

Studi Geomatika untuk Rekomendasi Jalur Kabel Laut di Selat Bali

Torana Arya Gasica, Khomsin, dan Yuwono

Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: khomsin@geodesy.its.ac.id

Abstrak—Sepertiga kebutuhan listrik di Pulau Bali berasal dari transmisi dari Pulau Jawa yang disalurkan melalui kabel bawah laut atau jaringan interkoneksi. Listrik Pulau Bali hidup dari transmisi dari Pulau Jawa karena lebih hemat jika dialirkan lewat kabel bawah laut dibandingkan dari pembangkit listrik. Perencanaan jalur kabel laut harus didukung dengan adanya survei hidrografi yang termasuk dalam keilmuan Geomatika. Studi ini mempelajari aspek geomatika melalui karakteristik fisik lautan dan fitur dasar laut untuk memberikan rekomendasi perencanaan jalur kabel laut di Selat Bali. Parameter yang digunakan adalah peta klasifikasi lereng bawah laut, peta klasifikasi sedimen dasar laut, peta arus, peta jarak terdekat, dan peta batimetri. Penelitian ini menggunakan pendekatan SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk menghasilkan area perencanaan rute kabel. Berdasarkan penelitian ini, peta rekomendasi untuk area perencanaan jalur kabel bawah laut divisualisasikan ke dalam tiga kategori: aman dan direkomendasikan, resiko sedang, dan resiko tinggi. Zona aman dan direkomendasikan memiliki total luas 1496920,86 m². Zona resiko sedang memiliki total luas 10581508,84 m², sedangkan area dengan total luas 1728576,47 m² masuk ke dalam zona resiko tinggi.

Kata Kunci—Aspek Geomatika, Fitur Dasar Laut, Kabel Laut, SIG.

I. PENDAHULUAN

PASOKAN listrik di pulau Bali selama ini sangat mengandalkan transmisi dari pulau Jawa untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh wilayah Bali. Cara ini ditempuh untuk menghemat biaya operasional pembangkit listrik. Sepertiga kebutuhan listrik di Bali berasal dari transmisi dari Jawa yang disalurkan melalui kabel bawah laut atau jaringan interkoneksi. Bali hidup dari transmisi dari Jawa karena lebih hemat jika dialirkan lewat kabel bawah laut dibandingkan dari pembangkit listrik. Pembangkit listrik di Bali yang ada saat ini masih menyedot bahan bakar minyak (BBM), sedangkan pembangkit listrik di Jawa telah mengonsumsi batu bara, sehingga harga menjadi jauh lebih murah.

Keilmuan Geomatika memiliki banyak aspek, salah satunya adalah hidrografi. Dalam perkembangannya, survei hidrografi banyak dilakukan untuk pekerjaan lepas pantai yang salah satunya untuk perencanaan jalur kabel laut. Dalam pemasangan kabel listrik di bawah laut ini diperlukan studi awal yang harus didukung oleh penerapan ilmu dan teknologi kelautan. Salah satunya adalah dengan pemetaan topografi bawah laut. Untuk menggelar kabel laut membutuhkan biaya yang tidak sedikit, demikian pula dengan perbaikan apabila terjadi putus di tengah laut. Perbaikan kabel laut dapat menghabiskan jutaan *dollar* dan menyebabkan gangguan listrik [1].

Penggunaan kabel laut merupakan salah satu upaya yang



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Peta RBI, 1999).

dilakukan untuk penyediaan kebutuhan manusia akan energi dan komunikasi khususnya bagi negara-negara kepulauan seperti Indonesia. Berdasarkan penggunaannya, sistem kabel bawah laut menjadi penting karena tidak tersedia jembatan penghubung antar pulau disamping jika kabel dilewatkan melalui pelampung-pelampung akan mengganggu lalu lintas perairan antar pulau [2].

