

OBSERVASI ARUS DENGAN TEKNIK PENGUKUR ARUS TERTAMBAT

Oleh

Dharma Arief dan Idjin Suryana 1)

ABSTRACT

CURRENT OBSERVATION BY USING CURRENT METER MOORING TECHNIQUE. *The paper is based on the experience in participating the survey of current observation by using current meter mooring technique in Lombok Strait with a group of scientists from Louisiana State University. The equipments consist of ENDECO type 1174 and 174 current meter as well as sea-link acoustic release which are tied together on a cable, that form a series, and are straighten by buoys and anchored on it's bottom. The procedure of setting of the mooring consist of several step of activities, beginning with the decision of position and depth measurement, preparation of cables, supporting equipments and main equipments which will be installed, as well as lifting procedure, were described in detail. For Indonesia, the application of the technique seems to be very expensive, needs sophisticated facility and high skilled personell as well. The technique contains several weaknesses. In waters with high biological process, the effect of fouling organisms form an important factor that determine the success of measurement. In waters with strong current, the high variability of current velocity causes the exact depth of instruments vary greatly. Anyway, the application of the technique has several benefits i.e. shorten the ship operation time and is able to obtain data of the whole water layers in certain intended period. For the time being, the application of this technique by using less sophisticated current meter, such as ONO current meter, which is operated in shallow water is feasible to be carried out.*

PENDAHULUAN

Arus merupakan salah satu fenomena laut yang sangat menarik perhatian karena peranannya yang besar terhadap manusia. Pelayaran, perikanan, masalah sedimentasi dan pencemaran laut bahkan sampai masalah cuaca di dunia ternyata dipengaruhi oleh arus laut. Di samping itu, arus lautpun merupakan salah satu potensi sumber energi dari laut. Walaupun demikian, kemampuan manusia dalam memahami sifat sistem arus laut masih sangat terbatas karena arus

laut mempunyai keragaman yang tinggi berkaitan dengan ruang dan waktu. Dengan segala keterbatasan yang ada sejak jaman dulu manusia telah berusaha untuk mengenal dan memahami sifat arus laut tersebut. Usaha ini telah memberikan manfaat yang besar bagi umat manusia terutama bagi pelaut dan nelayan.

Perairan Indonesia yang menghubungkan Samudra Pasifik dan Lautan Hindia, dewasa ini makin menarik perhatian para ahli oseanografi dan meteorologi. Informasi yang ada baik dari data pengukuran maupun

1). Balai Penelitian Oseanografi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi — LIPI, Jakarta.

model-model matematik menunjukkan bahwa aliran air laut yang melalui perairan Indonesia mempunyai peranan besar terhadap volume air laut yang memasok terbentuknya Tirta Jeluk Atlantik Utara (North Atlantic Deep Water). Massa air yang melalui perairan Indonesia juga menyerap kalor yang sangat besar (GORDON 1986). Diperkirakan besarnya debit air laut yang melalui perairan Indonesia berkisar antara 1,7 (WYRTKI 1961) hingga 18 juta m^3 /detik (COX 1975).

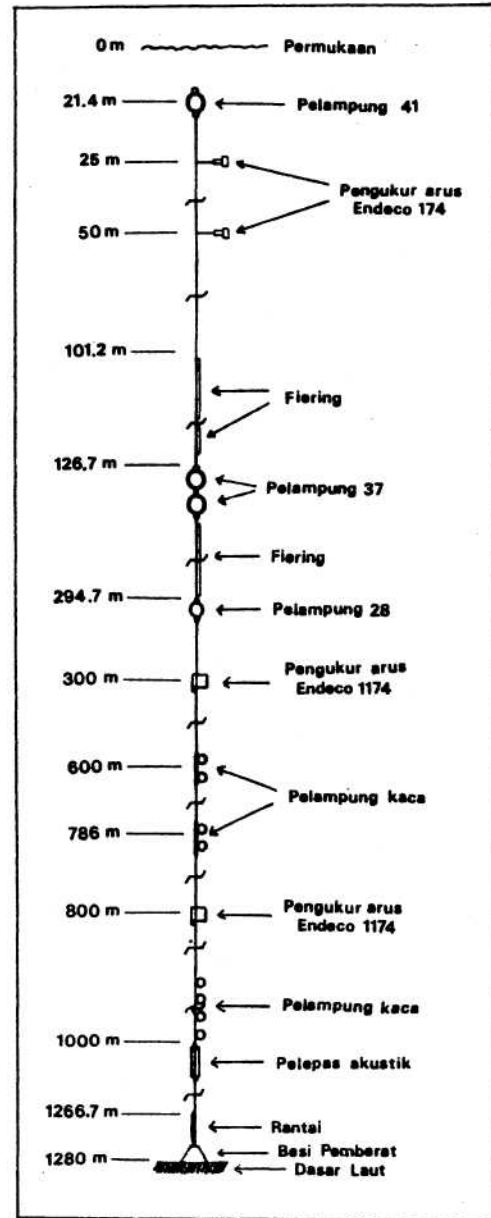
Dalam usaha mempelajari sifat aliran air laut yang melalui perairan Indonesia dalam tahun 1985 telah dilakukan pengukuran arus laut di Selat Lombok dan bagian timur Laut Jawa oleh tim Louisiana State University dan PUSLITBANG Oseanologi-LIPI. Dari data yang dikumpulkan diharapkan dapat diungkapkan informasi mengenai faktor dinamika dan karakteristik dari massa air, garam, transport panas yang melalui Selat Lombok (MURRAY & ARIEF 1985). Teknik pengukuran arus laut yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah pengukur arus tertambat bawah permukaan (sub-surface current meter mooring). Metode pengukuran dengan teknik tersebut merupakan isi dari tulisan ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Stephen P. Murray dan Rodney G. Frendericks atas informasi dan penjelasan-penjelasan mengenai teknik tersebut.

