

# Konsepsi Sistem Pemantauan *Traffic Separation Scheme* (TSS) di Selat Sunda Berbasis Satelit guna Menjamin Keselamatan dan Keamanan Pelayaran di Alki I

Rama Firmanto<sup>1</sup>, Hanjar Kristiyanto<sup>2</sup>, Muhammad Irfan Ilmi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Sekolah Staf dan Komando TNI AL

e-mail: [uroui.ramafirmanto@gmail.com](mailto:uroui.ramafirmanto@gmail.com)

## Abstrak

Kepadatan Selat Sunda yang merupakan bagian dari Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I yaitu berdasarkan data yang dikeluarkan menurut Pushidrosal tahun 2008 sebanyak 43.862 pelayaran kapal yang menyebrang serta kapal yang melintas sebanyak 10.082 pelayaran. Dengan kondisi tersebut, merupakan latar belakang dari penetapan Selat Sunda dan Selat Lombok sebagai TSS berlaku sesuai dengan konvensi PBB tentang Hukum Laut UNCLOS 1982 dalam publikasi COLREG.2/Circular. 74 pada tanggal 14 Juni 2019. Dengan adanya TSS pemberlakuan VTS sebagai layanan lalu lintas pemantauan dengan *Automatic Identification System* (AIS) dan Radio *Very High Frequency* (VHF) kurang lebih 30 Nm. Sedangkan masih ditemukan pelanggaran kapal yang melintas TSS, penyelundupan sabu-sabu, dan potensi pelanggaran hukuman ancaman keselamatan perairan di wilayah laut Selat Sunda yang masih tinggi. Untuk mengatasi tersebut, mengusulkan konsep SEV secara *realtime* yang telah dikembangkan oleh Italia untuk sistem pemantauan berbasis satelit yang terdapat sistem arsitektur *Decision Support Tools for Maritime Situational Awareness* (DS-MSA). Dengan mengimplementasikan konsep *Sattellite Satelite Extended Vessel* (SEV) tersebut digunakan di *Traffic Separation Scheme* (TSS) Selat Sunda untuk menjangkau area lebih jauh, akurat dan mengatasi permasalahan terhadap keselamatan dan keamanan di ALKI I. Adapun penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan menggunakan metode analisa SWOT dengan melaksanakan uji coba konsep pengembangan pada penelitian diajukan kepada *expert* LAPAN dan *Vessel Traffic System* (VTS) Merak sebagai *user* pemanfaatan dengan memperhatikan kondisi dan kemampuan di Indonesia dalam pengembangan satelit yang tersedia melalui wawancara dan kuisisioner. Dengan hasil penelitian bahwa, Konsep SEV tersebut belum relevan di Indonesia. Karena beberapa tantangan secara *realtime* yaitu belum tersedianya *Earth Orbit* (EO) yang mencukupi data, biaya yang mahal untuk infrastruktur jaringan yang kurang, perlunya kerjasama membangun *prototype* mekanisme integrasi data serta kendala teknis untuk tenaga pengolahan dan perawatan konsep tersebut. Penulis melaksanakan uji coba kedua dengan revisi sebagai solusi dari penerapan konsep SEV yang tidak bisa secara *realtime* dengan solusi akhir yaitu menggunakan satelit sendiri yang dikembangkan oleh LAPAN yaitu LAPAN A-2 dan LAPAN A-3 dengan menggunakan *based Satelite-AIS* dan citra satelit. Yang memiliki kecenderungan orbit rendah dan hampir melewati khatulistiwa memungkinkan di wilayah Indonesia 14 kali per hari dengan orbit kutub yang memberikan cakupan global.

**Kata kunci:** *Konsepsi, TSS, Satelit, konsep SEV, LAPAN, VTS.*

## Abstract

The density of the Sunda Strait which is part of the Indonesian Archipelago Sea channel (ALKI) I is based on data issued according to Pushidrosal in 2008 as many as 43,862 shipping ships crossing and ships passing as many as 10,082 shipping. Under these conditions, it is the background of the determination of the Sunda Strait and Lombok Strait as TSS in accordance with the UN Convention on the law of the Sea UNCLOS 1982 in the COLREG publication.2 / Circular. 74 on June 14, 2019. With the TSS, the implementation of VTS as a traffic monitoring service with Automatic Identification System (AIS) and Very High Frequency (VHF) Radio is approximately 30 Nm. Meanwhile, violations of ships passing through TSS, smuggling of methamphetamine, and potential violations of punishment are still high threats to the safety of waters in the Sunda Strait