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang perencanaan jalur kabel laut berdasarkan aspek-aspek Geomatika. Penelitian ini dapat memberikan rekomendasi lokasi jalur kabel laut di Selat Bali.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Perairan Selat Bali pada koordinat 8°10'59.34" LS dan 114°23'21.48" BT sampai dengan 8°11'58.93" LS dan 114°26'25.41" BT. Lokasi tersebut berbatasan dengan Provinsi Jawa Timur di sebelah barat dan Provinsi Bali di sebelah timur dan dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Data dan Peralatan

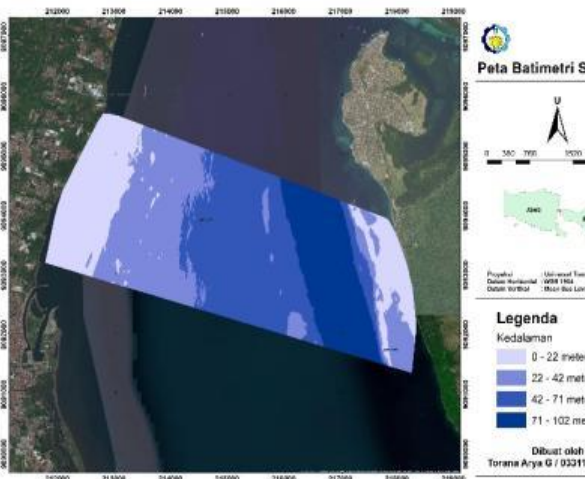
1) Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

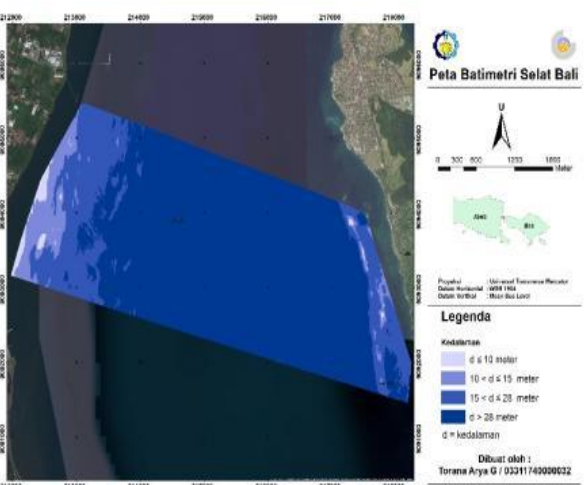
- a. Data Batimetri tahun 2020
- b. Data *Side Scan Sonar* tahun 2020
- c. Data Arus AVISO tahun 2019
- d. Peta Rupa Bumi Indonesia tahun 2000

2) Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Data batimetri awal.



Gambar 3. Peta Batimetri (Kedalaman).

- a. Global Mapper
- b. SonarTRX
- c. ArcMap 10.5

C. Tahap Pengolahan Data

Data Batimetri didapatkan dari hasil pengolahan *sounding* dengan *Multibeam Echosounder (MBES)* dari PT. Pageo Utama. Data tersebut memiliki koordinat pada lajur pemeruman yang kemudian di *plot* untuk diolah menjadi kontur sehingga menghasilkan topografi dasar laut (kedalaman dan kemiringan) dengan kelas-kelas tertentu.


Data *side scan sonar* dari PT. Pageo Utama dikoreksi *altitude* untuk menghilangkan *water column* dengan cara melakukan digitasi pada batas *water column* dan citra. Selanjutnya citra dikoreksi *Slant Range* untuk memperhalus tampilan data. Untuk memperbaiki intensitas cahaya mulai dari *shadow* tergelap hingga data tercerah maka dilakukan *smoothing* data pada tahap *Time Varying Gain*. Hasilnya berupa jenis sedimen yang diklasifikasikan menjadi empat kelas, yaitu batuan dan karang, pasir, lumpur berpasir, serta lumpur.

