.2,M*67
$HEHDM,00.1,M*1E
$HEHDT,00.0,T*1F
$WIMWV,351.0,T,16.0,N,A*15
```

Tabel 4.2 Perbandingan format *sentence* OSD pada port *input* dan *output* NMEA *multiplexer*

No	OSD	Input	Output
1	GPS	GLL, RMC, VTG, ZDA, GGA	GLL, RMC, VTG, ZDA, GGA
2	Gyro	HDG,HDM, HDT	HDG, HDM, HDT
3	Speedlog	VHW,VLW, BW	VHW,VLW, VBW
4	Wind Sensor	VWR,MWD, WV	VWR,MWD, MWV

Dari analisa dan tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa jenis dan tipe *sentence* NMEA pada port *input* sama dengan jenis dan tipe

sentence NMEA pada port output. Hal ini membuktikan bahwa seluruh data pada port input mampu diproses menjadi multi data oleh perangkat NMEA multiplexer.

4.5 Analisa pada NMEA Splitter

Dalam pengujian dan analisa terhadap modul NMEA splitter, digunakan tiga port input yang dengan prioritas utama port satu, port dua dan terakhir port tiga sehingga apabila port pertama mendeteksi bahwa sinyal GPS tidak valid secara otomatis modul akan auto switching ke port kedua. Demikian juga apabila port kedua mendeteksi bahwa data GPS tidak valid atau tidak ada data sama sekali maka secara otomatis modul tersebut akan secara otomatis menggunakan data dari port ketiga.

```

$GPXTE,A,A,9.99,L,N,A*0A
$GPDZ,092238.00,13.09,2014.07,00*42
$GPRM,A,9.99,L,0000,0426,0820,500,5,11901.000,E,379.34,101.00,0,V,A*72
$GPGGA,092240.00,0711.809,S,11244.401,E,1,08,01.0,+0026,M,+018,M,*49
$GPRMC,092240.00,A,0711.809,S,11244.401,E,0.0,0.229,130914,0.0,W,A*31
$DDVHW,258.93,T,101.00,M,102.00,N,188.90,K*5B
$PRCDD,GP,7,130914,0922,A,A,A,A,12,0,05,2,,8,1,290.5,,091,*7D
$PRCDD,GP,9,A,A,,,,,*40
$GPRM,A,9.99,L,0000,0426,0820,500,5,11901.000,E,379.34,101.00,0,V,A*72
$GPGGA,092242.00,0711.809,S,11244.401,E,1,08,01.0,+0026,M,+018,M,*4B
$DDZDA,091946.000,0711.8074,S,11244.4055,E,2,12,0,6,33,5,M,17.4,M,,0000*6E
$DDGLL,0711.8074,S,11244.4055,E,091946.000,A,D*5F
$DDVTG,0.00,T,0.00,M,0.01,N,0.02,K*5A
$DDVHW,258.93,T,101.00,M,102.00,N,188.90,K*5B
$DDZDA,091946.000,13.09,2014,*4E
$DDGGA,091947.000,0711.8074,S,11244.4055,E,2,12,0,6,33,5,M,17.4,M,,0000*6F
$DDGLL,0711.8074,S,11244.4055,E,091947.000,A,D*5E
$DDVTG,0.00,T,0.00,M,0.02,N,0.04,K*5F
$DDVHW,258.93,T,101.00,M,102.00,N,188.90,K*5B
$DDZDA,091947.000,13.09,2014,*4F
$DDGGA,091948.000,0711.8074,S,11244.4054,E,2,12,0,6,33,5,M,17.4,M,,0000*61
    
```

Gambar 13. Proses auto switching dari GPS (kotak warna merah) ke gyro inersial (kotak warna biru) pada output modul NMEA splitter.

```

$DDVHW,258.93,T,101.00,M,102.00,N,188.90,K*5B
$DDZDA,092014.000,13.09,2014,*43
$DDGGA,092015.000,0711.8076,S,11244.4052,E,2,12,0,6,33,3,M,17.4,M,,0000*61
$DDGLL,0711.8076,S,11244.4052,E,092015.000,A,D*56
$DDVTG,0.00,T,0.00,M,0.02,N,0.04,K*5F
$DDVHW,258.93,T,101.00,M,102.00,N,188.90,K*5B
$DDZDA,092015.000,13.09,2014,*42
$DDGGA,092016.000,0711.8076,S,11244.4052,E,2,12,0,6,33,3,M,17.4,M,,0000*62
$GPGGA,110409.95,0003.86370,N,00001.03528,E,1,12,0,0,0,M,50.0,M,0.0*71
$GPVTG,0.00,T,0.00,M,0.00,N,0.00,K,A*13
$GPGGA,110410.95,0003.86370,N,00001.03528,E,1,12,0,0,0,M,50.0,M,0.0*79
$GPVTG,0.00,T,0.00,M,0.00,N,0.00,K,A*13
$GPGGA,110411.96,0003.86370,N,00001.03528,E,1,12,0,0,0,M,50.0,M,0.0*78
$GPRMC,110412.98,A,0003.86370,N,00001.03528,E,0000.0,000.0,301114,0.0,W,A*1
$GPVTG,0.00,T,0.00,M,0.00,N,0.00,K,A*13
$GPGGA,110412.98,0003.86370,N,00001.03528,E,1,12,0,0,0,M,50.0,M,0.0*76
$DDGLL,0003.86370,N,00001.03528,E,110413.99,A,A*68
$GPRMC,110413.99,A,0003.86370,N,00001.03528,E,0000.0,000.0,301114,0.0,W,A*1
    
