

**MEMENTUKAN STRUKTUR DAN POLA PERLAPISAN BAWAH LAUT
DENGAN METODE SEISMIC REFLEKSI DANGKAL
DI PERAIRAN SELAT MADURA**



Oleh

PITER LEONG ✓

84 03 144



PERPUSTAKAAN UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. diterima	16-02-93
Nama Draf	-
Volume	1 (satu) lks
Uraian	Hasil
No. Inventaris	93 20 88 0880
No. R.aa	

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

1991

S K R I P S I

Oleh

PITER LEPONG

84 03 144

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1991

MENENTUKAN STRUKTUR DAN POLA PERLAPISAN BAWAH LAUT
DENGAN METODA SEISMİK REFLEKSI DANGKAL
DI PERAIRAN SELAT MADURA

Oleh

PITER LEPONG

84 03 144

Skripsi

Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan
Memenuhi Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

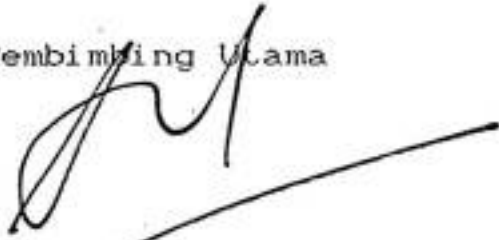
1991

MENENTUKAN STRUKTUR DAN POLA PERLAPISAN BAWAH LAUT
DENGAN METODA SEISMIK REFLEKSI DANGKAL
DI PERAIRAN SELAT MADURA


Disetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Drs. Arsyad Sumah

NIP 130 369 549


Ir. Subaktian Lubis, MSc

NIP 100 007 716

Pada Tanggal, 2 Desember 1991

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur hanya bagi Tuhan, yang telah melimpahkan berkat dan rahmatNya sehingga tugas akhir ini selesai disusun. Tugas akhir ini berjudul "Menentukan Struktur dan Pola Perlapisan Bawah Laut Dengan Metoda Seismik Refleksi Mengkal Di Perairan Selat Madura". Disusun untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai jenjang kesarjanaan pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Dalam rangka merampungkan tulisan ini, penulis telah banyak mendapat bantuan, baik secara moril maupun materil dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Poernomo Kridoharto, MSc; Kakanwil Departemen Pertambangan dan Energi Sulselra di Ujung Pandang yang telah membantu penulis, sehingga penulis diberi kesempatan ikut dalam penelitian di Selat Madura bersama dengan tim dari Pusat Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL) Bandung.
2. Bapak Drs. Arsyad Sumah sebagai pembimbing utama, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga tugas akhir ini selesai disusun.
3. Bapak Ir. Subaktian Lubis, MSc; selaku pembimbing pertama, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama mengadakan penelitian di

bidang Geofisika, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL) Bandung.

4. Bapak Dekan dan Pembantu Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
5. Ketua Jurusan beserta seluruh staf dosen dan karyawan Jurusan Fisika Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Ismail Usna, MSc; sebagai kepala pusat, Bapak Drs. Firdausj Djazuli sebagai kepala bidang geofisika dan Bapak Soebarjio Tjokrosapoetro, MSc; sebagai kepala bidang geologi, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan Bandung.
7. Bapak Bambang Dwiyanto, MSc; selaku pimpinan proyek penelitian kapal Geomarin I milik PPGL.
8. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang tak mungkin disebutkan satu persatu.

Tak lupa kepada seluruh keluarga, penulis menyampaikan rasa terima kasih atas segala kesabaran dan pengorbanannya selama penulis menuntut ilmu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tulisan ini tak lepas dari segala kasalahan dan kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran-saran dari semua pihak yang tentunya akan bermanfaat bagi penulis bagi masa yang akan datang. Harapan penulis semoga tulisan ini bermanfaat adanya.

Ujung Pandang, Oktober 1991.

Penulis

SARI BACAAN

Metoda seismik refleksi dangkal merupakan metoda dinamis yang memanfaatkan pantulan gelombang seismik dari bidang-bidang pantul akibat adanya perbedaan impedansi akustik pada bidang batas antara lapisan.

Dengan metoda ini gelombang seismik yang dipantulkan terekam sehingga menghasilkan penampang grafik yang menggambarkan penampang bawah permukaan dasar laut. Data tersebut digunakan untuk memantau unsur-unsur geologi seperti satuan perlapisan, patahan, intrusi dan sedimen yang mengandung gas. Berdasarkan karakteristik dan konfigurasi refleksi yang muncul pada rekaman ditambah dengan korelasi data geologi darat akan dapat ditafsirkan tentang sebaran, ketebalan dan jenis litologi secara kasar.

Metoda ini telah diterapkan di Selat Madura-Jawa Timur. Hasil penyelidikan memperlihatkan bahwa struktur perlapisan bawah laut Selat Madura menunjukkan kenampakan struktur pola perlipatan.

Kata Kunci : Seismik Refleksi Dangkal.

Abstract

The shallow seismic reflection method is a dynamical method that use seismic wave reflection from reflector as a result different of acoustic impedance on surface boundary at the interface of layers.

By this method, seismic waves that reflected are recorded so yields a graph profile that represent the profile of under the sea . Those data are used to predict geological characteristics such that the layers unit, the fault, intrusion and the sediment gas charge. Based on the characteristics and the configurations of wave reflection which appeared on the recorder correlating to land geological data would be interpretation roughly the distribution, thickness and type of lithology sediment of under the sea structure.

This method has been applied at Madura Strait-East Java. Result of investigation show that layers structure under the sea Madura Strait indicate structural feature fold.

Key Word : The Shallow Reflection Seismic.

DAFTAR ISI

	<i>halaman</i>
Kata Pengantar	iv
Sari Bacaan	vi
Abstract	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Lokasi dan Waktu Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gelombang Seismik	6
2.2 Seismik Refleksi	8
2.3 Geometri Penjalaran Gelombang Seismik	10
2.3.1 Bidang Refleksi Datar	10
2.3.2 Bidang Refleksi Miring	13
BAB III METODOLOGI	16
3.1 Penentuan Posisi Kapal	16
3.2 Pengambilan Data Seismik	17
3.2.1 Peralatan Yang Digunakan	17
3.2.2 Perekaman Seismik	23