Data arus yang didapatkan dari satelit altimetri AVISO diubah menjadi peta arus. Dari Peta RBI skala 1:25.000, didapatkan garis pantai Pulau Jawa dan Pulau Bali pada studi area untuk kemudian didapatkan jarak terpendek antar garis pantai. Informasi jarak terpendek digunakan untuk

Tabel 1.
Permenhub Nomor PM 129 Tahun 2016

Kedalaman	Instalasi
0 – 10 m	dipendam 2 (dua) meter di bawah permukaan dasar perairan
10 – 15 m	dipendam 1 (satu) meter di bawah permukaan dasar perairan
15 – 28 m	dipendam 0,5 (nol koma lima) meter di bawah permukaan dasar perairan
> 28 m	digelar di atas permukaan dasar perairan

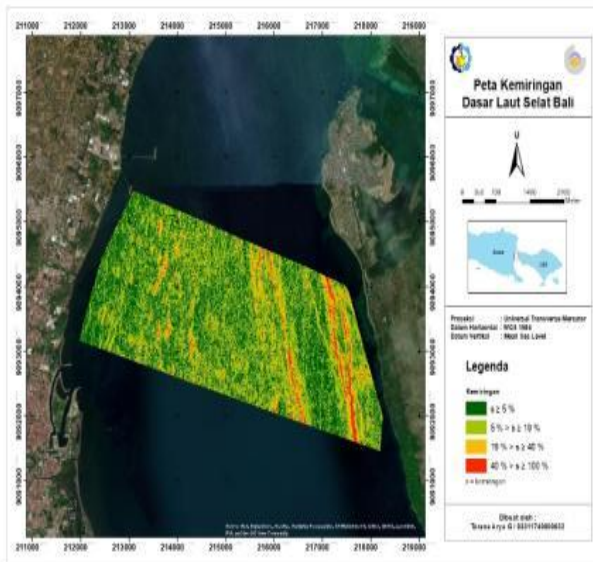
Tabel 2.
Jenis Sedimentasi 2

Contoh Gambar Jenis Sedimentasi	Analisis
	Fitur karang atau batuan keras dapat diinterpretasikan dengan bentuk bongkahan dengan <i>hue saturation</i> yang terang, terdapat <i>shadow</i> dan pola tertentu.
	Fitur Pasir dapat diinterpretasikan dengan butiran kecil, <i>hue saturation</i> yang terang, dengan pola dan tekstur halus tanpa adanya <i>shadow</i> .
	Fitur Lumpur berpasir dapat diinterpretasikan dengan butiran kecil, <i>hue saturation</i> sedang, dengan pola dan tekstur halus tanpa adanya <i>shadow</i> .
	Fitur lumpur dapat diinterpretasikan dengan bentuk butiran kecil, <i>hue saturation</i> yang gelap, pola dan tekstur halus tanpa adanya <i>shadow</i> .

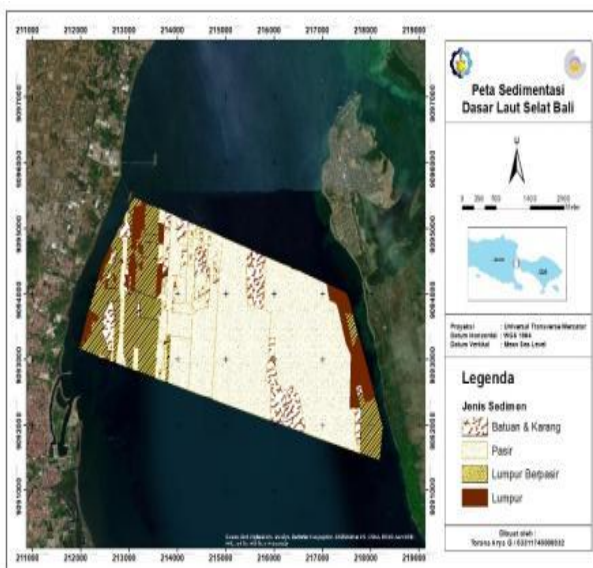
membentuk kelas-kelas jarak menggunakan *buffering*.