Sea area. To overcome this, propose the concept of SEV in realtime that has been developed by Italy for a satellite - based monitoring system that contains architectural Decision Support Tools for Maritime Situational Awareness (DS-MSA). By implementing the concept of Sattellite Satellite Extended Vessel (SEV) is used in the Sunda Strait Traffic Separation Scheme (TSS) to reach the area further, accurately and overcome problems with safety and security in ALKI I. The research is a qualitative research using SWOT analysis method by testing the concept of development in the research submitted to the expert LAPAN and Vessel Traffic System (VTS) Merak as user utilization by taking into account the conditions and capabilities in Indonesia in the development of satellite available through interviews and questionnaires. With the results of the study, the concept of SEV is not yet relevant in Indonesia. Due to some real-time challenges, namely the unavailability of sufficient Earth Orbit (EO) data, expensive costs for less network infrastructure, the need for cooperation to build prototypes of data integration mechanisms and technical constraints for processing and maintenance personnel of the concept. The author conducted a second trial with revision as a solution of the application of the SEV concept that can not be in realtime with the final solution is to use its own satellite developed by LAPAN, namely LAPAN a-2 and LAPAN a-3 Using based Satellite-AIS and satellite imagery. Which has a low orbital inclination and almost passes the equator allows in the region of Indonesia 14 times per day with a polar orbit that provides global coverage.

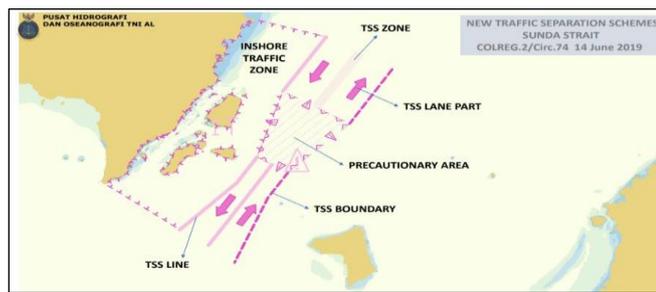
**Keywords :** *Conception, TSS, Satellite, Sev Concept, Eight, VTS.*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan (*archipelagic state*) terbesar di dunia, dengan total pulau sebanyak 17.491 dari Sabang sampai Merauke berdasarkan survey oleh Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Inventasi Indonesia (Kemenkormarves) mencatat hingga Desember 2019 jumlah pulau hasil validasi dan verifikasi Indonesia. Dengan kondisi tersebut, sebagian besar wilayah Indonesia merupakan lautan dengan letak posisi strategis di posisi silang dunia. Indonesia sendiri mempunyai selat yang digunakan untuk jalur pelayaran strategis perdagangan dunia yang dikenal dengan istilah *choke-point*. Dari delapan *choke point* di dunia, empat diantaranya berada di Indonesia antara lain: Selat Malaka, Selat Singapura, Selat Sunda, Selat Lombok, Selat Makasar, dan Selat Ombai Wetar.

Dalam Pasal 53 (10) *Law at the Sea Convention* (LOSC) tentang hukum laut menyatakan, "Negara kepulauan harus dengan jelas menunjukkan sumbu-sumbu alur laut dan skema pemisah lalu lintas yang ditentukan atau ditetapkannya pada peta-peta yang harus diumumkan sebagaimana semestinya". Selanjutnya Indonesia telah menetapkan tiga alur laut kepulauan, sebagaimana ALKI merupakan konsekuensi Indonesia sebagai negara kepulauan setelah pemerintah Indonesia meratifikasi Hukum Laut Internasional UNCLOS 1982 melalui Undang-Undang RI Nomor 17 Tahun 1985. Indonesia berhak menetapkan jalur pemisah lalu lintas laut/ bagan pemisah lalu lintas (*Traffic Separation Scheme/ TSS*) di alur laut kepulauan tersebut, khususnya di terusan atau selat sempit. Pertimbangan dalam penentuan tersebut dikarenakan selat yang sempit dan frekuensi lalu lintas tinggi. Sehingga potensi sekali terjadi kecelakaan laut akibat kapal yang melintas. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Pusat Hidrografi dan Oceanografi TNI AL (Pushidrosal) tahun 2008 bahwa kondisi pelayaran di Selat Sunda kepadatan kapal- kapal yang menyeberang sebanyak 43.862 pelayaran serta kapal yang melintas sebanyak 10.082 pelayaran.

