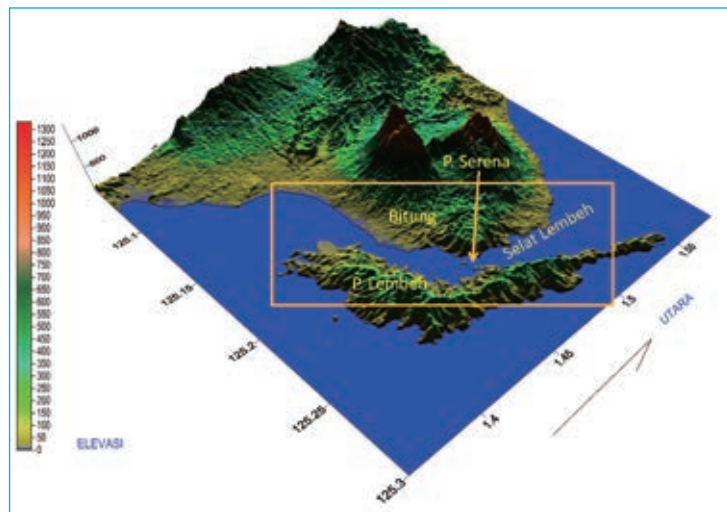


I. Penelitian dan Pengembangan Potensi Energi Laut di Perairan Selat Lembeh dan Sekitarnya, Provinsi Sulawesi Utara.

Tim : Ir. Delyuzar Ilahude, M.T
 Email : delyuzar_mgi@yahoo.com
 KP3 Sumber Daya Energi Kelautan
 Puslitbang Geologi Kelautan

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan data dasar mengenai potensi energi laut khususnya arus laut, energi gelombang dan tatanan litologi permukaan dasar laut sebagai acuan dalam membangun infrastruktur pembangkit listrik dari energi laut di perairan Bitung Sulawesi Utara dan sekitarnya.

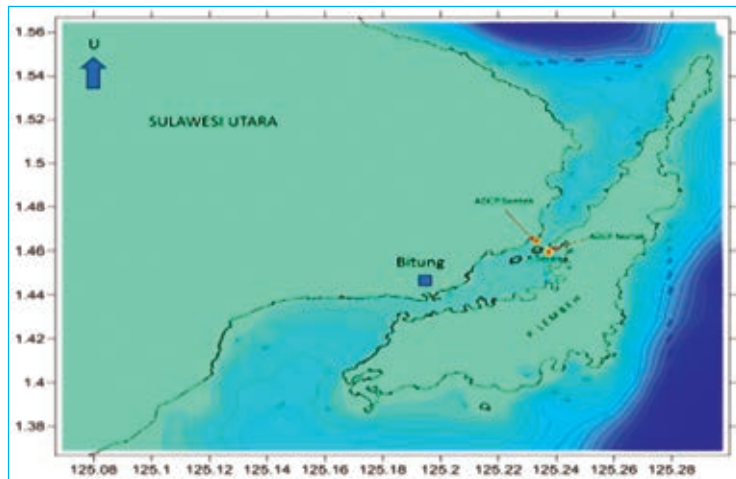
Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh tatanan litologi permukaan dasar laut yang diproyeksikan dalam bentuk peta dalam koordinat geografis dengan skala peta 1 : 50.000. Daerah yang diteliti secara geografis meliputi kawasan perairan Sulawesi Utara dan sekitarnya pada koordinat antara 01022' - 01035' Lintang Utara dan 1250 04' - 1250 18' Bujur Timur. Daerah cakupan penelitian mencakup keseluruhan Selat Lembeh, bagian selatan dan utara dan sekitarnya (Gambar 31).



Gambar 31. Cakupan penelitian potensi energi laut di Selat Lembeh.

Metode yang digunakan dalam penelitian potensi energi arus pada musim barat, antara lain metode geofisika, geologi, meteorologi maritim dan oseanografi.

Pengambilan data kedalaman laut (batimetri) dilakukan menggunakan alat gema suara (*echo sounder*) sepanjang lintasan kapal. Panjang lintasan survei yang diperoleh di selat lembeh, yaitu 271,2 km line. Kedalaman dasar laut yang disurvei berkisar antara 20 hingga 100 meter dengan kedalaman bertambah ke arah bagian utara, timur laut dan selatan. Dari hasil pemeruman menunjukkan bahwa umumnya karakter pantulan baik dari *echosounder* maupun dari *Sea-Bottom Profiling* (SBP) memperlihatkan pola reflektor yang relatif bergelombang pada permukaan dasar laut dengan kerapatan kontur sangat rapat dan memperlihatkan morfologi lereng pantai yang relatif curam.