Dari pengolahan di atas didapatkan lima parameter yaitu peta batimetri (kedalaman), peta kemiringan, peta sedimen dasar laut, peta arus, dan peta jarak. Analisis dilakukan pada tiap parameter. Analisis topografi dasar laut untuk melihat kemiringan dasar laut dan kedalaman dari area penelitian. Analisis citra dasar laut untuk identifikasi jenis-jenis sedimen pada area penelitian. Analisis profil arus untuk melihat kecepatan arus. Analisis jarak dari garis pantai untuk mencari jarak terdekat antar dua pulau.

Kelima parameter tersebut kemudian diberikan skor pada tiap sub-parameter. Setelah itu, parameter-parameter tersebut di-*overlay* untuk mendapatkan peta rekomendasi area perencanaan jalur kabel laut.



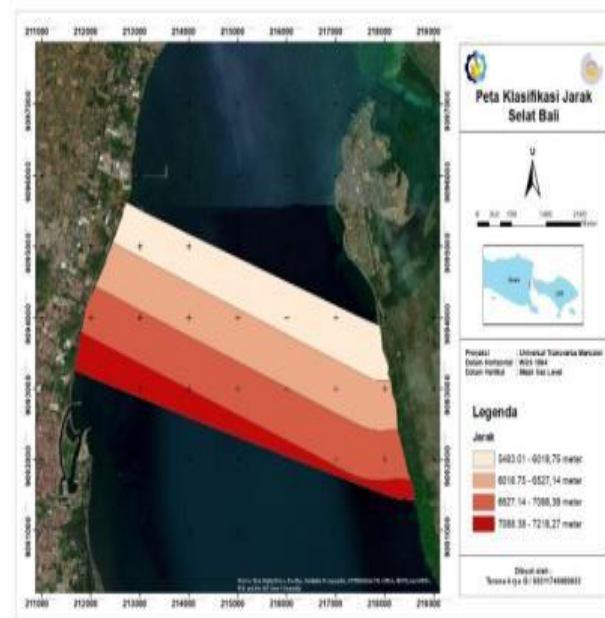
Gambar 4. Peta Kemiringan Dasar Laut.



Gambar 5. Peta Sedimentasi Dasar Laut.

Tabel 3.
Skor untuk tiap sub-parameter dengan modifikasi).

Parameter	Sub-parameter	Skor
Batimetri (Kedalaman)	0 – 10 m	1
	10 – 15 m	2
	15 – 28 m	4
	> 28 m	6
Kemiringan dasar laut	$s \leq 5\%$	1
	$5\% < s \leq 19\%$	2
	$19\% < s \leq 40\%$	4
	$40\% < s \leq 100\%$	6
Sedimen dasar laut	Batuan dan Karang	1
	Pasir	2
	Lumpur berpasir	4
	Lumpur	6
Arus	0,029 – 0,056	1
	0,056 – 0,083	2
Jarak	5483,01 – 6018,75 m	1
	6018,75 – 6527,14 m	2
	6527,14 – 7088,38 m	4
	7088,38 – 7218,27 m	6



Gambar 6. Peta Klasifikasi Jarak Selat Bali.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Batimetri

Data batimetri awal, sebelum diklasifikasi, ditunjukkan pada Gambar 2. Analisa pertama untuk data batimetri awal tersebut berupa kedalaman. Data batimetri pada wilayah penelitian menunjukkan bahwa studi area memiliki kedalaman 0 (nol) meter sampai 102 (seratus dua) meter dari muka air laut rata-rata. Klasifikasi batimetri (kedalaman) didasarkan pada Permenhub Nomor PM 129 Tahun 2016 pada Tabel 1 [3] dan ditunjukkan pada Gambar 3. Analisa kedua berupa kemiringan dasar laut. Gambar 4 menunjukkan nilai kemiringan berada pada rentang 0% sampai 100% yang diklasifikasikan menjadi 4 kelas [4]. Nilai ini menunjukkan bahwa topografi pada wilayah penelitian beragam dari datar hingga sangat curam.