BAB	IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
	4.1 Pengolahan Data	26
	4.1.1 Penarikan Batas Sekuen	26
	4.1.2 Pendigitan Waktu Rambat Gelombang	26
	4.1.3 Kecepatan Penjalaran Gelombang Seismik	27
	4.1.4 Perhitungan Ketebalan dan Kedalaman Sekuen	31
	4.1.5 Koreksi Pasang Surut	32
	4.1.6 Koreksi Draft Transduser	32
	4.1.7 Peta Kontur	37
	4.2 Pembahasan	37
	4.2.1 Peta Batimetri	37
	4.2.2 Sekuen-I	38
	4.2.3 Sekuen-II	39
	4.2.4 Sekuen-III	39
	4.2.5 Struktur Lipatan dan Akumulasi Gas	40
BAB	V SIMPULAN DAN SARAN	42
	5.1 Simpulan	42
	5.2 Saran-Saran	43

Daftar Pustaka

Lampiran-Lampiran

DAFTAR TABEL

	halaman
4.1 Kecepatan Penjalaraan Gelombang Seismik	27
4.2 Hasil Pendigitan Waktu Rambat Gelombang Seismik	29
4.3 Hasil Perhitungan Ketebalan Dan Kedalaman Sekuen	35

DAFTAR GAMBAR

	halaman
1.1 Lokasi Penelitian	4
2.1 Elemen Yang Mengalami Tegangan	6
2.2 A) Gelombang Refleksi	9
2.2 B) Diagram Ekuivalen A	9
2.3 Bidang Refleksi Datar	11
2.4 Bidang Refleksi Miring	13
3.1 Blok Diagram Penentuan Posisi Kapal	17
3.2 Skema Peralatan Seismik Refleksi Dangkal	18
3.3 Sparkarray Model 276	19
3.4 Hidrofon Model 265 J	20
3.5 Grafik Recorder Model 3200	21
3.6 Gabungan Kapasitor Bank	22
3.7 Peta Lintasan Seismik	25
4.1 Contoh Rekaman Seismik Refraksi	28
4.2 Grafik Pasang Surut	33
4.3 Koreksi Draft Transduser	33

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
A Analisa Penjalaran Gelombang Refleksi Untuk Bumi Berlapis	46
B-1 Daftar Pasang Surut	53
B-2 Contoh Rekaman Sedimen Mengandung Gas	54
B-3 Contoh Rekaman Lintasan Enam	55
C-1 Peta Kontur Batimetri	56
C-2 Peta Kontur Sekuen-I	57
C-3 Peta Kontur Sekuen-II	58
C-4 Peta Kontur Sekuen-III	59
C-5 Peta Struktur Dan Akumulasi Gas	60
D-1 Penampang 3-D Dasar Laut	61
D-2 Penampang 3-D Sekuen-I	62
D-3 Penampang 3-D Sekuen-II	63
D-4 Penampang 3-D Sekuen-III	64
E-1 Penampang 2-D Lintasan Dua	65
E-2 Penampang 2-D Lintasan Sembilan Belas	66

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Penelitian dalam bidang kelautan khususnya untuk mengetahui bentuk dan struktur geologi bawah permukaan laut adalah sesuatu yang sangat dibutuhkan untuk pekerjaan rekayasa kelautan. Untuk mengetahui bentuk tersebut dibuat suatu model ideal perlapisan bumi. Model ini dapat didekati dengan menggunakan metoda geofisika dan menerapkan beberapa asumsi ke dalam struktur bumi yang tersusun dari beberapa lapisan.

Dewasa ini, metoda seismik adalah metoda yang umum digunakan. Metoda ini adalah salah satu metoda geofisika yang didasarkan pada waktu tempuh penjalaran gelombang seismik di bawah permukaan bumi. Gelombang seismik yang merambat ke bawah permukaan bumi dihasilkan dari gelombang buatan, misalnya dengan ledakan dinamit, menjatuhkan beban, pemukulan permukaan bumi, getaran suara dan sebagainya. Gelombang buatan tersebut akan menjalar ke dalam bumi dan sebagian energinya akan kembali ke permukaan setelah mengalami pembiasan atau pemantulan pada bidang batas lapisan. Gelombang tersebut diterima oleh detektor kemudian direkam pada alat rekaman.

Gelombang yang tertangkap tersebut mengandung informasi tentang sifat-sifat fisis, struktur dan pola perlapisan batuan di bawah permukaan laut. Metoda seismik terbagi dua yaitu metoda

seismik refleksi dan metoda seismik refraksi. Kedua metoda tersebut dibedakan dari pola penjalaran gelombang setelah melalui bidang perlapisan batuan. Metoda seismik refleksi didasarkan pada gelombang yang mengalami pemantulan pada bidang batas perlapisan batuan. Pemantulan gelombang disebabkan karena perbedaan sifat-sifat fisis batuan antara lain rapat massa dan kecepatan gelombang dalam batuan tersebut.

1.2 Ruang Lingkup Penelitian

Pemetaan bawah permukaan laut untuk keperluan rekayasa kelautan biasanya menggunakan metoda seismik refleksi dangkal (*continuous seismic reflection profiling*). Metoda ini menggunakan gelombang bunyi sebagai sumber gelombang seismik. Hasil pantulan gelombang yang diterima dengan detektor, terekam dalam bentuk penampang dua dimensi. Dimensi pada skala vertikal menggambarkan penampang bawah permukaan dan dimensi pada skala horison menunjukkan titik-titik posisi dan jarak yang ditempuh kapal.

Hasil rekaman seismik yang diperoleh dibagi dalam beberapa sekuen dengan berpedoman pada perubahan amplitudo dan kesinambungan rekaman. Waktu rambat gelombang seismik dalam tiap sekuen diukur dalam selang waktu tertentu. Hasil pengukuran yang masih dalam satuan waktu diolah menjadi titik-titik ketebalan dan kedalaman refleksi dalam satuan meter. Ketebalan dan kedalaman refleksi dikoreksi dengan data pasang surut dan draft transduser. Hasil ini kemudian diplot

kedalam peta lintasan seismik untuk membuat peta kontur batimetri dan peta kontur masing-masing sekuen.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan ketebalan dan kedalaman tiap-tiap lapisan berdasarkan hasil rekaman seismik.
2. Membuat peta kontur batimetri dan peta kontur masing-masing sekuen.
3. Membuat penampang tiga dimensi struktur dan pola perlapisan batuan sedimen di bawah permukaan dasar laut.

1.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi daerah penelitian berada di Selat Madura yang di batasi koordinat :

112°01' - 114°00' Bujur Timur

07°11' - 07°42' Lintang Selatan

Dalam lembar peta yang dikeluarkan oleh BAKOSURTANAL termasuk pada lembar peta 1608 Gambar 1.1.