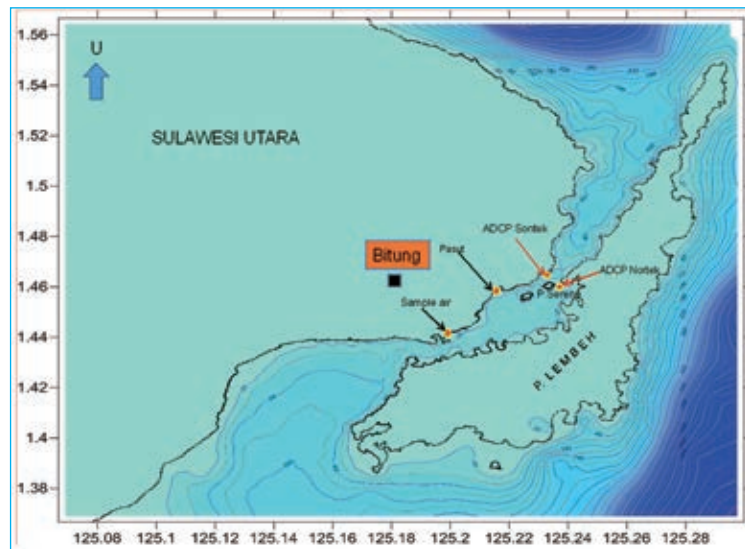


Gambar 32. Peta batimetri perairan Selat Lembeh

Dari peta batimetri (Gambar 32) menunjukkan bahwa di bagian utara Pulau Serena mempunyai kedalaman laut yang sangat dalam dan curam, dengan kedalaman mencapai lebih dari 100 meter. Pada jarak kurang lebih 50 meter ke arah lepas pantai dijumpai banyak ditumbuhi terumbu karang mengitari hampir di sepanjang daerah penelitian. Di bagian utara Pulau Serena, permukaan dasar lautnya relatif berundulasi terutama mendekati Pulau Lembeh.



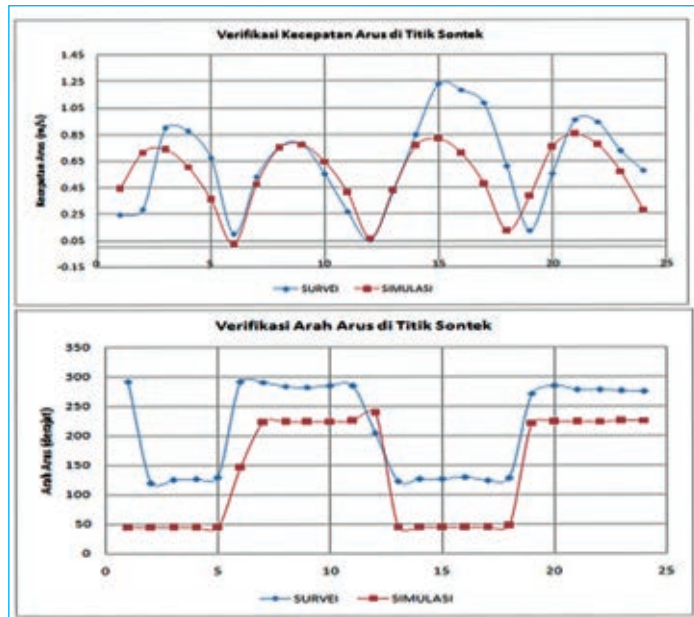
Pengukuran arus laut di perairan Selat Lembeh dilakukan menggunakan metode pengukuran tetap (*statis*) dan bergerak (*mobile*). Untuk pengukuran statis dilakukan pada dua lokasi menggunakan alat *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) *Nortek* dan *Sontek*. Peralatan ADCP *Sontek* ditempatkan di Stasiun 1 pada kedalaman 14 meter dengan koordinat $125^{\circ} 14' 8.09''$ BT; $1^{\circ} 28' 1.59''$ LS, tepatnya di perairan sebelah utara P. Serena, sedangkan ADCP *Nortek* ditempatkan di Stasiun 2 pada kedalaman 28 meter, dengan koordinat $125^{\circ} 14' 03.4''$ BT; $1^{\circ} 27' 30''$ LS, tepatnya di antara P. Serena dan daratan Pulau Lembeh (Gambar 33).



Gambar 33. Peta lokasi penempatan ADCP Sontek dan Nortek serta lokasi pasang dan pengambilan sampel air