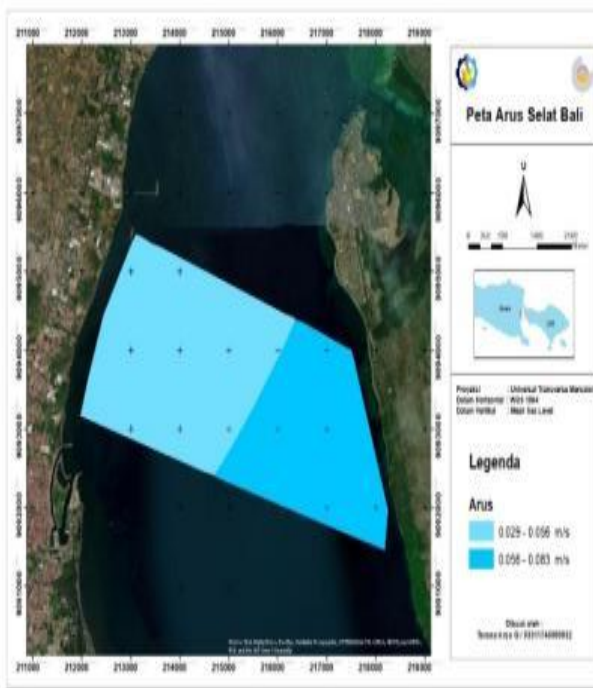
Perencanaan jalur kabel laut disarankan pada wilayah dengan kedalaman yang dangkal serta kategori kemiringan datar dan agak landai. Tidak disarankan untuk melakukan perencanaan jalur kabel laut pada wilayah dengan perbedaan

kemiringan yang besar karena dikhawatirkan dapat terjadi longsor sehingga dapat memutuskan kabel laut setelah dilakukan pemasangan.

B. Side Scan Sonar

Wilayah kajian *side scan sonar* berada pada perairan Selat Bali. Data didapatkan dengan format data *XTF* sehingga dapat diproses citra bawah laut. Jumlah *file* yang diekstrak berjumlah 167 data. Pemrosesan data citra *side scan sonar* melalui tahap koreksi geometrik dengan *Altitude Correction* dan *Slant Range Correction* serta melalui koreksi radiometrik, yaitu *Time Varying Gain*. Untuk penerapan *Altitude Correction*, dilakukan digitasi terhadap *first echo return* atau hambur balik dari kedalaman laut di mana gelombang akustik pertama kali menyentuh permukaan dasar perairan. Kemudian dilakukan *Slant Range Correction* yang bertujuan untuk menghilangkan bagian *blind zone* pada nadir dari citra *side scan sonar* di setiap baris jalur survei.

Piksel nadir pada dasarnya menyatakan ketinggian transduser alat ke dasar laut. Setelah selesai dilakukan koreksi

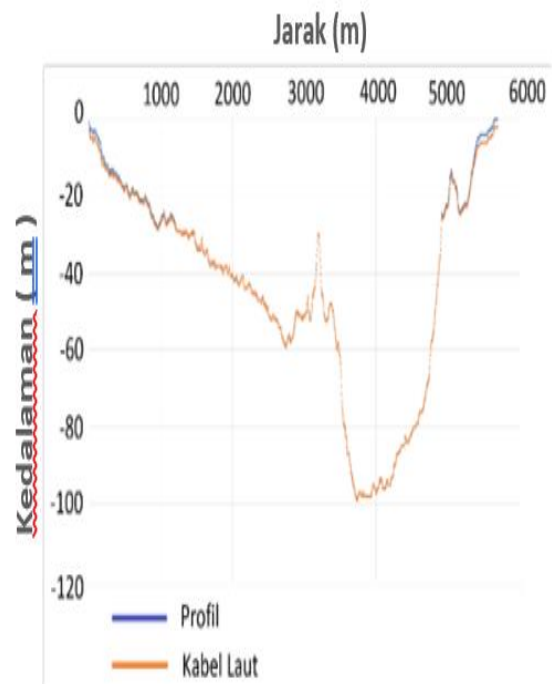


Gambar 7. Peta Arus Selat Bali.