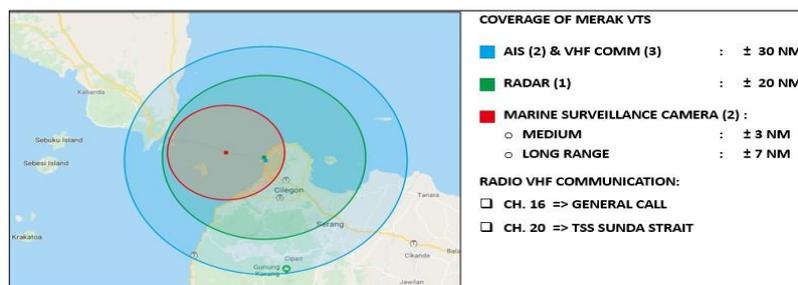
Kondisi kepadatan pelayaran di Selat Sunda yang merupakan bagian dari ALKI I yaitu alur kepulauan yang menghubungkan Laut China Selatan, Laut Natuna, Selat Karimata Laut Jawa, dan Selat Sunda. Hal tersebut memberikan dorongan bagi Indonesia untuk mengajukan proposal TSS di Selat Sunda dan Selat Lombok kepada *Internasional Maritime Organization* (IMO) dalam sidang *Maritime Safety Committee* (MSC) ke 101. Sehingga penetapan TSS di Selat Sunda dan Selat Lombok akhirnya berlaku sesuai dengan Konvensi PBB tentang Hukum Laut (UNCLOS 1982) yang telah diadopsi oleh IMO dalam publikasi COLREG.2/Circular.74 tanggal 14 Juni 2019.



**Gambar 1. Overview TSS di Selat Sunda**

Sumber: Pusat Hidrografi dan Oceanografi TNI AL (2020).

Dengan adanya TSS, pemerintah memberlakukan sarana dan prasarana dalam mendukung bagi kapal yang melintas. Pemberlakuan Vessel Traffic System (VTS) digunakan sebagai layanan lalu lintas kapal, Adapun dari jangkauan VTS yang terdiri dari Automatic Identification System (AIS) dan Radio VHF, Radar, serta Marine Surveillance camera menjangkau paling besar hingga mencapai kurang lebih 30 Nm sedangkan untuk menjamin keselamatan dan keamanan diperlukan sistem teknologi pemantauan dengan jangkauan luas di ALKI I.



**Gambar 2. Jangkauan area VTS**

Sumber : VTS (Vessel Traffic System) Merak (2020).

Berdasarkan data kontradiksi COLREG 1982 aturan 10 dari VTS Merak pada tahun 2020 terdapat pelanggaran pelayaran sebanyak 54 kapal tidak melaksanakan pelaporan dengan mematikan AIS, tidak merespon panggilan dari VTS serta tidak berlayar sesuai dengan ketentuan di TSS. Selain itu, pelanggaran terjadi di perairan Selat Sunda pada juli 2017 dengan penangkapan kapal Wanderlust penyelundupan sabu-sabu satu ton yang diselundupkan WN Taiwan di Pantai Anyer, perairan Selat Sunda Serang Banten dan kegiatan Praktik illegal kapal tanker MT Aisyah 08 yang menerima 700 ton limbah kimia dari kapal MT Global Pioner berbendera Panama. Hal ini menunjukkan bahwa potensi pelanggaran hukum dan ancaman, keamanan, keselamatan perairan di wilayah laut Selat Sunda masih sangat tinggi (Unhan 2020).

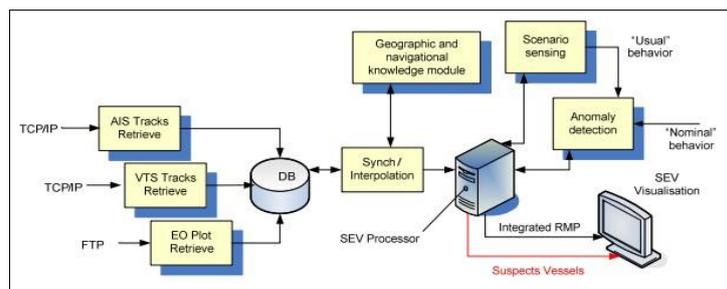
Untuk mengatasi kondisi tersebut dengan seiring dengan perkembangan ilmu teknologi monitoring pada bidang maritim dengan menggunakan satelit. Konsep Satellite Extended Vessel (SEV) yang telah dikembangkan di Italia menerapkan sistem teknologi data berbasis satelit secara realtime sehingga dapat memantau adanya kapal yang diduga melakukan pelanggaran maritim seperti illegal trading, illegal fishing, ship to ship yang tidak pada tempatnya serta pembuangan limbah. Dengan data yang diperoleh dari satelit tersebut, didapatkan komplikasi gambar terhadap kapal yang diduga melakukan pelanggaran terhadap pelayaran secara jelas. Dari penjelasan dan latar penjelasan diatas, penulis tertarik mengadakan penelitian dan menulis sebuah skripsi yang berjudul "Konsepsi Sistem Pemantauan TSS (Traffic Separation Scheme) di Selat Sunda Berbasis Satelit guna Menjamin Keselamatan dan Keamanan Pelayaran di ALKI I"

## METODE

Pengembangan konsep yang dibuat penulis mengenai pemantauan kapal yang melintasi TSS Selat Sunda dimana alur pelayaran tersebut berpotensi terdapat kecelakaan dan kepadatan lalu lintas kapal yang melintas sepanjang ALKI I.