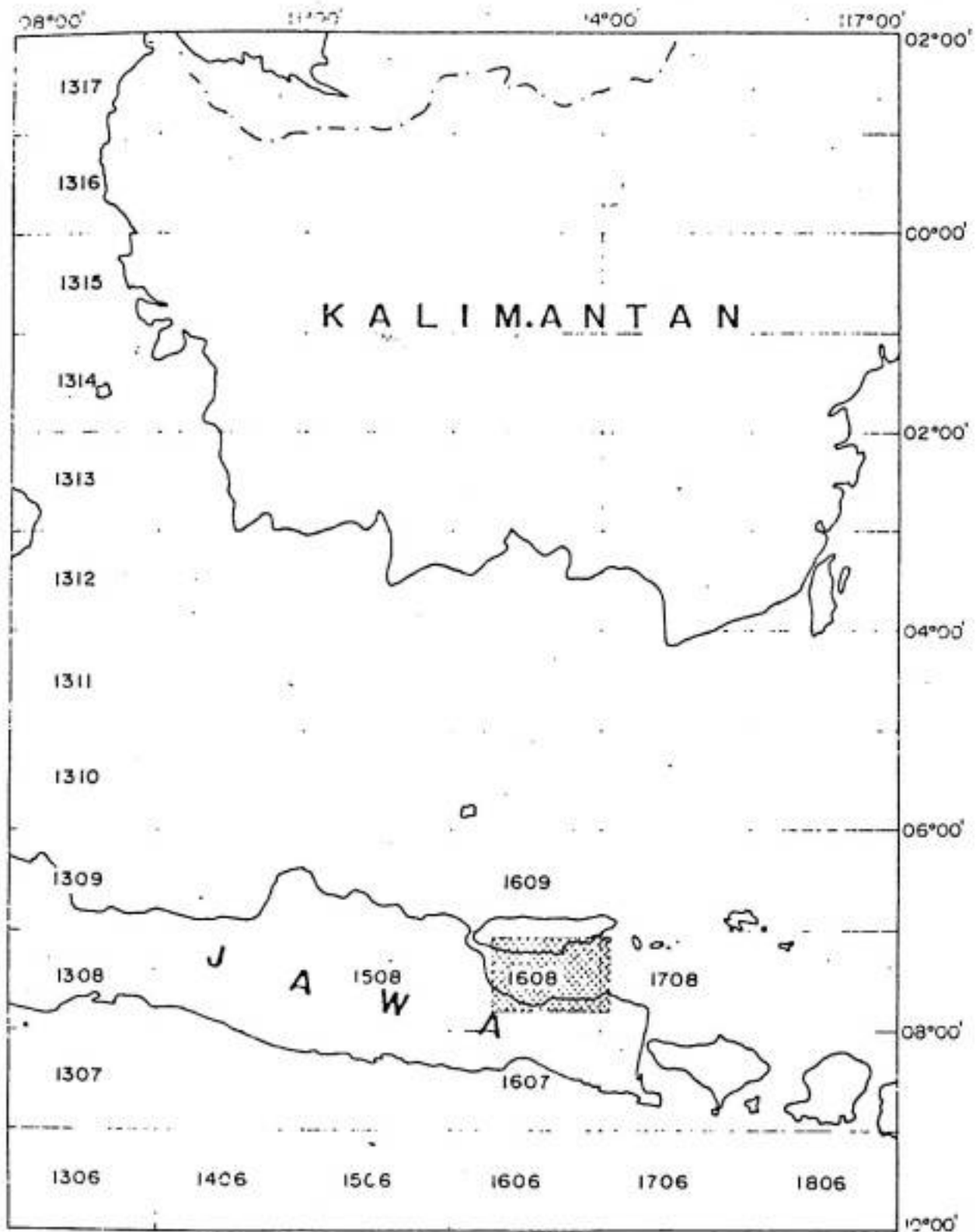
Kegiatan penelitian di lapangan dilaksanakan pada bulan Nopember hingga awal Desember 1990 dengan menggunakan kapal peneliti Geomarin I milik Pusat Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam tulisan ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, ruang lingkup penelitian,



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian (Lbr.1608)

tujuan penelitian, lokasi dan waktu penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi gelombang seismik, seismik refleksi dan geometri penjalaran gelombang seismik.

Bab III Metodologi

Bab ini berisi penentuan posisi kapal, prosedur pengambilan data seismik serta peralatan yang digunakan dalam pengukuran.

Bab IV Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisi pengolahan data serta penyajian hasil dan pembahasan

Bab V Simpulan dan Saran

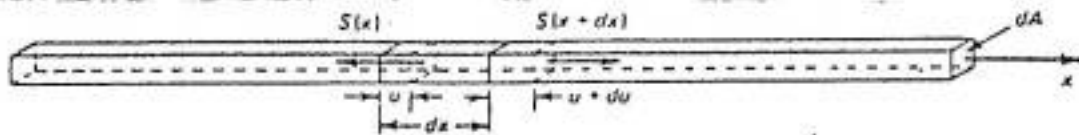
Bab ini berisi simpulan hasil yang diperoleh dan saran-saran teknis pelaksanaan untuk peningkatan mutu data dan pengolahannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Seismik

Metoda seismik didasarkan pada penyebaran gelombang elatis ke dalam bumi. Penjalaran gelombang tersebut banyak dipengaruhi oleh sifat-sifat elastis medium yang dilewati. Berikut ini akan dibahas deformasi elastis pada suatu elemen yang disebabkan karena adanya pengaruh tegangan, seperti pada Gambar 2.1. Elemen tersebut mempunyai luas penampang dA , modulus elastis E dan rapat massa ρ .



Gambar 2.1 Elemen Yang Mengalami Tegangan

Jika elemen tersebut mendapat tegangan sebesar $S(x)$ dalam arah sumbu x maka besarnya gaya pada posisi x adalah $S(x)dA$ dan pada posisi $(x + dx)$ adalah $S(x + dx)dA$. Sesuai dengan Hukum Newton II $F = ma$ dimana m sama dengan $\rho dx dA$ dan a sama dengan $\frac{d^2 u}{dt^2}$ dengan u adalah deformasi, maka secara matematis persamaan tersebut dapat ditulis

$$[S(x + dx) - S(x)]dA = \rho \frac{d^2 u}{dt^2} dx dA \quad (2.1)$$

jika

$$[S(x + dx) - S(x)] = \left(\frac{ds}{dx}\right)dx \text{ dan } s = E \frac{du}{dx} \quad (2.2)$$

maka dengan substitusi persamaan (2.2) ke persamaan (2.1) diperoleh

$$E \frac{d^2 u}{dx^2} dx dA = \rho \frac{d^2 u}{dt^2} dx dA \quad (2.3a)$$

$$\frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{\rho}{E} \frac{d^2 u}{dt^2} \quad (2.3b)$$

Dalam persamaan gelombang satu dimensi persamaan (2.3b) dapat ditulis

$$\frac{d^2 q}{dx^2} = \frac{1}{V^2} \frac{d^2 q}{dt^2} \quad (2.4)$$

dimana V adalah cepat rambat gelombang seismik. Perbandingan persamaan (2.3b) dan (2.4) diperoleh

$$V = \left(\frac{E}{\rho}\right)^{1/2} \quad (2.5)$$

yang menyatakan bahwa cepat rambat gelombang seismik bergantung pada modulus elastis dan rapat massa dari pada medium.