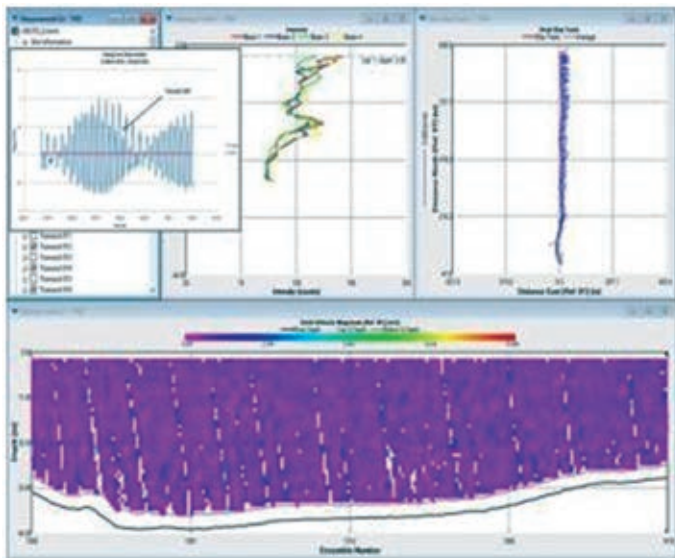
Pengukuran arus laut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik arus laut di perairan Selat Lembeh, yaitu meliputi kecepatan dan arah, baik saat kondisi air tunggang kecil maupun saat kondisi air tunggang besar. Proses mekanisme pergerakan arus laut yang disebabkan oleh pasang surut ataupun arus sungai, menyimpan energi hidrokinetik yang dapat dikonversi menjadi pembangkit listrik. Besarnya daya listrik bergantung pada densitas fluida, luas penampang aliran, dan kecepatan alirannya.

Hasil verifikasi antara simulasi dan hasil penelitian pada Stasiun 1 ADCP Sontek ditunjukkan pada Gambar 34.



Gambar 34. Hasil verifikasi kecepatan arus pada Stasiun 1.

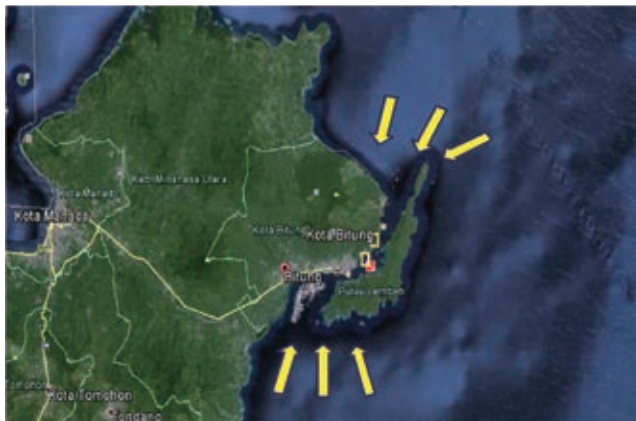
Dari hasil pengukuran menggunakan ADCP *mobile* memperlihatkan penampang melintang distribusi kecepatan arus baik secara vertikal maupun horizontal saat kondisi surut (Gambar 35).



Gambar 35. Penampang melintang distribusi kecepatan arus yang memperlihatkan adanya variasi kecepatan arus laut terhadap bentuk morfologi dasar laut.

Secara vertikal kecepatan arus berbeda antara arus permukaan, menengah, dan bawah, sedangkan secara horizontal kecepatan arus berbeda antara satu tempat dengan tempat lainnya. Kecepatan arus permukaan sampai menengah berkisar antara 0,15–0,35 m/detik, sedangkan kecepatan arus bawahnya berkisar 0,2–0,4 m/detik. Secara horizontal memperlihatkan distribusi kecepatan arus tidak merata.

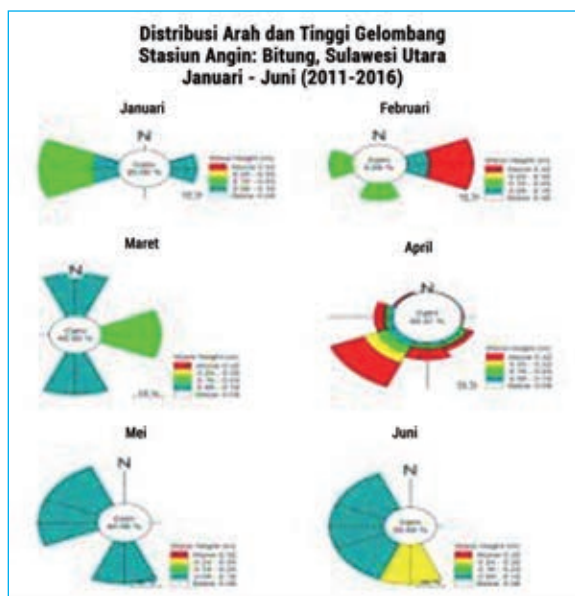
Daerah perairan bagian utara dan selatan tersebut dipilih



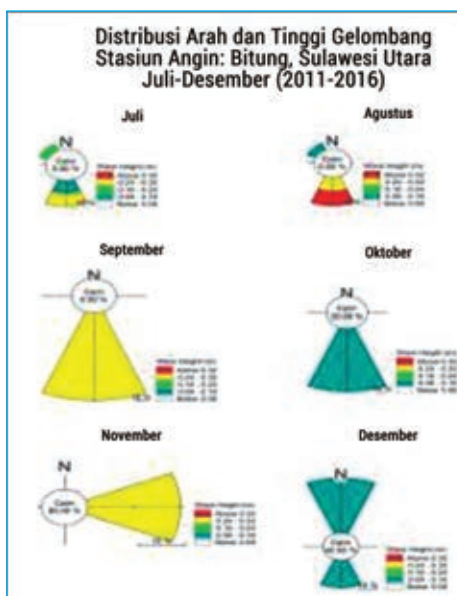
Gambar 36. Perairan Selat Lembeh yang berpotensi gelombang

untuk menjadi lokasi kajian karena posisi geografisnya berada di bagian utara dan selatan yang berhadapan perairan terbuka Laut Sulawesi dan Laut Maluku. Daerah ini diambil sebagai model untuk aplikasi konversi energi listrik dari energi gelombang laut. Kajian gelombang pada beberapa lokasi di pantai Pulau Lembeh dapat diterapkan untuk aplikasi konversi energi gelombang, karena lingkungan pantai belum terganggu oleh bangunan pantai.