Dari alur tersebut memantau kapal melintas sesuai dengan alur masuk TSS dengan mendapatkan data dari pelaporan. Dari pengembangan teknologi sistem VTS yang diterapkan menggunakan perangkat teknologi yang sesuai dengan standarisasi peralatan VTS sesuai dengan Kementerian Perhubungan.

Dalam penelitian ini penulis mencoba menggunakan menggunakan konsep pemantauan SEV yang menghasilkan keputusan data secara *realtime* dalam mendukung sistem pengawasan lalu lintas maritim. Dengan konsep pengembangan sesuatu yang sudah ada dalam rangka kualitas lebih maju. Konsep ini merupakan dari Italia untuk solusi teknologi dalam DS-MSA (*Decision Support tools for Maritime Situational Awareness*) dengan membentuk RMP (*Recognized Maritim Picture*) dan tingkat inferensi yang lebih tinggi dalam pengumpulan intelijen dalam penilaian situasi dan ancaman maritim. Perlunya informasi berbasis satelit SEV dalam kegiatan pengawasan maritim di wilayah geografis dengan mengembangkan teknologi dan produk yang memberikan solusi terhadap situasi maritime untuk pengawasan laut terbuka. Dalam hal ini pelaporan jarak jauh yang menggunakan AIS, VMS, LRIT, Satelit-AIS dihubungkan dan data secara optimal untuk membuat RMP untuk pemrosesan untuk komplikasi gambar lalu lintas termasuk data berbasis satelit.



**Gambar 3. DS-MSA architecture konsep SEV**

Sumber : Michele Vespe, Giula Battistello, Massimo Sciotti (2015).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tahap Uji Coba Konsep Pengembangan dilakukan pengujian terhadap konsep SEV untuk pengembangan sistem pemantauan berbasis satelit secara *realtime*. Dalam Konsep yang digunakan penulis yaitu sistem pemantauan dengan menggunakan konsep SEV. Konsep tersebut sudah yang dikembangkan dalam EOMD yang didanai (ESA) *Framework Earth Observation Market Development*, dan didemonstrasikan sebagai aktivitas (GMES) Global Monitoring untuk Lingkungan dan Keamanan, dengan memberikan nilai tambah yang disediakan oleh Satelit EO (*Earth Orbit*) di bidang keamanan maritim yang berfokus pada penggunaan SAR *Synthetic Apature Radar* yang berbasis ruang dan EO. Sistem ini dikembangkan di Italia, yang dalam desain tersebut sistem dibantu oleh penjaga pantai Italia yang menyediakan AIS dan VTS data dalam durasi pengerjaan proyek desain sistem konsep tersebut.

Adapun desain sistem teknologi pada konsep SEV yaitu (DS-MSA) *Decision Support Real-Time in Maritime Traffic Surveillance System architecture* merupakan design sistem pemantauan yang diajukan. Sehingga pada penelitian ini, penulis melaksanakan uji coba terhadap evaluasi kekurangan dari kondisi sistem pemantauan saat ini untuk dapat diterapkan di Indonesia terutama terfokus pada sistem pemantauan di TSS Selat Sunda. Semua informasi dan referensi konsep SEV tersebut kami ambil dari jurnal luar yang mendukung dalam penelitian. Untuk dapat pengimplementasian dari konsep SEV tersebut, dalam pengerjaannya penulis melaksanakan pengajuan dengan uji coba sistem melalui pendapat narasumber *expert* dalam bidang satelit

penginderaan jauh LAPAN dan VTS Merak melalui teknik wawancara dan kuisioner. Adapun narasumber yang akan dilaksanakan uji coba I pada konsep SEV antara lain :

- 1) **Narasumber 1** : Gathot Winarso, S.T, MSc. Sebagai Peneliti Ahli Madya IV-a di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN.
- 2) **Narasumber 2** : Fadila Muchsin, S.T., M.Si. sebagai peneliti Pusteksatdata Inderaja LAPAN.
- 3) **Narasumber 3** : Dr.-Ing. Wahyu Hasbi sebagai peneliti Madya Pusat Teknologi Satelit LAPAN. Narasumber ini mempunyai relevansi dalam penelitian yang diajukan pada didertasinya S3 di Jerman tahun 2019 yang membahas satelit yang dikembangkan sendiri oleh LAPAN selain itu yang menjadi solusi konsep SEV yang diterapkan di Indonesia.
- 4) **Narasumber 4** : Muhammad Darsoni, S.Kom menjabat sebagai Kepala VTS Merak, Tanjung Priok sebagai narasumber stakeholder yang menjadi user pada konsep SEV.