geometrik dan koreksi radiometrik, yaitu *Time Varying Gain* dengan cara memasukkan beberapa nilai parameter yang akan mempengaruhi intensitas citra akibat variasi dari hambur balik yang dihasilkan pada saat sinyal akustik ditransmisikan. Setelah koreksi selesai dilakukan, untuk *create mosaic*, maka format data *.kml* dari hasil koreksi harus di *export* menjadi *Geotiff* agar proses mosaik dapat dilakukan. Mosaik citra *side scan sonar* dilakukan untuk mendapatkan visualisasi dari data *side scan sonar* yang telah dikoreksi, sehingga kenampakan permukaan dasar laut dapat terlihat.

Mosaik yang dihasilkan digeoreferensi dalam sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) Zona 50 S dengan sistem proyeksi WGS (*World Geodetic System*) 1984. Pada visualisasi data mosaik, terlihat tekstur dengan bagian yang lebih kasar dan halus. Gradasi warna terang dan gelap pada citra bawah laut menunjukkan energi hambur balik yang dihasilkan dari dasar laut. Warna terang akan menunjukkan nilai hambur balik yang tinggi sedangkan warna gelap menunjukkan nilai hambur balik yang rendah. Bagian yang memiliki tekstur kasar akan memberikan sinyal hambur balik yang lebih kuat dibandingkan kenampakan tekstur yang halus dengan nilai hambur balik rendah. Analisis interpretasi citra *side scan sonar* yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan pada tekstur dan *hue saturation* objek. Tabel 2 menunjukkan contoh kenampakan visual data perekaman *side scan sonar* beserta analisisnya. Secara umum, objek tampak sebagai bentuk sedimentasi materi yang terendap di dasar perairan.

Jalur rencana kabel laut direkomendasikan pada wilayah dengan tingkat kekerasan sedimen yang tinggi dengan tujuan dapat menyokong kabel laut yang digelar langsung di permukaan dasar agar tidak bergeser dari jalurnya serta dapat melindungi kabel laut dari bahaya hantaman jangkar untuk kabel yang dipendam di bawah permukaan dasar laut. Gambar 5 menunjukkan jenis permukaan dasar laut (sedimentasi) dari hasil analisa dan klasifikasi citra *side scan sonar post processing*.



Gambar 9. Profil melintang kedalaman dasar laut beserta jalur kabel.

C. Jarak Terdekat

Pada bagian ini, dilakukan pencarian jarak antara 2 (dua) pulau yang paling pendek untuk efisiensi dalam penggelaran kabel. *ArcGIS* digunakan untuk menganalisa garis pantai yang didapatkan dari peta RBI. Garis pantai yang digunakan hanya yang terdapat pada studi area.

Jarak terpendek antara kedua pulau pada wilayah penelitian adalah 5483,01 meter yang berada pada bagian utara studi area. *Buffering* dilakukan untuk mengklasifikasi wilayah penelitian berdasarkan jarak terpendek. Gambar 6 menunjukkan hasil klasifikasi berdasarkan jarak terpendek antar kedua pulau.