Untuk mendapatkan prediksi tinggi dan periode gelombang dapat dilakukan menggunakan perhitungan dan pembacaan kurva standar. Dalam kajian ini pengolahan data gelombang dilakukan menggunakan perhitungan dengan mengkonversi dari data angin menjadi data gelombang. Data angin yang diolah diperoleh dari BMKG, yaitu data angin dari Stasiun Klimatologi Satar Kota Bitung selama 5 tahun (tahun 2011 – 2016). Dari data angin yang diperoleh dapat dibuat diagram distribusi arah dan tinggi gelombang di perairan Selat Lembeh (Gambar 37 dan Gambar 38).



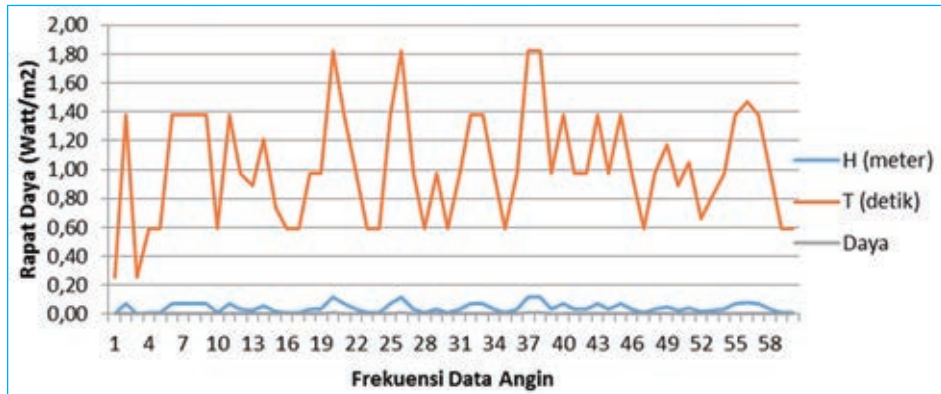
Gambar 37. Distribusi arah angin dan tinggi gelombang pada bulan Januari-Juni di perairan Selat Lembeh



Gambar 38. Distribusi arah angin dan tinggi gelombang pada bulan Juli-Desember di perairan Selat Lembeh.

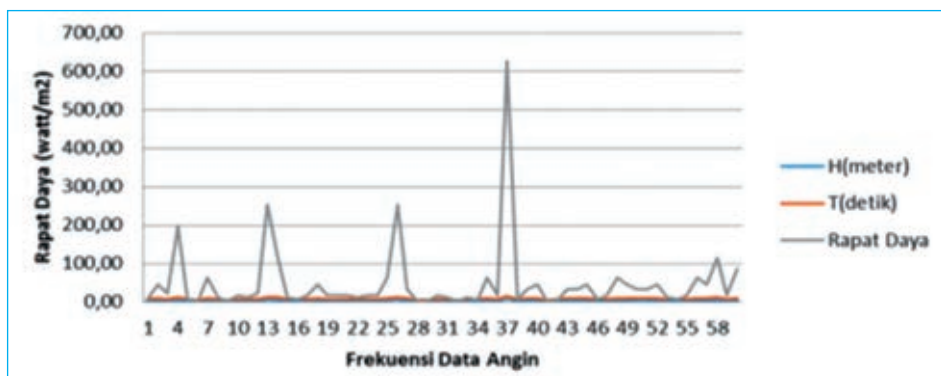


Besarnya rapat daya yang dapat dihasilkan dari setiap tinggi dan periode gelombang tentu akan berbeda-beda. Rapat daya yang dihasilkan juga akan bergantung pada model pembangkit yang akan digunakan serta durasi tinggi dan periode gelombang. Hasil dari perhitungan besar rapat daya yang dihasilkan dari energi gelombang dengan data kecepatan angin rata-rata dapat dilihat pada Gambar 39.



Gambar 39. Kurva rapat daya yang dihasilkan dari hasil prediksi tinggi gelombang rata-rata di perairan sebelah utara Selat Lembeh.

Hasil dari perhitungan menghasilkan rapat daya rata-rata relatif kecil, sedangkan hasil prediksi tinggi gelombang maksimum, menghasilkan rapat daya mencapai 600 watt/m² (Gambar 40). Analisis rapat daya energi gelombang di lokasi penelitian relatif kecil pada musim barat. Oleh sebab itu untuk pengamatan energi gelombang harus dilakukan pada dua musim untuk mengetahui total rapat daya yang dihasilkan.