KOMPONEN RANGKAIAN TAMBATAN

Teknik ini adalah pengukuran arus dengan menggunakan satu atau lebih alat ukur yang dipasang dalam satu rangkaian yang terdiri dari pemberat—kabel—pengukur arus dan pelampung. Pengukur arus beroperasi beberapa waktu lamanya secara otomatis dalam proses pengumpulan data. Rangkaian tersebut seluruhnya berada di dalam air tanpa ada bagian yang muncul di permukaan.

Rangkaian pengukuran arus tertambat yang dipasang di Selat Lombok dalam proyek penelitian oleh tim Louisiana State University mempunyai struktur umum sebagai berikut (Gambar 1) :



Gambar 1. Contoh rangkaian tambatan yang dipasang di Selat Lombok oleh tim Louisiana State University.

1. Bagian pemberat yang merupakan besi padat dengan berat di udara sekitar 2 ton.
2. Rantai yang menghubungkan pemberat dengan rangkaian di atasnya.
3. Pelepas rangkaian akustik (Sea-link acoustic release) yang berfungsi sebagai alat otomatis yang dikontrol dari kapal untuk melepaskan rangkaian tambatan dari rantai dan pemberatnya. Alat ini sangat penting waktu pengambilan kembali rangkaian tambatan.
4. Kabel baja yang merupakan pembentuk rangkaian tambatan, kabel yang digunakan termasuk tipe " double spin" yang mempunyai pintalan dua arah. Pemakaian kabel jenis ini untuk menghindarkan terlepasnya pintalan kabel akibat puntiran yang terjadi pada rangkaian tambatan. Pada jarak tiap 10 m dipasangkan juga anoda timah untuk melindungi kabel dari proses elektrolisa atau karat. Dalam membentuk rangkaian tambatan, kabel dibuat menjadi potongan-potongan dengan panjang yang tertentu disesuaikan dengan rencana tambatan. Pada masing-masing ujung kabel dibuatkan cantelan berupa lingkaran untuk memudahkan penyambungan. Untuk menyambung bagian tambatan digunakan segel.
5. Pelampung berfungsi sebagai alat pengapung. Pada rangkaian tambatan terpasang, pelampung berfungsi menegakkan - rangkaian tersebut. Pelampung yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu :
 - a. Pelampung baja ORE dengan diameter 41, 37 dan 28 inci, mempunyai maksimum kedalaman operasional 300-500 m.
 - b. Pelampung gelas BENTHOS dengan diameter 16 inci dan mempunyai maksimum kedalaman operasional hingga 15000 m. Untuk rangkaian tambatan sepanjang 1000 m digunakan 1 pelampung baja 41 inci, 2 pelampung baja 37 inci, 1 pelampung baja 28 inci dan 15 pelampung gelas. Pelampung baja adalah pelampung yang berukuran lebih besar ditempatkan di bagian lebih atas dan pelampung gelas dipasang dekat pelepas rangkaian akustik.
6. Pengukur arus ENDECO yang terdiri dari dua tipe yaitu :
 - a. Tipe 1174 dengan savonius rotor, merupakan pengukur arus laut jeluk.
 - b. Tipe 174 dengan propeller, merupakan pengukuran lapisan permukaan jenis "tethered",
7. "Fiering" terbuat dari PVC, berbentuk seperti penjepit kertas dengan lebar antara 1 hingga 2 inci dan panjangnya 1 m. Fiering dipasang pada kabel tambatan dan berfungsi menurunkan gaya gesekan air hingga tinggal 30 %.

INSTRUMENTASI

1. Pengukur Arus ENDECO.

Pengukur arus ENDECO yang digunakan terdiri dari dua tipe yaitu tipe 1174 dan tipe 174. Walaupun demikian kedua tipe tersebut mempunyai rancangan elektronika yang sama. Pengukur arus yang bekerja otomatis dengan pita magnetik 4 jalur sebagai sarana penyimpanan data. Lama operastonal alat ini tergantung pada pemilihan waktu pengukuran. Dalam kegiatan di Selat Lombok dipilih waktu pengukuran 8 menit untuk jenis jangka panjang dan 10 menit untuk jenis jangka pendek. Sumber tenaga alat diperoleh dari 8 batu battery 1,5 volt ukuran D.