Persamaan gelombang tiga dimensi, dapat diturunkan dengan cara yang sama seperti di atas. Persamaan Dix menyatakan bahwa suatu tegangan dilatasi S dapat dinyatakan dalam bentuk

$$S = 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (2.6)$$

Jika didefrensialkan terhadap x maka

$$E \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 2\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \lambda \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (2.7)$$

jadi $E = 2\mu + \lambda$ dengan $\mu =$ modulus geser

λ = konstanta Lamé.

Tegangan deformasi tiga dimensi dinyatakan dengan

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = \frac{\rho}{2\mu + \lambda} \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} \quad (2.8)$$

dimana θ dilatasi kubik.

Untuk deformasi regangan diperoleh

$$\frac{\partial^2 \alpha}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \alpha}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \alpha}{\partial z^2} = \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2} \quad (2.9)$$

dimana α = regangan geser.

Dengan membandingkan persamaan (2.4) dengan persamaan (2.8)

dan (2.9) maka di dapat

$$V_p = \left(\frac{2\mu + \lambda}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2.10)$$

dimana V_p = kecepatan gelombang P

$$V_s = \left(\frac{\mu}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2.11)$$

V_s = kecepatan gelombang S.

Jika perbandingan persamaan (2.10) dan (2.11) diberi

simbol dengan γ maka diperoleh bahwa

$$\gamma^2 = \frac{V_p^2}{V_s^2} = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} = \frac{1/2 - \nu}{1 - \nu} \quad (2.12)$$

dimana ν = Poisson Ratio. Bila konstanta elastisnya positif maka V_p selalu lebih besar dari V_s . Harga γ berkisar antara 1,5 hingga 2,0.

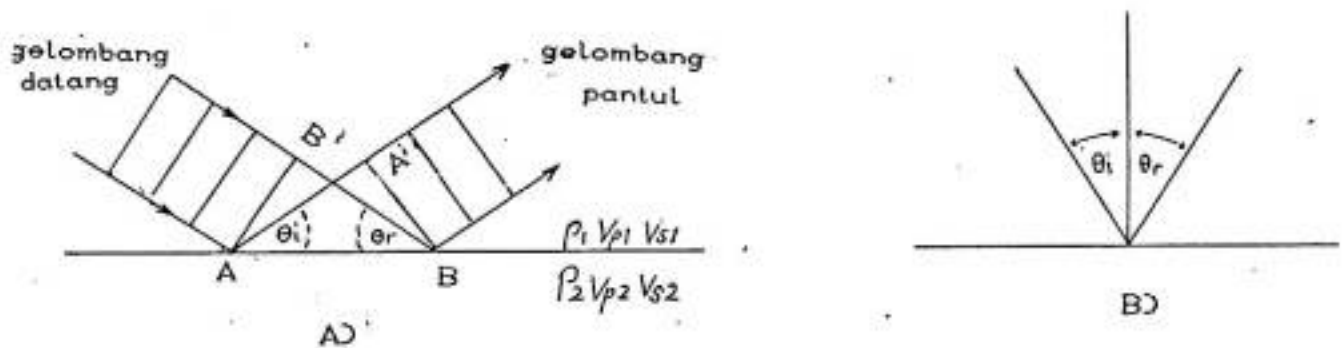
2.2 Seismik Refleksi

Gelombang yang merambat dalam suatu medium jika sampai pada suatu bidang batas akan direfleksikan dan direfraksikan

menjadi gelombang P dan gelombang S. Jika hanya gelombang yang mengalami refleksi yang ditinjau maka sesuai dengan Gambar 2.2 akan diperoleh bahwa $BB' = V_1 t$, $AA' = V_1 t$ dimana t adalah waktu penjalaran gelombang dari B ke B' dengan kecepatan V_1 . Berdasarkan Gambar 2.2 tersebut maka diperoleh

$$\sin \theta_i = \frac{BB'}{AB} = \frac{V_1 t}{AB} \quad (2.13)$$

$$\sin \theta_r = \frac{BB'}{AB} = \frac{V_1 t}{AB} \quad (2.14)$$



Gambar 2.2 A) Gelombang Refleksi

B) Diagram Ekuivalen A

Perbandingan persamaan (2.13) dengan (2.14) diperoleh

$$\sin \theta_r = \sin \theta_i \quad (2.15a)$$

atau

$$\theta_r = \theta_i \quad (2.15b)$$

Persamaan (2.15) dikenal sebagai Hukum Refleksi yang

menyatakan sudut gelombang refleksi (θ_r) sama dengan sudut gelombang datang (θ_i). Jika sudut gelombang datang ($i = 0$) maka perbandingan energi gelombang refleksi E_r dengan energi gelombang datang E_i adalah

$$\left. \frac{E_r}{E_i} \right|_{i=0} = \frac{(\rho_2 V_{p2} - \rho_1 V_{p1})}{(\rho_2 V_{p2} + \rho_1 V_{p1})} \quad (2.16)$$

Akar kuadrat dari perbandingan ini dikenal sebagai koefisien refleksi yang disimbol R dimana

$$R = \frac{A_r}{A_i} = \frac{(\rho_2 V_{p2} - \rho_1 V_{p1})}{(\rho_2 V_{p2} + \rho_1 V_{p1})} \quad (2.17)$$

dengan A_r = Amplitudo gelombang Refleksi.

A_i = Amplitudo gelombang datang

ρV_p = Impedansi akustik.

Impedansi akustik adalah sifat dari suatu medium yang bergantung pada rapat massa dan kecepatan gelombang kompresi:

2.3 Geometri Penjalaran Gelombang Seismik

Dalam menginterpretasi data seismik refleksi dibutuhkan pengetahuan kecepatan gelombang seismik pada setiap sekuen. Diasumsikan bahwa kecepatan gelombang seismik bertambah secara linier terhadap kedalaman dan dalam satu medium adalah konstan. Gelombang yang menjalar dalam medium tersebut akan direfleksikan oleh bidang diskontinuitas dengan sudut yang sama dengan sudut datang gelombang tersebut.