```

Gambar 14. Proses auto switching dari gyro inersial (kotak warna merah) ke GPS (kotak warna biru) pada output modul NMEA splitter.

Dalam pengujian ini, secara umum NMEA splitter mampu bekerja dengan baik dengan penjelasan sebagai berikut :

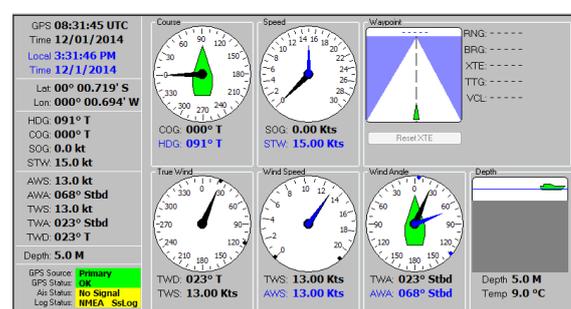
- 1) Pada saat NMEA splitter mendeteksi bahwa data output dari GPS pertama tidak valid berdasarkan checksum pada sentence tersebut, maka secara otomatis modul splitter akan menggunakan GPS kedua yang terdeteksi memiliki sentence yang masih valid.

- 2) Pada saat terdeteksi bahwa kedua GPS dalam kondisi ter-jamming, maka secara otomatis NMEA splitter akan menggunakan data input dari gyro inersial untuk ditransmisikan pada port output.
- 3) Apabila kedua GPS dalam kondisi normal (tidak ter-jamming) maka modul splitter akan menggunakan GPS pertama sesuai prioritas penggunaan GPS sebagai data output untuk perangkat navigasi dan sewaco dan GPS kedua serta gyro inersial akan berperan sebagai backup.

4.6 Analisa pada NMEA Splitter

Tahapan selanjutnya dalam pengujian dan analisa penelitian ini adalah dengan melaksanakan pengujian terhadap sentence output dari buffer, multiplexer dan output dari gyro inersial untuk melihat kompatibilitas data tersebut secara langsung pada perangkat yang digunakan di KRI. Untuk pengujian terhadap data output dari NMEA buffer dan multiplexer dilaksanakan dengan menggunakan software conning yang merupakan software yang digunakan untuk melihat seluruh data navigasi / OSD yang ada di KRI secara virtual menggunakan perangkat komputer.

Dalam pengujian ini digunakan dua port pada software tersebut, port pertama diintegrasikan dengan output dari buffer sedangkan port kedua diintegrasikan dengan port dari NMEA multiplexer.



Gambar 15. Display software conning secara keseluruhan dalam proses pengujian terhadap kompatibilitas sentence dari NMEA splitter, buffer dan multiplexer.

Dari pengujian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa dari modul NMEA buffer, NMEA splitter dan NMEA multiplexer serta data dari gyro inersial kompatibel dengan

perangkat navigasi dan *sewaco* yang ada di KRI, penggunaan modul-modul dalam perangkat DDU tersebut dari hasil pengujian dan analisa secara umum mampu digunakan dalam sistem integrasi di KRI untuk mendukung sistem integrasi sebagai pertahanan terhadap GPS *jamming*.

V. KESIMPULAN

1. Pembuatan *prototype Data Distribution Unit* dengan menggunakan modul NMEA *splitter*, NMEA *buffer* dan NMEA *multiplexer* dalam penelitian ini mampu digunakan sebagai *interface unit* untuk sistem pertahanan terhadap GPS *jamming*.
2. NMEA *splitter* yang dibangun dalam penelitian ini mampu mendeteksi *sentence* NMEA dari GPS apabila dalam kondisi *ter-jamming* dan secara otomatis mampu mendeteksi *sentence* NMEA dari gyro inersial untuk dilaksanakan proses *autoswitching*.
3. Gyro inersial mampu digunakan sebagai *backup* data PNT apabila GPS dalam kondisi *ter-jamming* karena memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan perangkat GPS dengan nilai 2DRMS sebesar 2,6 meter dan HDOP sebesar 0,695.
4. Dari analisa terhadap akurasi dan presisi terhadap data PNT, perangkat GPS dengan spesifikasi militer (GPS 3) memiliki nilai HDOP = 0,695 dengan *peak of error* horizontal sebesar 2,89 meter dan standar deviasi (*latitude/longitude*) sebesar 0,644 meter / 0,782 meter sedangkan gyro inersial memiliki nilai HDOP < 0,695 dengan *peak of error* horizontal sebesar 2,62 meter dan standar deviasi (*latitude/longitude*) sebesar 0,742 meter / 0,861 meter.

Ucapan Terima Kasih

Sebagian penelitian ini didukung oleh TNI Angkatan Laut khususnya Dinas Pendidikan TNI AL, Dinas Senjata dan Elektronika TNI AL, Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI AL dan Panglima Armada RI Kawasan Timur.

DAFTAR SINGKATAN

- | | | |
|-----|---------|---|
| 1. | PNT | Positioning Navigation and Timing |
| 2. | GPS | Global Positioning System |
| 3. | KRI | Kapal Perang Republik Indonesia |
| 4. | Sewaco | Sensor Weapon and Command |