Data yang diperoleh akan disimpan dalam "gray code" yang terdiri dari 170

skala pada pita magnetik. Nilai data akan diperoleh dengan menggunakan pita pembaca dan penterjemah yang akan merubah "gray code" ke "binary code". Perhitungan ke unit yang kita kenal (cm/detik, dan lain-lain) dilakukan dengan memasukkan konstanta dan faktor kalibrasi untuk masing-masing alat ukur. Proses ini umumnya dilakukan secara otomatis dengan bantuan komputer.

Dalam pengoperasian alat tersebut, pemberian data pada pita magnetik sangat perlu karena akan memberikan informasi yang penting tentang waktu dari masing-masing pengukuran. Pemberian tanda tersebut dilakukan dengan menekan tombol "reset" pada alat dan saat penekanan tombol tersebut tercatat pada alat. Tanda awal dan akhir rangkaian data memberikan juga jumlah seri dari alat ukur.

Pemberian gas freon ke dalam alat ukur sebelum ditutup sangat berguna untuk mengeluarkan udara yang umumnya mengandung uap air, sehingga rangkaian elektronik dan pita magnetik akan berada dalam kondisi yang baik. Pada lapisan air yang cukup dalam dengan suhu air yang rendah akan menyebabkan uap air yang dikandung udara menguap. Selain itu gas freon juga dapat dijadikan sebagai indikator kebocoran yang mungkin terjadi yang dapat dideteksi dengan detektor gas freon.

Tipe 174 (Gambar 2).

Pengukur arus ENDECO tipe 174 dirancang khusus untuk pengukuran arus di lapisan atas dimana aktivitas dari gelombang permukaan dan gelombang dalam air (interval wave) tinggi. Kedalaman operasionalnya adalah maksimum 150 m. Pengukur arus ini termasuk jenis pengukur arus "tethered" dengan propeler sebagai sensor laju arus.

Dalam pemasangan di rangkaian tamba-

tan, pengukur arus ini digantung pada seutas tali sepanjang sekitar 1 m yang dapat berputar bebas dengan kabel tambahan sebagai porosnya. Untuk pengukur arusnya sendiri perlu dilakukan penyetelan untuk keseimbangan di dalam air. Di dalam pengukur arus juga terdapat pemberat yang dapat bergerak otomatis untuk menjaga pengukur arus tetap pada posisi mendatar di dalam air. Proses penyetelan harus dilakukan di dekat daerah tempat penambatan.

Tipe pengukur arus 174 yang digunakan terdiri dari 3 macam yaitu :

- a. Jenis jangka pendek yang mempunyai maksimum waktu operasionalnya sekitar 4 bulan untuk pengukuran setiap 10 menit. Pada alat ini selain data kecepatan arus juga diukur nilai suhu dan konduktivitas air laut. Kecepatan arus maksimum adalah 88 cm/detik.
- b. Jenis jangka panjang yang mempunyai maksimum waktu operasionalnya sekitar 7 bulan untuk pengukuran setiap 8 menit. Pada alat ini juga diukur suhu dan konduktivitas air laut. Kecepatan arus maksimum adalah 348 cm/detik.
- c. Jenis jangka panjang dengan modifikasi penambahan sensor tekanan air. Jenis ini sama dengan b. Pengukuran tekanan air dilakukan bergantian dengan konduktivitas air laut.

Tipe 1174 (Gambar 3).

Pengukur Arus ENDECO tipe 1174 merupakan jenis pengukur arus laut jeluk dengan sensor laju arusnya adalah savani-ous rotor. Alat ini dapat mengukur kecepatan arus maksimum 225 cm/detik. Jenis ini merupakan pengukur arus jangka panjang, sama dengan pada tipe 174. Pada alat ini juga terdapat sensor tekanan air dan sensor kemiringan alat (tilt meter). Pengukuran kemiringan alat dan tekanan air dilakukan bergantian dengan suhu dan konduktivitas.

Pada rangkaian tambatan, pengukur arus dipasang di kabel tambatan dan dapat berputar bebas dengan kabel tambatan sebagai porosnya.

2. Pelepas rangkaian akustik (Sea-link-Acoustic Release).

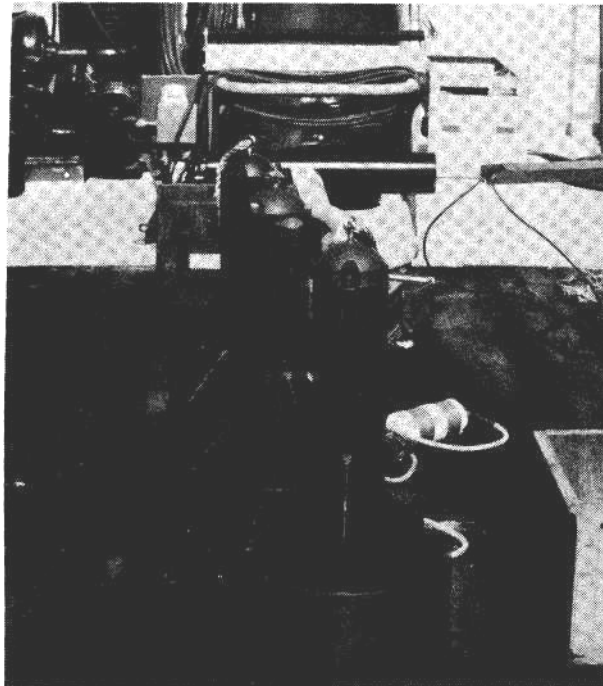
Alat ini merupakan pelepas akustik laut jeluk dengan kedalaman 15.000 m dan beban maksimum 1250 kg. Pada sistem tambatan bawah permukaan, alat ini merupakan bagian yang sangat penting pada waktu proses pengambilan kembali rangkaian tambatan. Sumber tenaga alat ini adalah battery kering khusus dan mampu beroperasi selama 12 bulan dalam cara DISABLE.