Dari data tersebut akan dianalisa apabila terdapat masukan untuk perbaikan rancangan maka disusun disusun uji coba 2. Bila tidak ada, maka uji coba terhadap narasumber *expert* selesai. Apabila terdapat revisi dari konsep SEV tersebut untuk diajukan kembali untuk memberikan solusi dari tujuan penulis. Adapun tujuan penelitian yaitu untuk keselamatan dan keamanan di ALKI I dengan mempertimbangkan kondisi sistem pemantauan dan *stakeholder* yang mendukung saat ini penerapannya di Indonesia. Gambar dibawah ini adalah sistem dari pada konsep SEV yang akan diajukan.

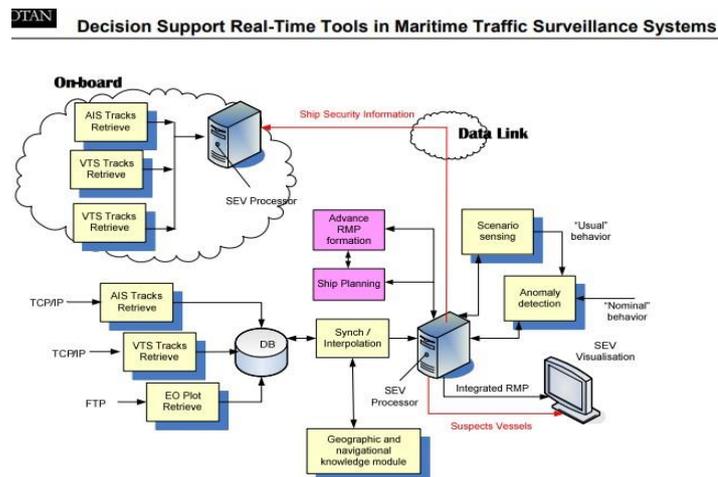


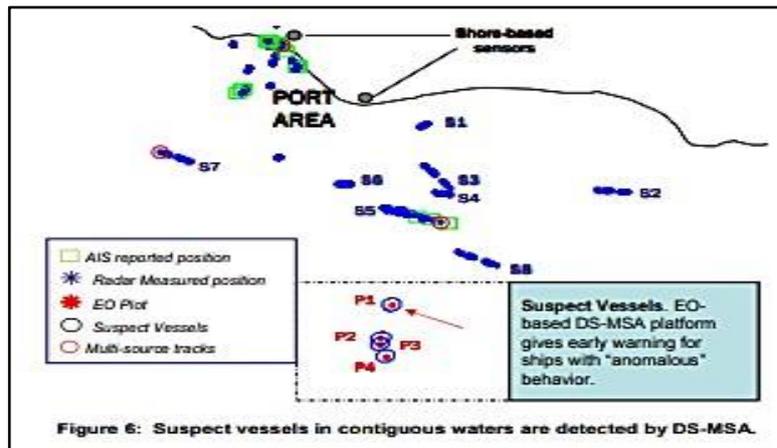
Figure 8: DS-MSA high level architecture for MEH monitoring.

#### Gambar 4. DS-MSA arsitektur konsep SEV

Sumber : Michele Vespe, Giulia Battistello, Massimo Sciotti (2015).

Dari penjelasan konsep SEV pada sistem arsitektur dari DS-MSA terdiri dari rangkaian sistem sebagai berikut yaitu :

- 1) *Eksternal interface* ( *track* yang diambil dari AIS, VTS dan diambil dari *track* EO) Informasi satelit memainkan peran mendalam dalam menghasilkan data optis kapal.
- 2) Data Base sebagai penyimpanan data AIS, VTS dan EO yang akan di-interpolasi.
- 3) SEV Prosesor didukung oleh beberapa modul/ aplikasi pengolahan data secara algoritmia yaitu berupa *Geographic and navigational knowledge modul*, *Scenario sensing*, dan *Anomali Detection*.
- 4) Hasil berupa visualisasi RMP, yang menunjukkan dari hasil kapal yang dicurigai dapat terpantau.



**Gambar 5. “Suspected Vessel” di perbatasan yang terdeteksi oleh DS-MSA**  
 Sumber : Michele Vespe, Giula Battistello, Massimo Sciotti (2015).

Pada konsep SEV ini didasarkan pada integrasi sistem shorebased in-situ (Radar, AIS) dan data EO yang mengarah ke RMP hasil dari SEV yang hampir secara realtime untuk perairan pantai sebagai aplikasi pengawasan maritim yang diimplementasikan sebagai sistem pemantauan yang berdiri sendiri. Dalam aplikasi keamanan maritim, SEV sebagai konsep pemrosesan untuk untuk kompilasi gambar lalu lintas realtime termasuk data berbasis satelit yang menggunakan aplikasi SAR.