| 5. | DDU | Data Distribution Unit |
| 6. | HDOP | Horizontal Dilution of Precision |
| 7. | EW | Electronic warfare |
| 8. | Navwar | Navigation Warfare |
| 9. | Pernika | Peperangan Elektronika |
| 10. | NATO | North Atlantic Threat Organization |
| 11. | ECM | Electronic Counter Measures |
| 12. | ECCM | Electronic Counter Counter Measures |
| 13. | OSD | Own Ship's Data |
| 14. | INS | Inertial Navigation System |
| 15. | NMEA | National Marine Electronics Association |
| 16. | EIA | Electronic Industry Association |
| 17. | RS | Recommended Standart |
| 18. | COG | Course Over Ground |
| 19. | SOG | Speed Over Ground |
| 23. | CMS | Combat Management System |
| 24. | IAS | Integrated Automatic System |
| 25. | SPS | Standart Positioning Service |
| 26. | IMU | Inertial Measurement Unit |
| 27. | DRMS | Distance Root Mean Square |

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alan Grant, Paul Williams, Nick Ward and Sally Basker, "*GPS Jamming and the Impact on Maritime Navigation*", 2011
- [2] Congressional Budget Office, "*Positioning System for Milirtary Users, Current Modernitation Plans and Alternatives*" Congress of United States, October, 2011.
- [3] Kevin Walchko, "*Low Cost Inertial Navigation : Learning to Integrate Noise and Find Your Way*", 2002
- [4] National Marine Electronics Association, "*NMEA 0183 - Standard For Interfacing*"

- Marine Electronic Devices*”, Version 3.01, January 1, 2002
- [5] Navstar, “*Global Positioning System, Standard Positioning Service Signal Specification*” Second Edition, Juni, 1995
- [6] Oliver J. Woodman, “*An introduction to inertial navigation*”, August, 2007
- [7] Professor David Last, Dr Alan Grant, and Dr Nick War, “*Demonstrating the effects of GPS jamming on marine navigation*” 3rd GNSS Vulnerabilities and Solutions Conference Baska, Croatia 5-8 September 2010
- [8] Research and Technology Organization, North Atlantic Treaty Organization, “*Jamming the Global Positioning System - A National Security Threat: Recent Events and Potential Cures*”, RTO Publications, 2010
- [9] Research and Technology Organization, North Atlantic Treaty Organization, “*Basic Guide to Advanced Navigation*”, RTO Publications, 2008
- [10] Richard B. Langley, “*Dilution of Precision*”, University of Brunswick, May, 1999
- [11] SAGEM, “*Inertial Navigation System*” Inertial Navigation System for Indonesia Warships Project., 2010
- [12] Scott M. Bezick, Alan J. Pue, and Charles M. Patzelt, “*Inertial Navigation for Guided Missile Systems*”, 2010
- [13] SHEPHARD, “*Electronic warfare handbook*”, Shephard Ltd., 2010.
- [14] SITEP, “*Navigation & Data Distribution Unit*”, Project for indonesia military vessel, SITEP., 2010
- [15] Sjoerd.Gelsema, Rene.Thuens, “*The Navigation Warfare Test Bed*”, NATO Communications and Information Agency, 2013
- [16] Skydec, “*GPS and jamming Technique*”, Equipment handbook for ECM – GPS - SYSTEM JDT-62-R GPS Jammer Project for TNI AL, 2011
- [17] United State Defense Science Board Task Force, “*The Future of the Global Positioning System*”, 2005
- [18] United State Joint chief of staff, “*Electronic Warfare*”, Joint Publication 3-13.1., 2012
- [19] United State Joint chief of staff, “*Joint Doctrine for Electronic Warfare*” Joint Publication 3-51., 7 April 2000
- [20] D. Last, 2010, “*Effect of Jammers on GPS in a Maritime Environment*,” briefing to the FACA on Space Based Position, Navigation and Time, October 2010

Biodata Penulis

Muhamad Bashori Alwi, S.T, Lahir di Pasuruan, 09 Agustus 1978. Merupakan lulusan Akademi Angkatan Laut tahun 2001, Menamatkan pendidikan S1 di Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut Jurusan Teknik Elektro tahun 2008. Pada saat ini penulis sedang menyelesaikan pendidikan S2 Jurusan Teknik Elektro di Institut Teknologi Bandung. Fokus penelitian penulis saat ini pada Peperangan Elektronika dan Peperangan Navigasi.

Dr. Tutun Juhana, Dosen Magister Teknik Elektro, STEI, Institut Teknologi Bandung. Fokus penelitian saat ini pada Jaringan Telekomunikasi.