Alat ini dikendalikan oleh unit kontrol yang ada di kapal melalui sinyal suara frekuensi tinggi dengan komposisi yang tertentu untuk masing-masing pelepas akustik. Jarak pengendalian alat ini dikatakan pada katalognya sekitar 10 km, walaupun dari

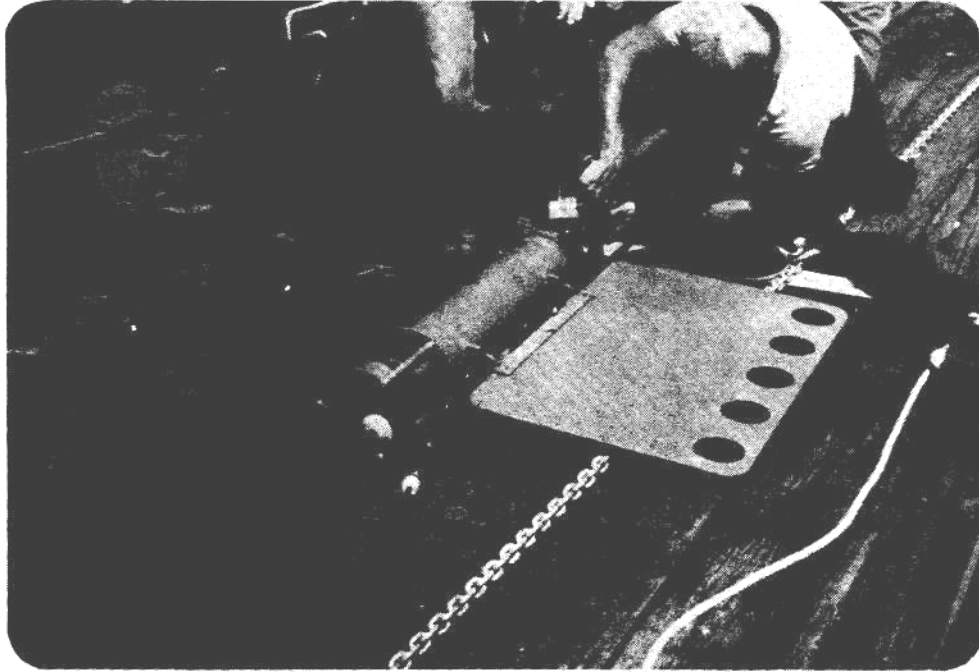
pengalaman di Selat Lombok jarak tersebut hanya efektif 2—3 km saja akibat kuatnya pantulan dari topografi dasar laut.

Pelepas rangkaian akustik (Gambar 4) yang digunakan mempunyai tiga cara operasionalnya yaitu :

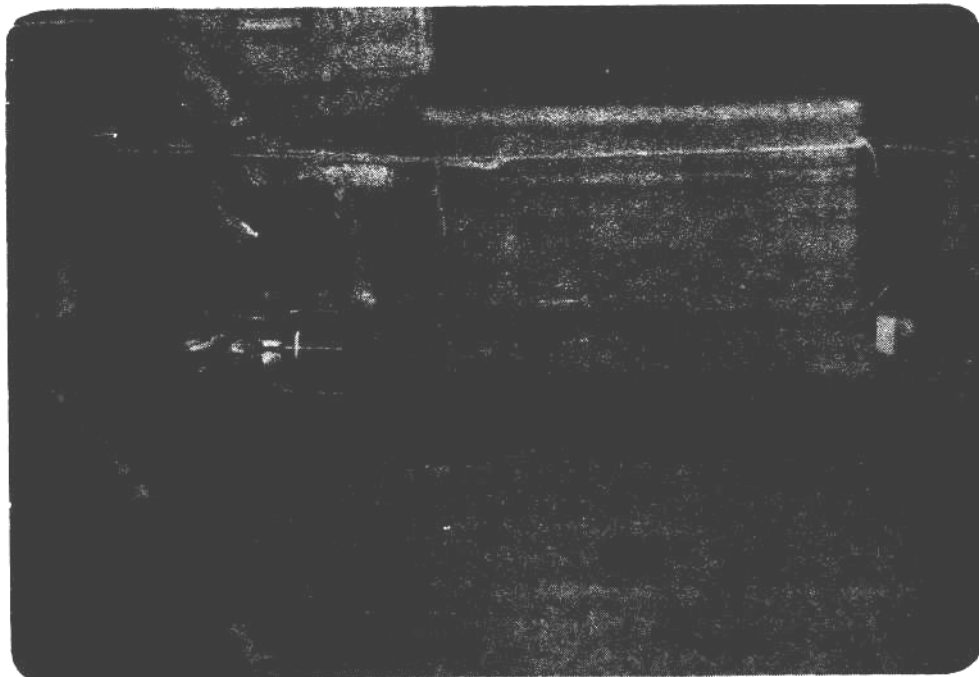
- a. Cara "ENABLE" dimana pelepas akustik beroperasi secara positif dengan memancarkan sinyal suara. Pada cara ini dapat dilakukan komunikasi dengan ketelitian yang rendah.
- b. Cara "DISABLE" dimana pelepas akustik bertindak pasif hanya mampu menerima sinyal atau perintah dari unit kontrol. Cara ini sangat menghemat energi dan digunakan selama periode pemasangan pengukur arus tertambat.
- c. Cara "RELEASE" yaitu pelepas akustik akan melepaskan kunci kaitannya dari rantai dan pemberat sehingga tambatan akan terapung di permukaan.