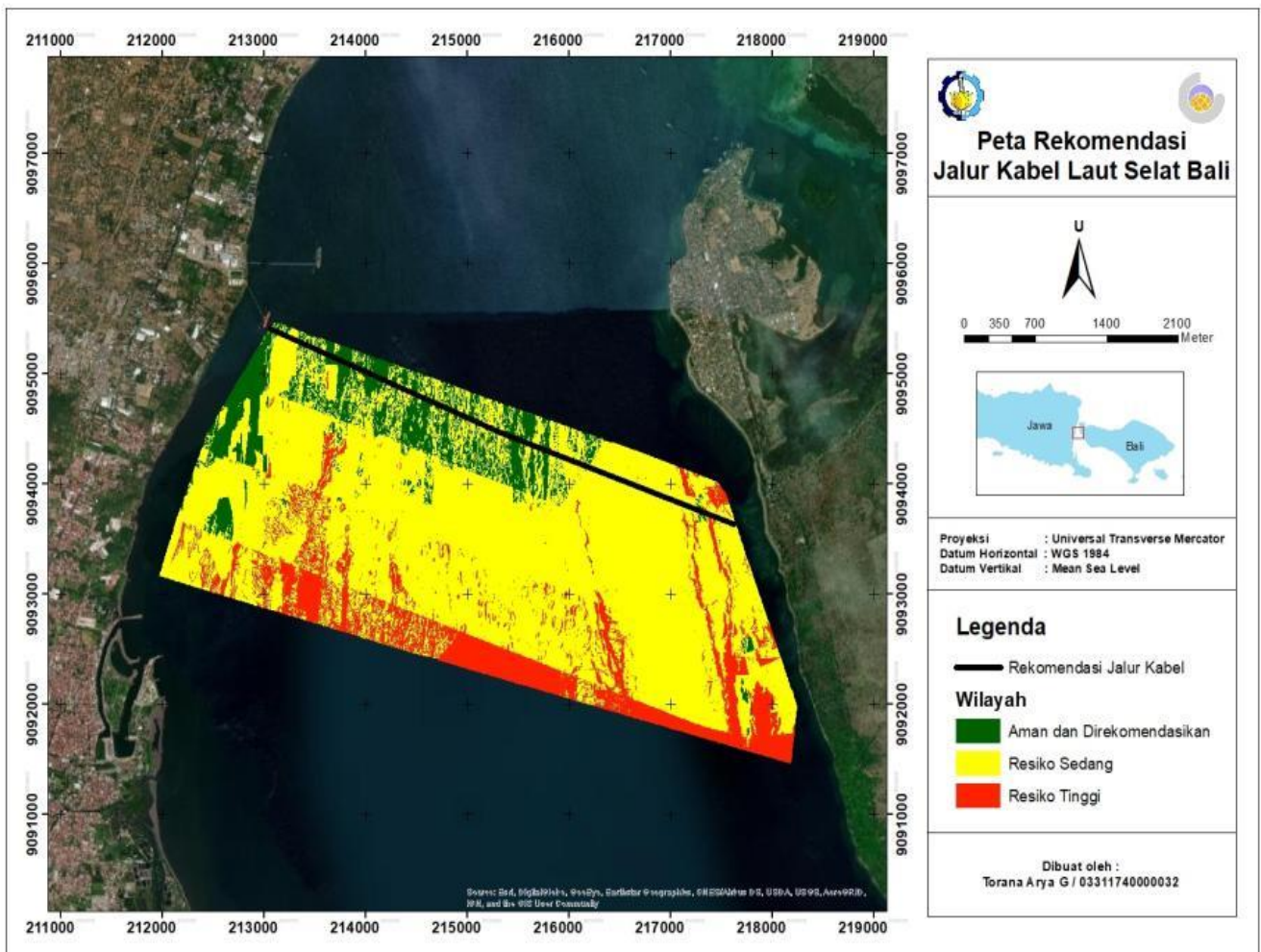
D. Arus Laut

Wilayah dengan kecepatan arus yang lebih kecil direkomendasikan untuk jalur rencana kabel laut dengan tujuan mengurangi pergeseran kabel laut. Dikarenakan perbedaan arus pada area studi tidak terlalu besar, maka data arus diklasifikasikan menjadi dua kelas. Data arus didapatkan dari satelit altimetri AVISO. Gambar 7 menunjukkan dua kelas arus yang ada di studi area hasil pengolahan data AVISO tersebut.

E. Rekomendasi Wilayah Rencana Jalur Kabel Laut

Berdasarkan analisa tiap parameter, yaitu batimetri (kedalaman dan kemiringan), data *side scan sonar* (sedimen dasar laut, arus, dan jarak terpendek, diberikan skor pada tiap sub-parameter (Tabel 3). Pada tiap parameter, semakin kecil skor menunjukkan bahwa sub-parameter tersebut sangat direkomendasikan. Oleh karena itu, saat parameter-parameter di-*overlay*, skor total dengan nilai yang kecil akan termasuk dalam area yang direkomendasikan.