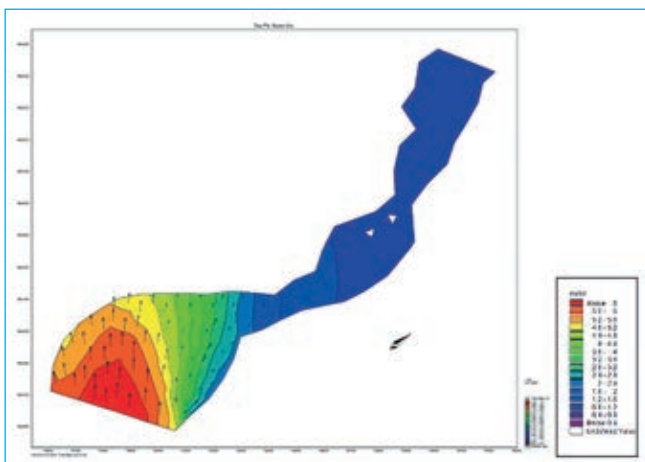


Gambar 40. Kurva rapat daya yang dihasilkan dari hasil prediksi tinggi gelombang maksimum di perairan sebelah utara Selat Lembeh.

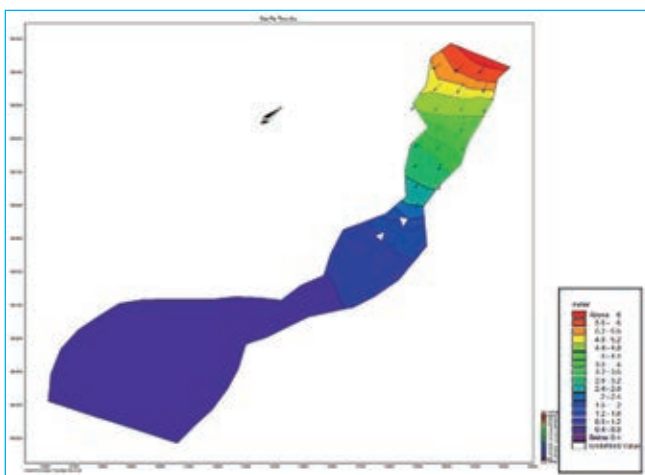


Pergerakan gelombang menuju garis pantai (*coast line*) berasal dari lepas pantai. Penyebaran gelombang dipengaruhi oleh kontur dasar perairan di mana pergerakan gelombang ditransformasikan menurut variasi topografi dasar perairan tersebut. Ada beberapa tipe transformasi gelombang, diantaranya: pendangkalan (*shoaling*), pecah (*breaking*), refraksi (*refraction*), difraksi (*difraction*) dan lain-lain. Untuk keperluan perencanaan ini lebih ditekankan pada analisis refraksi/difraksi gelombang saja.

Analisis fenomena refraksi/difraksi yang digunakan dalam penelitian ini dilaksanakan dengan mensimulasikan proses refraksi-difraksi di kawasan perairan Selat Lembeh. Sementara gelombang akibat dari pengaruh komponen angin dari arah selatan dan timur.



Gambar 41. Tampilan hasil simulasi dengan input gelombang arah Selatan. Input $H_s = 5,52\text{m}$, $T_p = 10,54\text{ sec}$.



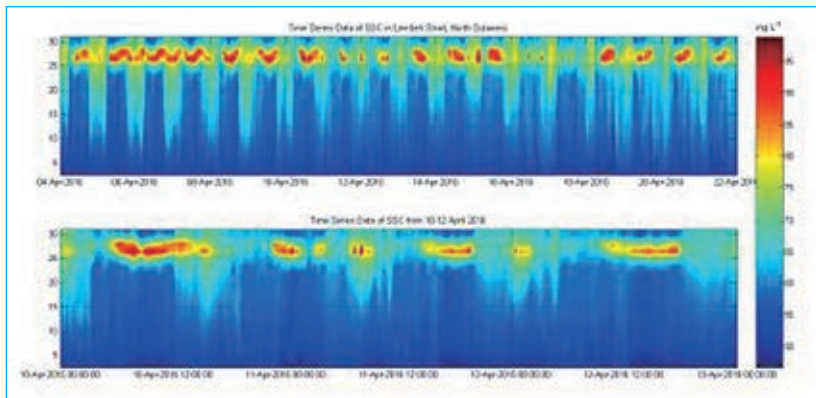
Gambar 42. Tampilan hasil simulasi dengan input gelombang arah Timur. Input $H_s = 1,24\text{m}$, $T_p = 3,87\text{ sec}$.