Gambar 2. Pengukur arus ENDECO tipe 174.



Gambar 3. Pengukur arus ENDECO tipe 1174.



Gambar 4. Pelepas rangkaian akustik (Sealink acoustic release).

TEKNIK PEMASANGAN dan PENGAMBILAN RANGKAIAN

Sebelum pemasangan rangkaian pengukuran arus tambatan ada tahap-tahap kegiatan yang harus dilaksanakan. Rangkaian tahap-tahap kegiatan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Penentuan kedalaman air di lokasi pemasangan alat dan panjang serta rancangan tambatan yang akan dipasang. Setelah itu dilakukan persiapan sarana kerja di kapal.
2. Penyiapan tambatan potongan-potongan kabel yang sesuai dengan susunan komponen tambatan yang direncanakan. Pada masing-masing ujung kabel dibuatkan cincin untuk memudahkan pembentukan rangkaian tambatan. Kabel-kabel tersebut disiapkan dalam gulungan kabel dengan bagian kabel pada tambatan paling atas ditempatkan di bagian luar gulungan.
3. Penyiapan komponen tambatan lainnya termasuk pengaturan pengukuran arus.
4. Pemasangan anoda pada alat-alat yang akan dipasang.
5. Penyiapan besi pemberat untuk memudahkan penurunannya.
6. Penyiapan alat-alat bantu seperti derek yang kuat (perlu untuk mengangkat besi pemberat ± 2 ton), pemotong kabel serta alat-alat teknik yang mungkin diperlukan.
7. Penyiapan alat pendukung seperti trisponder untuk penentuan posisi kapal, echosounder untuk menentukan kedalaman serta alat komunikasi antara anjungan dan geladak.

Selanjutnya pada tahap pemasangan rangkaian tambatan dilakukan kegiatan sebagai berikut:

1. Olah gerak kapal ke lokasi pemasangan tambatan yang telah ditentukan, sambil

melakukan observasi topografi dasar laut dengan echosounder. Hal ini dilakukan agar penempatan tambatan tidak jatuh pada tebing laut dan sebagainya.

2. Dengan keadaan kapal siap bergerak dilakukan perangkaian komponen tambatan dan menurunkannya ke laut bagian per bagian. Selama proses ini kapal mungkin perlu untuk bergerak agar menjaga rangkaian tambatan yang telah dilepas tidak saling membelit. Rangkaian tambatan yang telah dilepas diusahakan selalu dalam posisi memanjang.
3. Bagian terakhir adalah pemberat. Dengan posisi pemberat yang siap dilepaskan (baik dengan cara memotong kabel maupun dengan cara menggantungnya pada kaitan khusus yang dapat terbuka dengan cara menghentakkannya dengan tali), kapal bergerak ke arah posisi pemasangan tambatan. Dalam olah gerak ini kecepatan kapal dibatasi agar rangkaian tambatan tidak putus. Pada posisi yang tepat pemberat diturunkan.
4. Setelah rangkaian tambatan tenggelam seluruhnya, kemudian dilakukan komunikasi antara unit kontrol dan pelepas akustik. Pelepas akustik diatur untuk pengoperasian ENABLE sehingga jarak dan arah tambatan terhadap kapal dapat diketahui. Setelah dianggap proses pemasangan selesai dan rangkaian tambatan terpasang seperti yang diharapkan maka pelepas akustik diatur untuk pengoperasian cara DISABLE.

Dalam proses pemasangan tambatan terutama untuk rangkaian tambatan yang panjang, kondisi laut dan cuaca perlu diperhitungkan. Pada laut yang berombak cukup besar atau saat arus laut kuat atau juga waktu angin bertiup kencang, usaha pemasangan rangkaian tambatan akan menjadi sulit dan berbahaya karena bekerja dengan peralatan yang berat.

Kondisi kapal yang digunakan dalam survai di Selat Lombok mempunyai bentuk yang sangat memudahkan dalam proses pemasangan rangkaian tambatan. Kapal jenis "supply boat" tersebut mempunyai geladak belakang yang terbuka dan luas. Gambar 5 menunjukan suasana saat pelepasan rangkaian tambatan dan pemasangan fiering.