2.3.1 Bidang Refleksi Datar

Pada Gambar 2.3 AB merupakan bidang refleksi dengan

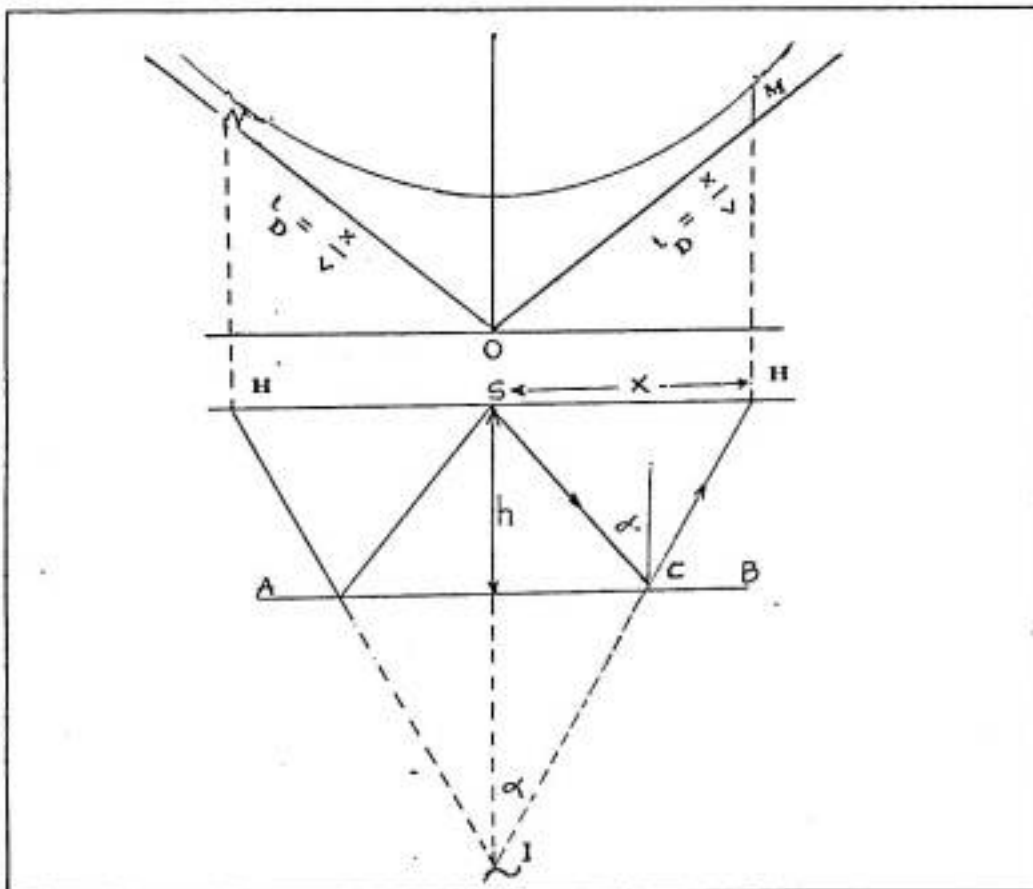
kedalaman h dimana S merupakan titik tembak. Gelombang akan menjalar sepanjang SC , dan direfleksikan dengan sudut sebesar α . Dengan menarik garis HI yang mempunyai sudut α terhadap SI maka didapat $SC=CI$, sehingga waktu tempuh gelombang sepanjang lintasan SCH , akan sama dengan waktu yang ditempuh sepanjang IH , ($t=IH/V$). X adalah jarak titik tembak dengan detektor, maka dapat ditulis:

$$V^2 t^2 = x^2 + 4h^2 \quad (2.18)$$

atau

$$\frac{V^2 t^2}{4h^2} - \frac{x^2}{4h^2} = 1 \quad (2.19)$$

Persamaan ini merupakan persamaan Hiperbola.



Gambar 2.3 Bidang Refleksi Datar



Detektor pada H akan mencatat waktu tiba gelombang pertama sebesar $t_D = x/V$, persamaan ini adalah linier yang digambarkan oleh garis OM dengan kemiringan (slop) $1/V$.

Lokasi titik refleksi diperoleh dengan mengukur t_0 , hal ini didapat dengan mengatur $x = 0$, maka diperoleh :

$$h = 1/2 V t_0 \quad (2.20)$$

Persamaan 2.18 dapat ditulis menjadi :

$$\begin{aligned} t^2 &= x^2/V^2 + 4h^2/V^2 \\ &= x^2/V^2 + t_0^2 \end{aligned}$$

Jika diplot t^2 terhadap x^2 , akan didapat garis lurus dengan kemiringan (slop) $1/V^2$ dan intersep t_0^2 .

Untuk $2h \gg x$, maka dengan menggunakan ekspansi Binomial persamaan 2.18 dapat dipecahkan untuk harga t , yaitu :

$$\begin{aligned} t &= 1/V (x^2 + 4h^2)^{1/2} \\ &= 1/V (x^2 + 4h^2/4h^2 + 4h^2)^{1/2} \\ &= 2h/V (x^2/4h^2 + 1)^{1/2} \\ &= t_0 \{ 1 + (x/2h)^2 \}^{1/2} \\ &= t_0 \{ 1 + (x/Vt_0)^2 \}^{1/2} \\ &= t_0 \{ 1 + 1/2(x/Vt_0)^2 - 1/8(x/Vt_0)^4 + \dots \} \quad (2.21) \end{aligned}$$

Suku ke-tiga dan seterusnya dapat diabaikan karena nilainya sangat kecil. Sehingga persamaan 2.21 dapat ditulis

$$t = t_0 \{ 1 + 1/2(x/Vt_0)^2 \} \quad (2.22)$$

Jika t_1 , t_2 , x_1 , dan x_2 adalah dua waktu tempuh dan jarak,

maka diperoleh pendekatan pertama :