Pada konsep SEV ini didasarkan pada integrasi sistem shorebased in-situ (Radar, AIS) dan data EO yang mengarah ke RMP hasil dari SEV yang hampir secara realtime untuk perairan pantai sebagai aplikasi pengawasan maritim yang diimplementasikan sebagai sistem pemantauan yang berdiri sendiri. Dalam aplikasi keamanan maritim, SEV sebagai konsep pemrosesan untuk untuk kompilasi gambar lalu lintas realtime termasuk data berbasis satelit yang menggunakan aplikasi SAR.

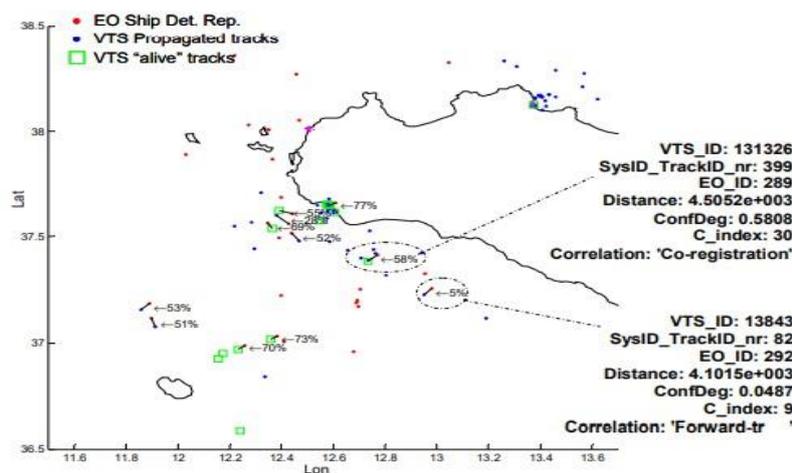


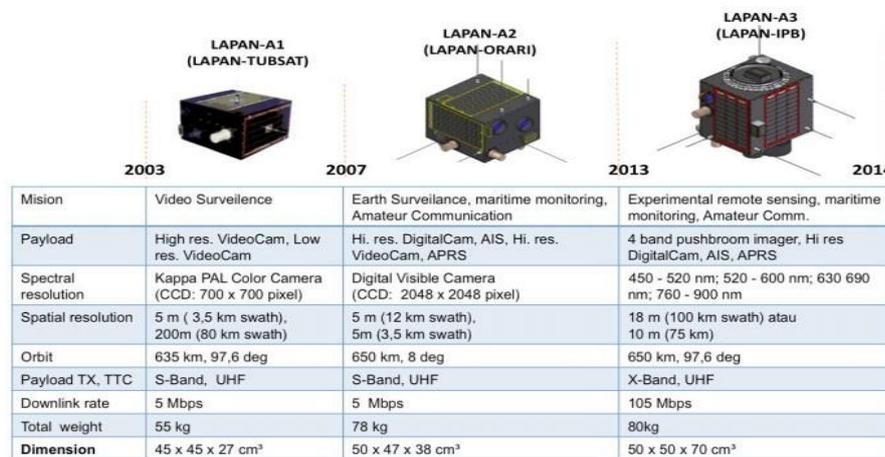
Figure 5 –VTS-EO data association results.

**Gambar 5. Integrasi data hasil dari SEV**  
 Sumber : Michele Vespe, Giula Battistello, Massimo Sciotti (2015).

Adanya integrasi hasil RMP dari aplikasi SEV konsep pada data AIS/VTS data dan data berbasis satelit yang merupakan hasil dari perbesaran dari monitoring selama eksperimen pada

penelitian konsep SEV di Italia. Hal yang terpenting dari konsep SEV ini adalah pada EO atau penggunaan data citra satelit sebagai penyedia data *optic* yang menghasilkan hasil pemantauan kapal. Data citra satelit disesuaikan dengan lembaga pengembangan dan kemampuan satelit di Indonesia bagaimana satelit yang dalam mendukung dan menerapkan pemantauan secara *realtime*.