Tampilan hasil simulasi dengan input tinggi gelombang signifikan dari arah timur ditunjukkan dalam model seperti ditunjukkan pada Gambar 41 dan Gambar 42.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan arus pada stasiun 1 lebih besar dari pada di stasiun 2. Durasi lamanya kecepatan arus 2 m/detik rata-rata adalah 1,5 jam sampai dengan 2 jam, sesuai dengan lamanya arus menuju pasang dan menuju surut. Sementara pada saat pasang maksimum dan surut maksimum kecepatan arus relatif nol (*slack water*). Kecepatan arus dari ADCP mobile berkisar antara 0,15 m/detik – 0,35 m/detik, sedangkan kecepatan arus bawahnya berkisar 0,2 m/detik – 0,4 m/detik. Secara horizontal memperlihatkan distribusi kecepatan arus di daerah penelitian tidak merata. Sementara hasil pengukuran kecepatan arus pada Stasiun 1 (ADCP Sontek) berkisar antara 0,00001 m/detik - 2,002 m/detik, yang menghasilkan rapat

Daya rata-rata sebesar 4,416 kW/m². Sedangkan pada stasiun 2 (ADCP Nortek) kecepatan arus berkisar antara 0,00001 m/detik - 0,02 m/detik, yang menghasilkan rapat daya rata-rata sebesar 0,131 kW/m².

Untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan Selat Lembeh maka dilakukan pengambilan contoh air pada satu titik di dermaga Angkatan Laut sebanyak 60 sampel air. Sementara analisis kualitas air dilakukan dengan mengukur dan mengambil sampel air laut pada kedalaman 2 meter dan 8 meter sebanyak 60 sampel untuk analisis di laboratorium. Sedangkan hasil pengukuran parameter yang diukur pada pengukuran insitu, yaitu pH rata-rata 8,2, salinitas rata-rata 33,5, suhu rata-rata 27,6 °C, dan konduktivitas rata-rata 50,3. Dari hasil pengukuran parameter lingkungan tersebut menunjukkan bahwa perairan Selat Lembeh termasuk ke dalam kategori perairan yang relatif jernih. Kondisi tersebut didukung oleh data rekaman hambur balik ADCP *mobile* pada stasiun 2 (Nortek) (Gambar 43).

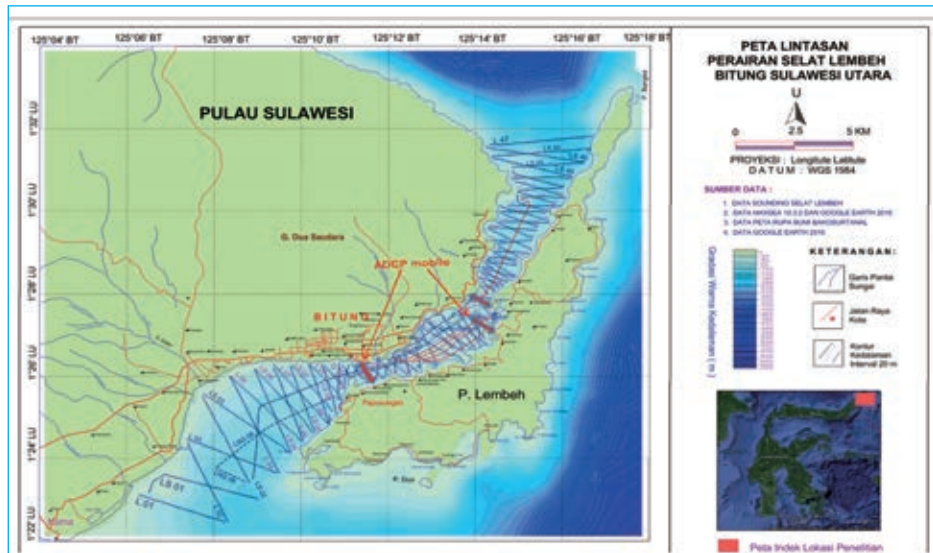


Gambar 43. Rekaman hambur balik pada stasiun 2 ADCP *mobile*

Perairan Selat Lembeh termasuk ke dalam kategori perairan yang relatif jernih. Kondisi tersebut didukung oleh data rekaman hambur balik ADCP *mobile* pada stasiun 2 (Nortek), yang menunjukkan tingkat polusi dari limbah rumah tangga dan *suspended material* (sedimen tersuspensi) dari sungai sangat kecil. Sementara dari hasil analisis tatanan litologi perairan Selat Lembeh cukup mendukung untuk penempatan turbin arus. Dari data rekaman *side scan* sonar menunjukkan bahwa permukaan dasar laut perairan Selat Lembeh relatif datar terutama di lokasi penempatan ADCP statis, sehingga sangat memungkinkan untuk penempatan turbin arus. Di samping itu daerah perairan Selat Lembeh bagian utara, yaitu lokasi penempatan alat ADCP statis, bukan zona alur pelayaran kapal-kapal berukuran besar, dengan demikian untuk penempatan turbin arus di lokasi tersebut relatif aman.