$$\Delta t = t_2 - t_1 \equiv 1/2 (x_2^2 - x_1^2) / v^2 t_0 \quad (2.23)$$

Dalam keadaan khusus dimana detektor berada dalam titik

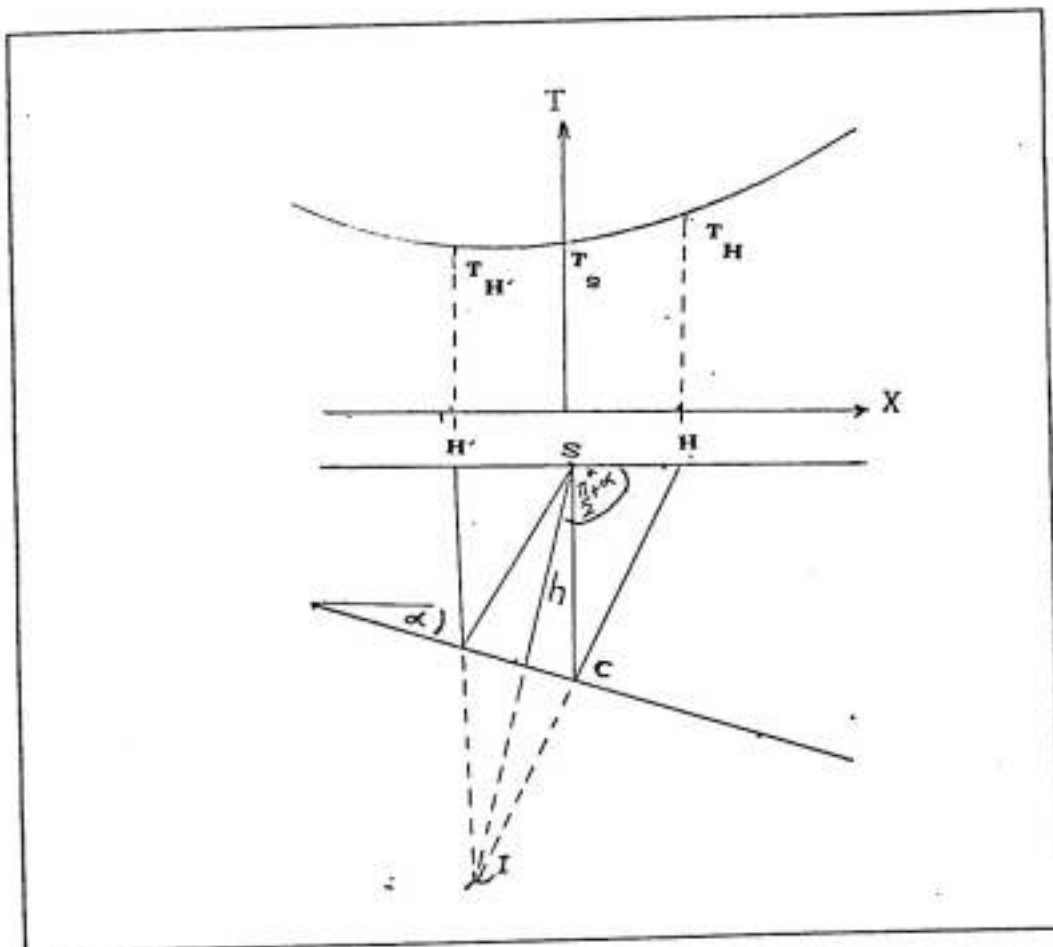
tembak, $\Delta t_n \equiv 1/2 x^2 / v^2 t_0 \quad (2.24)$

2.3.2 Bidang Refleksi Miring

Gambar 2.4 menggambarkan bidang refleksi miring dengan

α = sudut kemiringan bidang refleksi

h = jarak normal terhadap dasar refleksi (permukaan reflektor).



Gambar 2.4 Bidang Refleksi Miring

Hukum cosinus untuk segitiga SIH :

$$\begin{aligned}
v^2 t^2 &= (IH)^2 \\
&= x^2 + 4h^2 - 4hx \cos(\pi/2 + \alpha) \\
&= x^2 + 4h^2 + 4hx \sin \alpha \qquad (2.25)
\end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned}
v^2 t^2 &= x^2 + 4h^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) + 4hx \sin \alpha \\
&= x^2 + 4h^2 \sin^2 \alpha + 4h^2 \cos^2 \alpha + 4hx \sin \alpha \\
&= x^2 + 4hx \sin \alpha + 4h^2 \sin^2 \alpha + 4h^2 \cos^2 \alpha \\
&= (x + 2h \sin \alpha)^2 + 4h^2 \cos^2 \alpha \\
\frac{v^2 t^2}{(2h \cos \alpha)^2} - \frac{(x + 2h \sin \alpha)^2}{(2h \cos \alpha)^2} &= 1
\end{aligned}$$

Persamaan ini merupakan persamaan Hiperbola.

Untuk $2h \gg x$, dengan ekspansi Binomial dapat diperoleh harga t yaitu :

$$\begin{aligned}
t^2 &= \frac{x^2 + 4h^2 + 4hx \sin \alpha}{v^2} \\
t &= 1/v \{(x^2/4h^2 + 1 + 4hx/4h^2 \sin \alpha)4h^2\}^{1/2} \\
&= 2h/v \{1 + \frac{x^2 + 4hx \sin \alpha}{4h^2}\}^{1/2} \\
&= t_0 \left(1 + \frac{x^2 + 4hx \sin \alpha}{4h^2}\right)^{1/2} \\
&= t_0 \left\{1 + \frac{x^2 + 4hx \sin \alpha}{8h^2} + \frac{1}{128} \left(\frac{x^2 + 4hx \sin \alpha}{h^2}\right)^2 + \dots\right\}
\end{aligned}$$

Suku ke-tiga dan seterusnya dapat diabaikan karena nilainya sangat kecil, sehingga dapat dituliskan :

$$t \equiv t_0 \left\{1 + \frac{x^2 + 4hx \sin \alpha}{8h^2}\right\} \qquad (2.26)$$

Untuk memperoleh sudut kemiringan, diambil perbedaan waktu penjalaran dua gelombang untuk 2 (dua) detektor berjarak sama dari titik tembak; misalnya waktu penjalaran tersebut t_1 dan t_2 , dan harga x positif untuk downdip detektor, dan negatif untuk updip detektor. Waktu penjalaran gelombang tersebut masing-masing dapat ditulis :

$$t_1 \equiv t_0 \left(1 + \frac{x^2 + 4hx \sin \alpha}{8h^2} \right)$$

$$t_2 \equiv t_0 \left(1 + \frac{x^2 - 4hx \sin \alpha}{8h^2} \right)$$

$$\Delta t_d \equiv t_1 - t_2 \equiv t_0 \{ (x \sin \alpha)/h \} \equiv (2x/V) \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = 1/2V (\Delta t_d / x)$$