Berdasarkan hasil analisa, maka konsep SEV belum relevan karena pemantauan secara realtime di Indonesia mempunyai keterbatasan oleh faktor SDM, pengolahan dan jumlah LEO masih terbatas belum mencapai kriteria realtime. Dengan hasil akhir rancangan bahwa konsep SEV direvisi bedasarkan masukan narasumber expert dalam bidang satelit dan mempunyai relevansi dengan penelitian expert di Berlin, Jerman pada tahun 2020 mengenai “Maritime Surveillance With Small Satellites” yaitu satelit sendiri yang dikembangkan di Indonesia oleh LAPAN yaitu LAPAN A-2 dan LAPAN A-3 menjadi solusi dari konsep dan tujuan penulis. Kemudian pemanfaatan data satelit atau user oleh VTS Merak sebagai perangkat tambahan untuk mendukung pelayanan di TSS Selat Sunda dengan data satelit untuk pemantauan kapal yang melintas. Adapun konsep SEV yang merupakan solusi hasil akhir dari uji coba dalam penelitian kami adalah sebagai berikut :

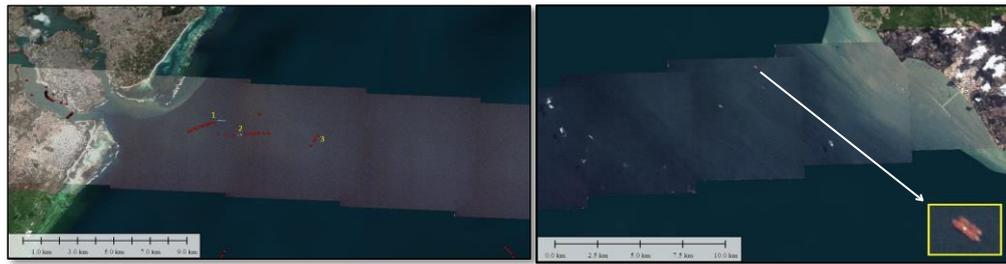


**Gambar 6. Spesifikasi satelit pengembangan oleh LAPAN.**

Sumber : Agustan, Djoko Nugroho, Fauziah ,dkk. (2014).

Pengembangan satelit sendiri oleh LAPAN dibidang penginderaan jauh sudah dilaksanakan sejak tahun 2000. Pengkajian dan pengembangan tersebut khususnya oleh Pusteksat (Pusat Teknologi Satelit) bertanggung jawab dalam perancangan, produksi, pengujian, peluncuran sampai penerimaan data satelit. Indonesia mengembangkan satelit LAPAN A-2 dan LAPAN A-3 yang membawa sebuah AIS penerima dan optic kamera dilibatkan dalam pengawasan maritim yang merupakan sebuah sistem yang mampu menyediakan informasi kapal dengan memanfaatkan komunikasi VHF secara otomatis.

LAPAN-A2 adalah mikrosatelit yang dikembangkan setelah satelit LAPAN-A1/LAPAN-TUBSAT. Pengoperasian satelit ini pada orbit kemiringan rendah karena wilayah Indonesia tersebar garis khatulistiwa. Satelit tersebut dapat melewati Indonesia sebanyak orbit SSO melewati kutub Utara/ Selatan sebanyak 14 kali dalam 24 jam pada orbit 600 km. Dan muatan LAPAN A-2 ini dirancang untuk membawa kamera ruang resolusi tinggi, AIS, Sistem Radio Paket Otomatis (APRS) dan *Voice Repeater* untuk komunikasi amatir. Keunggulan revisit LAPAN A-2 dapat merekam dan mendeteksi semua sinyal AIS dalam waktu 90 menit di wilayah ekuator sehingga kemungkinan data kapal secara terus menerus dapat digunakan untuk menganalisa beberapa perilaku kapal. Untuk mencapai hasil tersebut, AIS yang dibawa ke luar angkasa dilengkapi perekam *solid state* 4 Gbit, muatan ini sangat berguna untuk memantau kapal utama Indonesia atau kapal lain di seluruh dunia, karena Indonesia secara global merupakan negara kepulauan terbesar.



**Gambar 7. Identifikasi AIS yang dihasilkan gambar LAPAN A-2**  
Sumber : Wahyu Hasbi (2020).

LAPAN A-3 Satelit atau dikenal LAPAN IPB karena kerjasama dengan IPB (Institut Pertanian Bogor) satelit ini juga membawa penerima AIS untuk memantau lalu lintas maritim global, magnetometer ilmiah untuk pengamatan Medan Magnet Bumi, dan sensor bintang yang dibuat oleh LAPAN untuk kualifikasi luar angkasa. LAPANA-3 juga membawa receiver AIS untuk memantau lalu lintas kapal di wilayah kutub. LAPAN A-2 dan LAPAN A-3 memiliki orbit yang berbeda, berdasarkan karakteristik orbit masing-masing satelit radius area cakupan satelit LAPAN A-2 adalah 2750 km sedangkan LAPAN A-3 adalah 2483 km. Ketinggian yang berbeda dari setiap satelit juga berdampak pada jumlah pesan yang berbeda yang diterima oleh satelit. Selama operasi satelit itu, data AIS dari kedua satelit ini digabungkan karena memiliki AIS secara keseluruhan di dunia. Kecenderungan orbit rendah dan hampir khatulistiwa memungkinkan satelit melewati wilayah Indonesia 14 kali per hari, sementara orbit kutub memberikan cakupan global.