Olah gerak kapal selama penurunan rangkaian tambatan perlu dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan posisi kabel terhadap baling-baling kapal. Alat bantu seperti galah pengait sangat membantu dalam hal ini. Sewaktu menarik rangkaian tambatan ke lokasi pemasangannya, kapal bergerak melawan arus dengan agak menyimpang hingga berjarak antara 3 hingga 5 km dari posisi pemasangan. Kemudian kapal melakukan putaran besar kearah titik pemasangan, maksudnya agar rangkaian tambatan berada pada posisi melingkar pada saat pemberat dilepaskan sehingga posisi jatuhnya pemberat tidak menyimpang jauh dari titik yang direncanakan. Gambar 6 menunjukkan saat rangkaian tambatan ditarik ke posisi pemasangannya.

Pada waktu pengambilan kembali rangkaian tambatan dilakukan beberapa tahap kegiatan yaitu :

1. Kapal menuju posisi tambatan dan berhenti kira-kira pada jarak 0,5 - 1 km di bagian hilir posisi tambatan.
2. Dilakukan komunikasi antara unit kontrol dengan pelepas akustik, dan mendapatkan informasi tentang jarak dan arah tambatan terhadap kapal.
3. Mengapungkan rangkaian tambatan dengan mengatur cara pelepas akustik untuk pengoperasian cara RELEASE.
4. Mengamati dari kapal arah pelampung tambatan yang muncul kepermukaan air. Setelah itu, kapal mendekati bagian paling atas dari rangkaian tambatan yang berupa pelampung baja-baja terbesar.
5. Dengan bantuan tali pengait dan galah

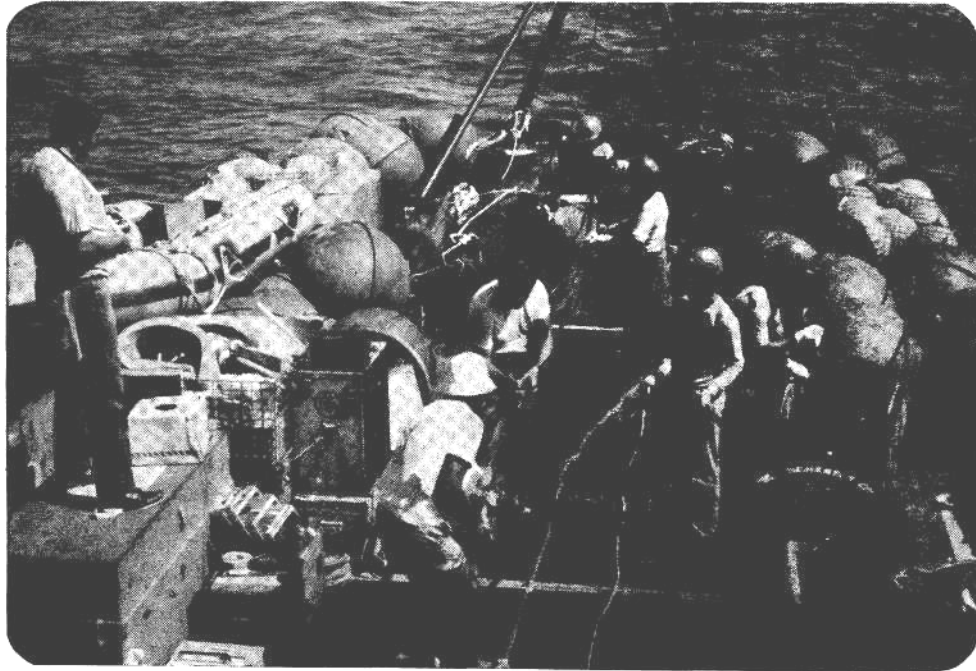
pengait serta derek, pelampung pertama diangkat ke kapal. Setelah itu kabel tambatan dipasang ke derek. Selanjutnya adalah proses penarikan kabel tambatan dan melepaskan komponen rangkaian tambatan. Pada tahap kegiatan ini posisi rangkaian tambatan di air tetap dijaga agar memanjang yaitu dengan melakukan olah gerak kapal.

PEMBAHASAN

Selama kegiatan pemasangan pengukur arus tambatan di Selat Lombok, sejumlah masalah teknis timbul dan menyebabkan gagalnya atau hilangnya sejumlah alat.

Pada satu tambatan dalam pemasangan bulan Januari 1985, pemberat tambatan ternyata tidak cukup berat. Rangkaian tambatan terapung dan hanyut. Kemudian dilakukan koreksi dengan mengapungkan kembali rangkaian tambatan dan memasangkan pemberat baru, rangkaian kemudian dipasang kembali. Beberapa hari kemudian didapatkan bahwa rangkaian tambatan tersebut putus dan terdampar di pantai Kusamba — Bali. Setelah diteliti, diyakini putusnya rangkaian tambatan tersebut karena rangkaian berbelit saat dilakukan pemasangan pemberat baru. Usaha untuk menjaga agar rangkaian tambatan tetap memanjang terlupakan saat itu akibat kesibukan dalam usaha pemasangan pemberat dan hari mulai gelap.