Hasil *overlay* disajikan pada Gambar 8. Dari gambar 8, terlihat bahwa wilayah penelitian dibagi menjadi tiga kategori. Kategori tersebut dibagi menjadi aman dan direkomendasikan, resiko sedang, dan resiko tinggi. Seperti yang diketahui dari gambar, terlihat bahwa area penelitian di



Gambar 8. Peta Rekomendasi Jalur Kabel Laut.

dominasi oleh wilayah resiko sedang dengan luasan 10.025.683,25 m², kemudian zona resiko tinggi dengan total luas 2.164.119,05 m², serta zona aman dan direkomendasikan seluas 1.613.235,96 m². Dari wilayah-wilayah tersebut, dapat direkomendasikan rencana jalur yang optimal.

Dari rencana jalur yang optimal, dapat dilihat profil melintang kedalaman dasar laut pada jalur tersebut (Gambar 9). Selain itu, dapat ditampilkan ilustrasi pemendaman kabel laut pada profil melintang dasar laut tersebut. Dari Gambar 9, dapat terlihat garis biru menunjukkan profil dasar laut, sedangkan garis jingga yang terlihat berada di bawah garis biru merupakan kabel laut. Ilustrasi didasarkan pada Permenhub Nomor PM 129 Tahun 2016 (Tabel.1). Dari penggambaran pemendaman kabel laut, dapat dihitung perkiraan panjang kabel laut adalah sebesar 5735 meter.

IV. KESIMPULAN

Dalam aspek Geomatika terdapat sektor hidrografi yang memiliki pengaruh dalam perencanaan jalur kabel laut. Sektor tersebut berkaitan erat dengan data hidro-oseanografi yaitu batimetri (kedalaman), kemiringan dasar laut, sedimen dasar laut, arus, dan jarak terdekat antar garis pantai pulau. Parameter-parameter tersebut dapat diolah dan dianalisa menggunakan perangkat lunak SIG dengan menggunakan metode *overlay*. Hasil yang didapatkan untuk metode ini adalah dalam bentuk 2D berupa peta tematik.

Berdasarkan pengolahan data hidro-oseanografi dapat diketahui bahwa pada area penelitian dapat dibuat rencana jalur kabel laut yang melewati zona aman dan direkomendasikan serta zona resiko sedang. Peta rekomendasi untuk area perencanaan jalur kabel bawah laut divisualisasikan ke dalam tiga kategori: aman dan direkomendasikan dengan total luas 1.613.235,96 m², resiko sedang dengan luasan 10.025.683,25 m², serta zona resiko tinggi. dengan total luas 2.164.119,05 m².

Diharapkan hasil rekomendasi dapat dibandingkan dengan data peta jalur kabel laut yang telah ada ataupun yang berupa rencana agar dapat mengkaji hasil penelitian ini ataupun mempelajari peta yang sudah ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pagedo Utama yang telah berkenan memberikan data untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Clare *et al.*, "Direct monitoring of active geohazards: Emerging geophysical tools for deep-water assessments," *Near Surf. Geophys.*, vol. 15, no. 4, pp. 427-444, 2017, doi: 10.3997/1873-0604.2017033.
- [2] J. Tupalessy, R. N. Hasanah, and H. Suyono, "Perencanaan sistem interkoneksi jaringan listrik kabel bawah laut di propinsi Maluku," *J. EECCIS*, vol. 9, no. 1, pp. 43-48, 2015.
- [3] M. P. R. Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik*

Indonesia Nomor PM 129 Tahun 2016 tentang Alur Pelayaran di Laut dan Bangunan dan / atau Instalasi di Perairan. Jakarta, 2016.

[4] P. Y. Pratama and D. G. Pratomo, "Optimasi jalur terbaik kabel bawah

laut dari perspektif kehidrografian," *Geoid*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2008.