BAB III

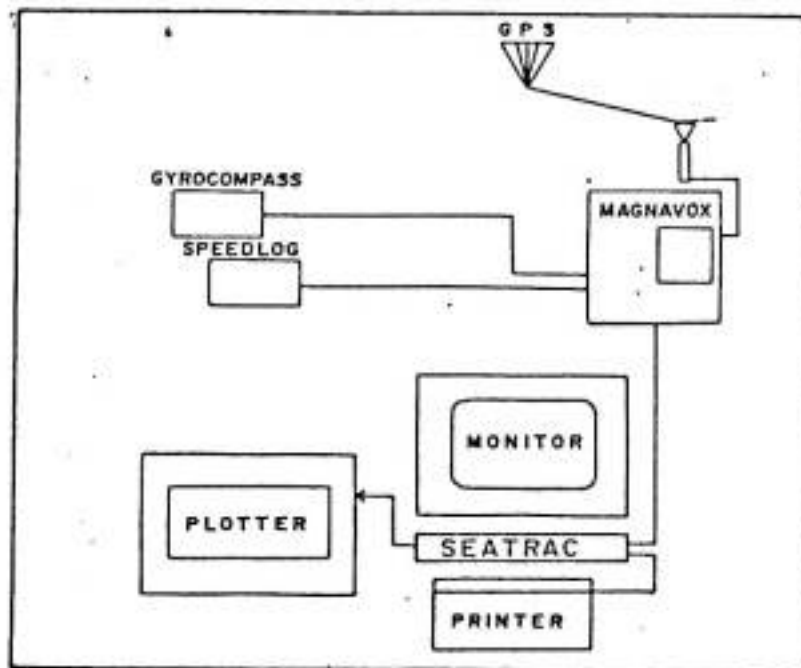
M E T O D O L O G I

3.1 Penentuan Posisi Kapal

Penentuan posisi kapal pada penelitian di Selat Madura menggunakan global positioning system yang biasa disingkat dengan GPS. Penentuan posisi dengan cara ini menghasilkan posisi lintang dan bujur pada setiap waktu yang telah ditentukan. Interval waktu dapat dirubah sesuai dengan keadaan dan kebutuhan di lapangan. Metoda ini juga dilengkapi dengan program *seatrac* yang mampu memproses data posisi kapal yang diterima dari GPS, kemudian dituangkan dalam peta lintasan kapal. Perlengkapan peralatan penentu posisi kapal antara lain :

- Antene penerima
- Magnavox model 1102
- Speedlog
- Gyrocompas
- Monitor
- C P U (*seatrac*)
- Program *Seatrac*
- Plotter

Peralatan tersebut blok diagramnya dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1. Setiap koordinat lintasan seismik dimasukkan dalam program *seatrac* untuk diproses dan ditampilkan pada layar monitor untuk mengontrol gerak kapal agar tetap dalam rencana lintasan seismik. Posisi kapal dapat ditampilkan di layar monitor dan diplot pada plotter dengan skala tertentu. Dalam penelitian ini posisi kapal ditampilkan setiap dua detik.



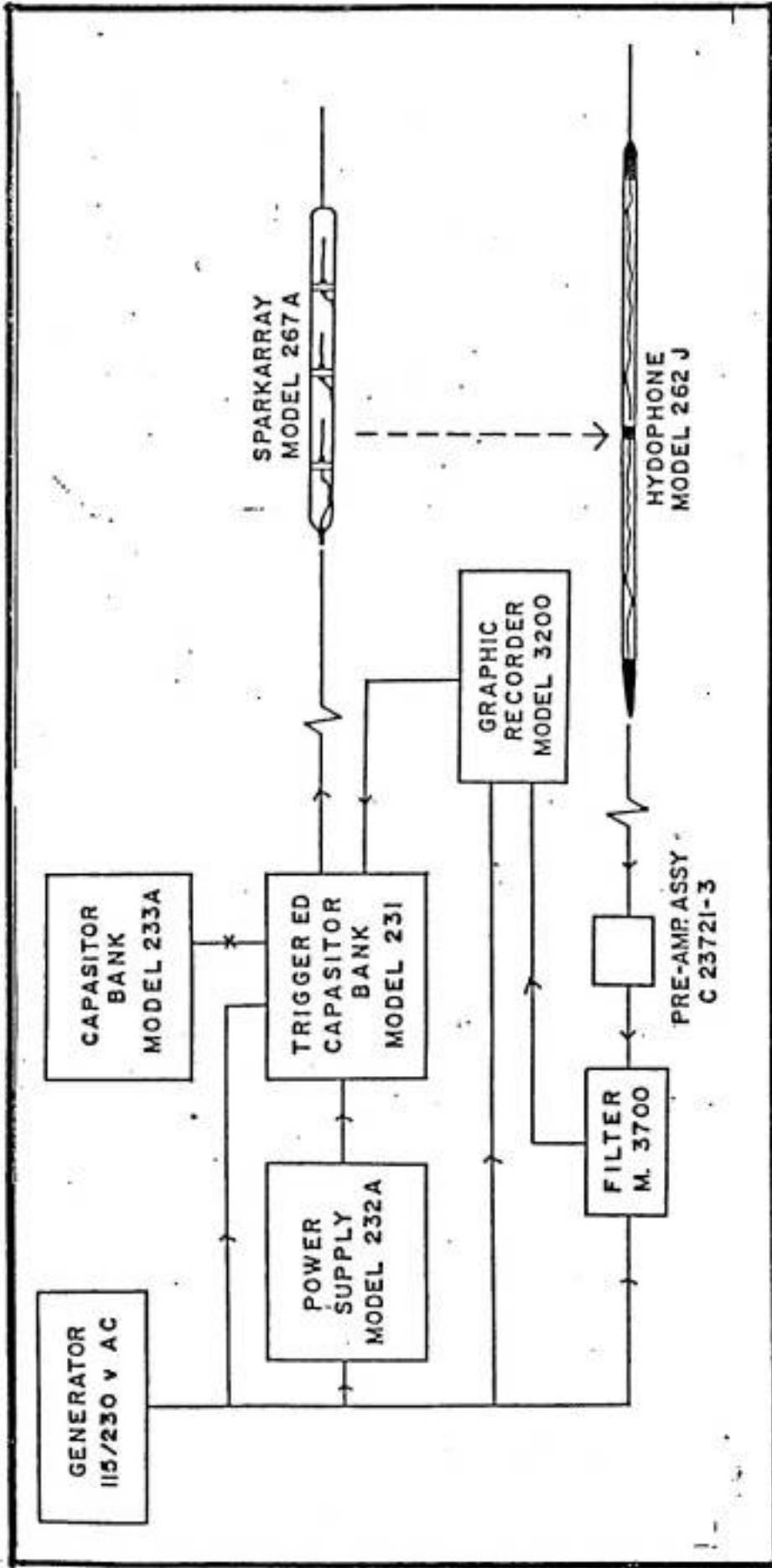
Gambar 3.1 Blok Diagram Penentuan Posisi Kapal

3.2 Pengambilan Data Seismik

3.2.1 Peralatan Yang Digunakan

Sistem peralatan yang digunakan dalam pengambilan data terdiri dari :

- Sparkarray model 267A
- Hydrophone model 265J
- Graphic Recorder model 3200S
- Trigger Capacitor Bank model 231
- Khron Hite Filter model 3700
- Time Varied Gain (TVG) Amplifier model 307B
- Power Supply model 232A