**Gambar 4.6 Orbit LAPAN A-2 dan LAPAN A-3.**  
Sumber : Wahyu Hasbi (2020).

Untuk pengembangan satelit LAPAN selanjutnya LAPAN A-4 sedang dalam pengembangan akan kemungkinan diluncurkan pada akhir tahun 2021 yang memiliki penyempurnaan untuk peningkatan kualitas kamera. Bagi Indonesia, penggunaan sistem pengawasan maritim berbasis satelit merupakan salah satu solusi terbaik dengan memposisikan penerima AIS di satelit dengan cakupannya lebih luas. Dengan kesimpulan penulisan kami, LAPAN A-2 dan LAPAN A-3 merupakan solusi dari penelitian untuk sistem pemantauan TSS di Selat Sunda dengan cakupan pemantauan lebih luas untuk menjamin keselamatan dan keamanan hingga ALKI I.

## **SIMPULAN**

Penelitian ini mengevaluasi sistem pemantauan kapal di TSS Selat Sunda dan menemukan masih adanya pelanggaran pelayaran. Penulis mengusulkan konsep SEV berbasis satelit sebagai solusi, namun dinilai belum relevan diterapkan secara real-time karena keterbatasan teknologi dan infrastruktur di Indonesia. Meski demikian, konsep ini dinilai potensial jika didukung satelit seperti LAPAN-A2 dan LAPAN-A3 yang mampu memperluas cakupan pengawasan maritim. Untuk implementasi optimal, dibutuhkan dukungan dari berbagai pemangku kepentingan, baik dalam bentuk pendanaan, penguatan SDM, maupun pengembangan teknologi penginderaan jauh nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustan, Djoko Nugroho, Fauziah, dkk. (2014). *Sistem Satelit Penginderaan Jauh Nasional Indonesia*. Jakarta : BBPT Press.
- Buntoro, K. (2017). *Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI)*. Depok: PT Raja Grafindo Persada.
- Bambang Siswoyo, (2015). *Pemanfaatan Vessel Traffic Service (VTS) di Pelabuhan Utama Belawan*. Jakarta: Puslitbang Perhubungan Laut, Badan Litbang Perhubungan.
- Elvis, M.Faisal, I Wayan Warka (2017). *Implementasi Pengamanan Selat Sunda dalam Rangka Pengendalian Alur Laut Kepulauan Indonesia I*. Bogor : Universitas Pertahanan.
- Michelle Vespe, Guiila Battistello, Massimo Sciotti (2018). *Dession Support Real- Time Tools in Maritime Traffic Surveillance Systems*. Italia : Largo Carlo Salinari.
- Mei Amelia. (2017). Ini Penampakan Kapal Wanderlust Pengangkut 1 Ton Sabu. dalam <https://news.detik.com/berita/d-3562168/ini-penampakan-kapal-wanderlust-pengangkut-1-ton-sabu>, diakses pada 5 Januari 2021.
- M. Zaim. (2014). *Metode Penelitian Bahasa : Pendekatan Struktural*. Padang : FBS UNP Press Padang Kampus UNP Air Tawar.
- Laksa TNI Dr. Ir Harjo Susmoro, S.sos., S.H., M.H (2020). *Peran Pushidrosal dalam Proses Penetapan Traffic Separation Schemes (TSS) Selat Sunda dan Selat Lombok*. Jakarta: Pushidrosal.
- Ladjamudin. (2013). *Analisa dan Desain Sistem Informasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rosa, Salahudin. (2015). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika.
- Sagala. (2010). *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung : Alfabeta.
- Santaya, Sugiyono, Sukamadinata. (2009). *Penelitian Pengembangan (Research development) Model PLOPM*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- Seeber. (1983). *Geodesi Satelit*. Bandung : Institut Teknologi Bandung. Sudaryanto, (1998). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Sutanto. (1992). *Penginderaan Jauh Dasar I*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Suyitno (2018). *Metode penelitian kualitatif: Konsep, Prinsip, dan Operasionalnya*. Malang: Akademia Pustaka.
- COLREG (*Internasional Regulations for Preventing Collision at Sea*) 1982. Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM. 129 Tahun 2020.
- Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor KP. 287/DJPL/2020. UNCLOS Konvensi Hukum laut. tahun 1982.
- UU Nomor 32 Tahun 2014 Bab 2 Pasal 2 tentang Kelautan.
- Peraturan Menteri Nomor 26 Tahun 2011 tentang Telekomunikasi Pelayaran.
- Safety of Life at Sea (SOLAS)* tahun 1974.