Hilangnya 3 rangkaian tambatan yang dipasang di bagian selatan Selat Lombok hingga sekarang masih belum diketahui penyebabnya. Semua rangkaian tambatan yang dipasang di Selat Lombok tersebut dirancang untuk tahan hingga arus 15 knot. Diduga adanya arus sesaat yang sangat kuat, aktivitas gelombang dalam air yang tinggi, proses turbulensi yang intensif dan tambahan dengan proses elektrolisa pada logam dirangkaian tambatan merupakan penyebab hilangnya rangkaian tambatan tersebut.



Gambar 5. Kegiatan selama pemasangan "fiering" pada kabel tambatan.



Gambar 6. Rangkaian tambatan ditarik ke posisi pemasangannya

Hilangnya dua pengukur arus pada kedalaman 50 m dan terlepasnya baling-baling dan pengukur arus pada kedalaman 25 m dari rangkaian tambatan yang dipasang bulan Juni 1985 hanya diduga akibat adanya arus sesaat yang sangat kuat. Suatu hal yang pasti ialah dinamika massa air di bagian selatan Selat Lombok sangat tinggi intensitasnya.

Semua teknik pengukuran arus laut yang dikenal saat ini selalu mempunyai kelemahan baik dari segi kualitas data atau pun dalam jumlah data. Selain segi kemampuan dari alat ukur itu sendiri, faktor tingginya biaya pengukuran arus di laut merupakan salah satu faktor pembatasan utama.

Pengukuran yang dilakukan dari kapal atau wahana lainnya umumnya hanya memberikan informasi keadaan arus sesaat atau dalam periode yang singkat. Cara ini akan memberikan informasi yang memadai jika dilaksanakan di perairan berarus relatif tetap dalam jangka waktu yang cukup lama. Observasi aliran air dengan menggunakan metode "Lagrange", yaitu mengikuti benda yang dihanyutkan yang disebut drifter; umumnya terbentur pada masalah pemantauan posisi drifter terutama untuk kedalaman air.

Keuntungan dari teknik tambatan yaitu hanya diperlukan operasional kapal dan personil yang terbatas selama periode pemasangan dan pengembaliannya semula. Pelaksanaan pengukuran di Selat Lombok, rata-rata waktu pemasangan untuk tambatan sepanjang 1000 m adalah 5 jam dan untuk pengambilannya kembali sekitar 2 jam. Teknik tambatan bawah permukaan juga menghindarkan gangguan lalu lintas kapal dan gangguan terhadap tambatan itu sendiri. Dari segi data yang dihasilkan, metode ini memberikan data yang berkesinambungan dalam jangka panjang. Kemampuan pengumpulan data ini tergantung pada kemampuan pengukur arus yang digunakan.

Kelemahan dari teknik pengukuran arus ini adalah keberhasilan pengukuran sepenuhnya tergantung pada kemampuan alat ukur. Untuk pemasangan pada kedalaman kurang dari 100 m yang mempunyai aktivitas biologi tinggi, pengaruh biota penempel pada alat ukur dan rangkaian tambatan sangat menentukan keberhasilan pengukuran. Pemeriksaan setempat selama periode pengukuran hanya mungkin dilakukan dengan penyelaman yang terbatas pada beberapa puluh meter saja.

Dalam perairan berarus deras, kemiringan rangkaian tambatan akibat tekanan arus yang berubah-ubah sangat mempengaruhi ketelitian pengukuran dan juga menyebabkan kedalaman dari alat ukur menjadi bervariasi. Data yang diperoleh di Selat Lombok, diketahui bahwa perubahan kedalaman dapat mencapai hingga 100 m untuk alat ukur yang dipasang di kedalaman 200 m pada rangkaian tambatan 1000 m.

Dilengkapinya pengukur arus dengan sensor tekanan air dan sensor kemiringan alat ukur akan meningkatkan mutu data yang diperoleh dari teknik tambatan, khususnya untuk perairan berarus deras. Walaupun demikian hal tersebut tidak dapat menghilangkan kekurangan yang ada dari teknik tambatan tersebut. Perkembangan alat ukur, baru-baru ini tampaknya dapat mengatasi masalah pengukuran dari pengukur arus tambatan yang umum dikenal saat ini. Hasil percobaan pengukuran arus dengan alat yang dinamakan ACDP (Acoustic Doppler Current Profile) menunjukkan hasil yang sangat memuaskan. ACDP ini bekerja dengan sistem kebalikan dari echosounder dan juga memanfaatkan efek "Doppler". Dengan pemasangannya pada dasar perairan atau juga dengan teknik tambatan pada lapisan air di kedalaman yang berarus sangat lemah, ACDP mampu mengukur dan merekam data kecepatan arus pada beberapa kedalaman di atasnya sekaligus, sehingga alat ini mampu menggantikan sejumlah pengukur arus sekaligus. Dewasa

ini maksimum kedalaman operasionalnya baru mencapai 400 m dan harga perunitnya sekitar 100.000 US dollar.