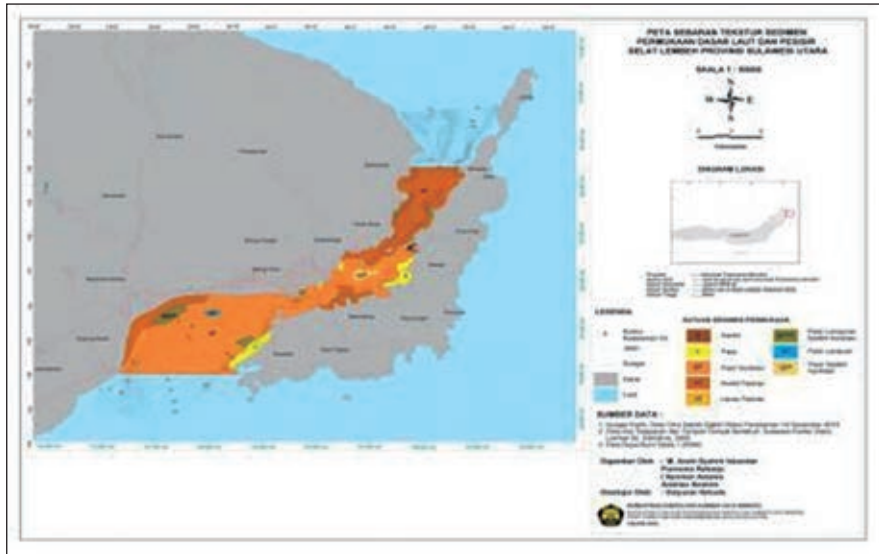


Pengukuran SBP dilakukan bersamaan dengan pengukuran kedalaman laut menggunakan *echosounder*, akan tetapi dalam metode SBP, ambang frekuensi gelombang akustik lebih rendah dari pada *echosounder*, sehingga penetrasi gelombang akustik yang dipancarkan menembus lebih dalam. Panjang lintasan SBP yang diperoleh di Selat Lembeh adalah 253,5 km line.



Gambar 44. Peta lintasan SBP dan *echosounder*

Jumlah percontoh sedimen permukaan dasar laut yang diambil di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara, sebanyak 42 buah percontoh sedimen. Dari hasil analisis besar butir (granulometri), percontoh sedimen didominasi oleh sedimen pasir kerikilan, yang dalam Peta Sebaran Sedimen Permukaan dasar laut ditandai dengan warna pink tua (gS), yaitu sebanyak 15 buah percontoh sedimen atau sekitar 35,71 %. Sedimen permukaan dasar laut berupa pasir krikilan (gS) menempati bagian tengah hingga ke bagian selatan daerah penelitian. Kemudian berikutnya berupa kerikil pasiran yang dalam Peta Sebaran Sedimen Permukaan Dasar Laut ditandai dengan warna coklat agak muda (sG) yaitu sebanyak 8 buah percontoh sedimen atau sekitar 19,05 %. Sedimen permukaan dasar laut berupa kerikil pasiran (sG), menempati bagian tengah hingga bagian utara daerah penelitian. Karena besar butir percontoh sedimen ini berukuran kasar menempati rangking ke dua, hal ini menunjukkan bahwa kecepatan arus di Selat Lembeh cukup besar yang dibuktikan dengan hasil pengukuran kecepatannya mencapai lebih dari 2 m/detik.



Gambar 45. Peta sebaran sedimen permukaan dasar laut

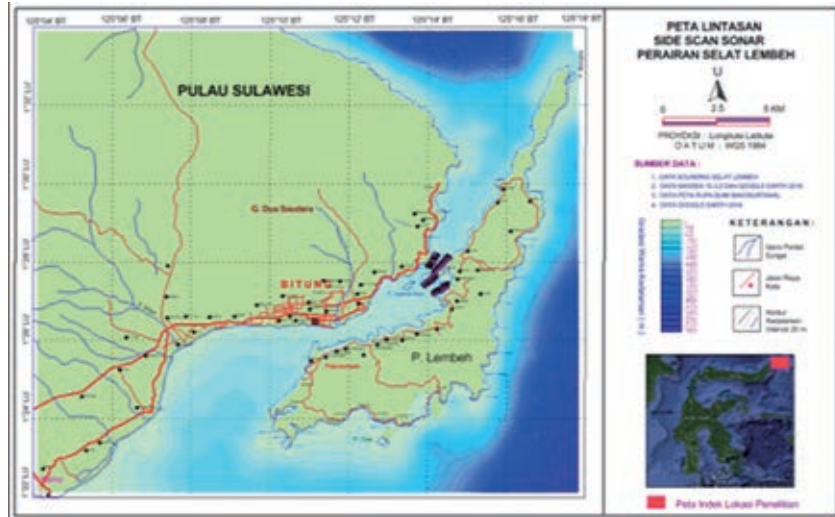
Kegiatan pengamatan karakteristik pantai dilakukan di sepanjang garis pantai di daratan Bitung dan Pulau Lembeh. Pengamatan secara rinci dilakukan di beberapa titik menggunakan beberapa parameter oseanologi dan geologi. Dari hasil pengamatan tersebut dapat dibedakan empat tipe pantai di kawasan pesisir ini, yaitu pantai berbatu, pantai berpasir, pantai berbatu dan berpasir, dan pantai berbakau. Keempat tipe pantai ini sangat berbeda baik morfologi, litologi, resistensi dan vegetasi yang tumbuh di tiap karakter pantai. Adapun uraian karakteristik pantai di daerah penelitian ini ditampilkan pada Gambar 46.