Walaupun mengalami kerugian materi yang tidak sedikit, dari kegiatan pengukuran arus di Selat Lombok dan bagian timur Laut Jawa telah berhasil dikumpulkan data lebih dari 25 pengukur arus yang dipasang dalam 3 tahap selama sekitar 1 tahun. Dari data yang telah dianalisis, adanya aliran air yang sangat besar dari Laut Flores ke Lautan Hindia, pengaruh topan di Lautan Hindia terhadap sistem aliran air di Selat Lombok. Perhitungan sementara terhadap nilai debit air yang melalui Selat Lombok menunjukkan nilai antara 1 - 2 juta m³ per detik. Hasil ini memberikan indikasi yang jelas bahwa perkiraan WYRTKI dalam NAGA REPORT II (1981) tentang debit aliran air yang melalui perairan Indonesia dari Samudera Pasifik ke Lautan Hindia sebesar 1,7 juta m³/detik adalah terlalu kecil.

Dalam kaitannya dengan kegiatan penelitian kelautan di Indonesia, khususnya dalam jangka panjang, aplikasi teknik pengukur arus tambatan akan memberikan keuntungan yang besar dalam mengelola sumberdaya laut dan pemahaman mengenai perairan kita. Kualitas dan kuantitas data yang akan diperoleh memungkinkan untuk menerapkan pengetahuan ilmu kelautan secara maksimum dalam mempelajari dan memahami karakteristik dinamika sirkulasi air laut. Hal ini akan memberikan masukan yang sangat berguna antara lain kepada :

1. Pengembangan model sirkulasi air laut sehingga memungkinkan untuk menuju ke arah peramalan sirkulasi air laut berdasarkan data lain yang lebih mudah diperoleh seperti pasang surut dan kecepatan angin.
2. Penelitian gerakan migrasi jenis ikan-ikan tertentu, sehingga memungkinkan pengelolaan sumberdaya perikanan laut dengan lebih baik lagi.

3. Pengetahuan mengenai pola penyebaran zat pencemar di laut yang bermanfaat dalam pengelolaan kondisi lingkungan hidup.
4. Pemanfaatan sumberdaya gradien termal melalui konversi energi termal lautan (OTEC = Ocean Thermal Energy Conversion)
5. Kegiatan rekayasa kelautan (marine engeneering).

Dipandang dari segi kegiatan penelitian kelautan terpadu, teknik pengukur arus tambatan yang memerlukan waktu operasional kapal yang sangat terbatas, memungkinkan pemanfaatan waktu operasional kapal bagi kegiatan penelitian lainnya sehingga akan meningkatkan arti dari data yang dikumpulkan. Biaya operasional kapal menyerap dana yang sangat besar. Penghematan waktu kapal dalam teknik tambatan, dalam jangka panjang menguntungkan.

Tidak terlepas dari kekurangan teknik pengukur arus tambatan, untuk beberapa bagian perairan Indonesia yang berarus sangat kuat seperti di bagian selatan Selat Lombok, persiapan untuk memungkinkan mengoperasikan teknik pengukur arus tambatan bawah permukaan akan memerlukan dana yang cukup besar. Dalam kondisi dewasa ini, pengukur arus tambatan permukaan dengan pengukur arus berteknologi menengah seperti pengukur arus ONO dan sejenisnya serta daerah operasional di laut dangkal, tampak paling memungkinkan untuk dilaksanakan. Tahap ini perlu dilalui sebelum meningkat ke teknologi tinggi, terutama untuk mendapatkan pengalaman teknis baik di lapangan maupun dalam penanganan dan pengolahan datanya.

KESIMPULAN

Dari keberhasilan dan kegagalan dalam observasi arus di Selat Lombok dengan teknik pengukur arus tambatan bawah permukaan dapat diambil manfaatnya, un-

tuk usaha meningkatkan penelitian arus di Indonesia di masa mendatang yaitu :

1. Walaupun teknik pengukur arus dengan pengukur arus tambatan sangat bermanfaat, teknik tersebut tidak terlepas dari kekurangan dan keterbatasannya.
2. Untuk pemasangan pengukur arus tambatan di perairan berdinamika tinggi diperlukan rancangan khusus dan pengalaman yang memadai dalam pemasangan alat tersebut.
3. Teknik pengukur arus tambatan mungkin tidak tepat digunakan pada daerah seperti bagian selatan Selat Lombok. Walaupun rangkaian tambatan dapat bertahan pada kondisi tersebut, variasi kedalaman pengukuran dan ketelitian pengukuran yang diperoleh akan mengurangi mutu data yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- COX, M.D. 1975. A baroclinic numerical model of the world ocean : Preliminary' results, in numerical model of oceans circulation. National Academy Press, Washington D.C. 364 pp.
- GORDON,A.L . 1986. Interoccean exchange of thermocline water *J. Geophys. Res.*91 : 5037 - 5046.
- MURRY, S.P. and D. ARIEF 1985. Mean flow and thermohaline properties of the Lombok Strait Indonesia, during the western monsoon, January - April 1985 . A Preliminary Report Submitted to the Lembaga Oseanologi Nasional — LIPI, Jakarta Indonesia. 24 pp.
- WYRTKI, K. 1961. Scientific results of marine investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand, 1956 - 61. Naga Report 2, Scripps Intitution of Oceanography. 195 pp.