Gambar 46. Peta karakteristik pantai perairan Selat Lembeh, Bitung Sulawesi Utara.

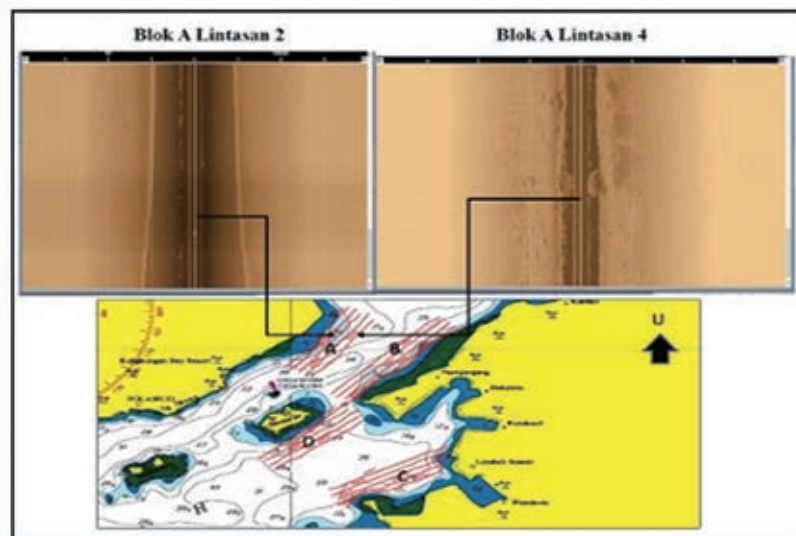


Survei *side scan sonar* dilakukan pada beberapa lokasi yang dianggap cukup representatif menggunakan perangkat Starfish tipe 990 F, pada frekuensi 1 MHz. Capaian panjang lintasan *side scan sonar* di Selat Lembeh: 17,7 km *line* dengan interval 50 meter. Di perairan Selat Lembeh (Pelabuhan Bitung) kedalaman laut antara 10 hingga 100 meter dengan morfologi berundulasi yang dapat terpantau dari hasil pemeruman.



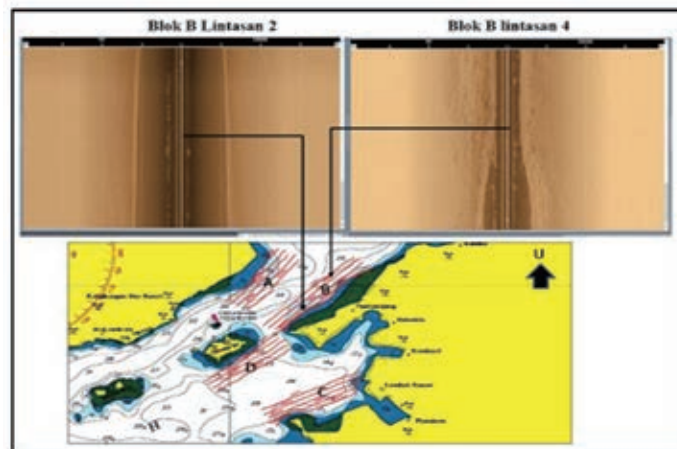
Gambar 47. Lokasi survei side scan sonar ditandai lintasan berwarna merah.

Dengan menggunakan *side scan sonar* dapat diperoleh bentuk rona awal berupa data citra permukaan dasar laut pada salah satu lintasan *side scan sonar*.



Gambar 48. Rona awal permukaan dasar laut dari hasil *side scan sonar* pada lintasan 2 dan 4 koridor A memperlihatkan terumbu karang pada lintasan 4.





Gambar 49. Rona awal permukaan dasar laut dari hasil *side scan sonar* pada lintasan 2 dan 4 koridor B.

Pengambilan data *side scan sonar* hanya dilakukan pada lokasi yang dangkal, yaitu pada kedalaman laut antara 5 hingga 25 meter yang berlokasi di Selat Lembeh dengan arah lintasan hampir sejajar dengan garis pantai (Gambar 48). Dalam penelitian ini, sistem peralatan *side scan sonar* belum memberikan hasil yang optimal terutama untuk mengidentifikasi benda-benda di dasar laut sebagai data dukung dalam menempatkan peralatan turbin arus di daerah perairan Selat Lembeh. Namun demikian identifikasi dari daerah terumbu karang dapat terpantau pada beberapa lintasan (Gambar 49).