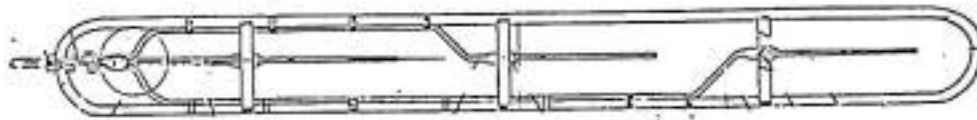
Gambar 3.2

Skema sistem Peralatan Sparker

Peralatan tersebut ditempatkan di atas kapal dengan skema seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.2. Fungsi dari masing-masing peralatan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

Sparkarray Model 267A

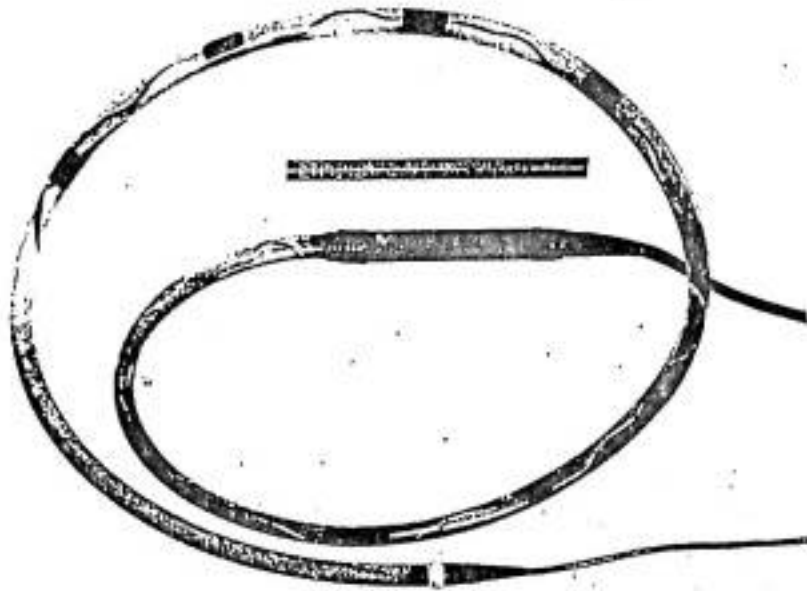
Alat ini berfungsi sebagai sumber gelombang seismik, dengan cara melepaskan sumber energi listrik melalui kutub elektroda ke dalam air laut. Model ini mempunyai elektroda tiga buah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sparkarray Model 267A

Hydrophone Model 265J

Berfungsi sebagai alat penerima gelombang seismik dalam media air. Model tersebut dilengkapi dengan pre amplifier. Elemennya berbentuk tabung yang berisi cairan yang dilengkapi dengan dua buah kabel yang merupakan detektor, dimana daerah ini adalah merupakan daerah aktif. Dalam pengoperasiannya pre amplifier diberi tegangan DC yang berada dalam kotak baterai dan dihubungkan dengan recorder. Bentuknya berupa suatu tabung yang memanjang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hydrophone Model 265J

Graphic Recorder Model 3200

Graphic recorder model 3200 berukuran kecil sehingga mudah dipindah-pindahkan dan digunakan untuk penelitian pada lingkungan perairan. Instrumen ini memiliki mode pengoperasian ganda yang terdiri dari pengoperasian saluran tunggal, pengoperasian saluran ganda dan pengoperasian penyapuan dengan waktu tunda (delayed time).

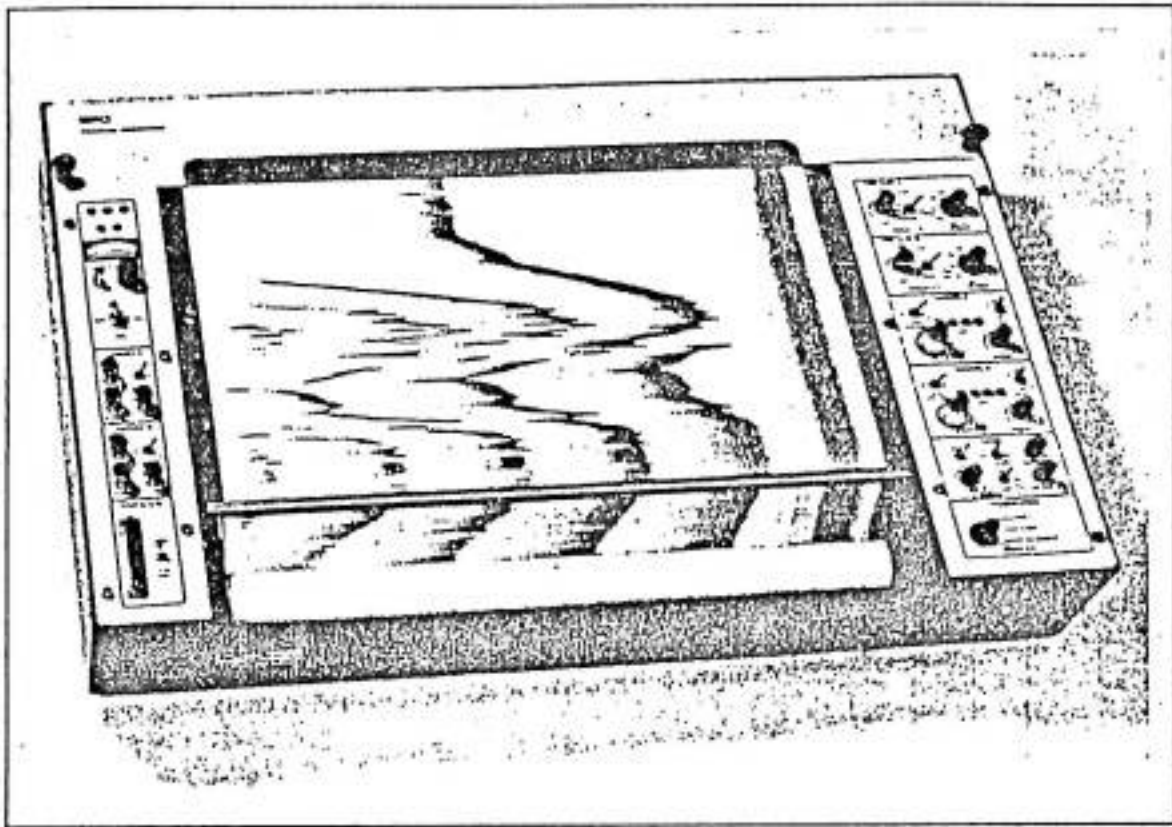
Power Supply Model 232A

Model ini mempunyai spesifikasi antara lain

- Tegangan masukan 110-120V atau 220-240V AC frekuensi 50-60Hz
- Tegangan keluaran maksimum 3,8 Kv
- Melepaskan energi 1000 Joule setiap detik.

Trigger Capacitor Bank Model 231

Alat ini menerima tegangan DC dari power supply,



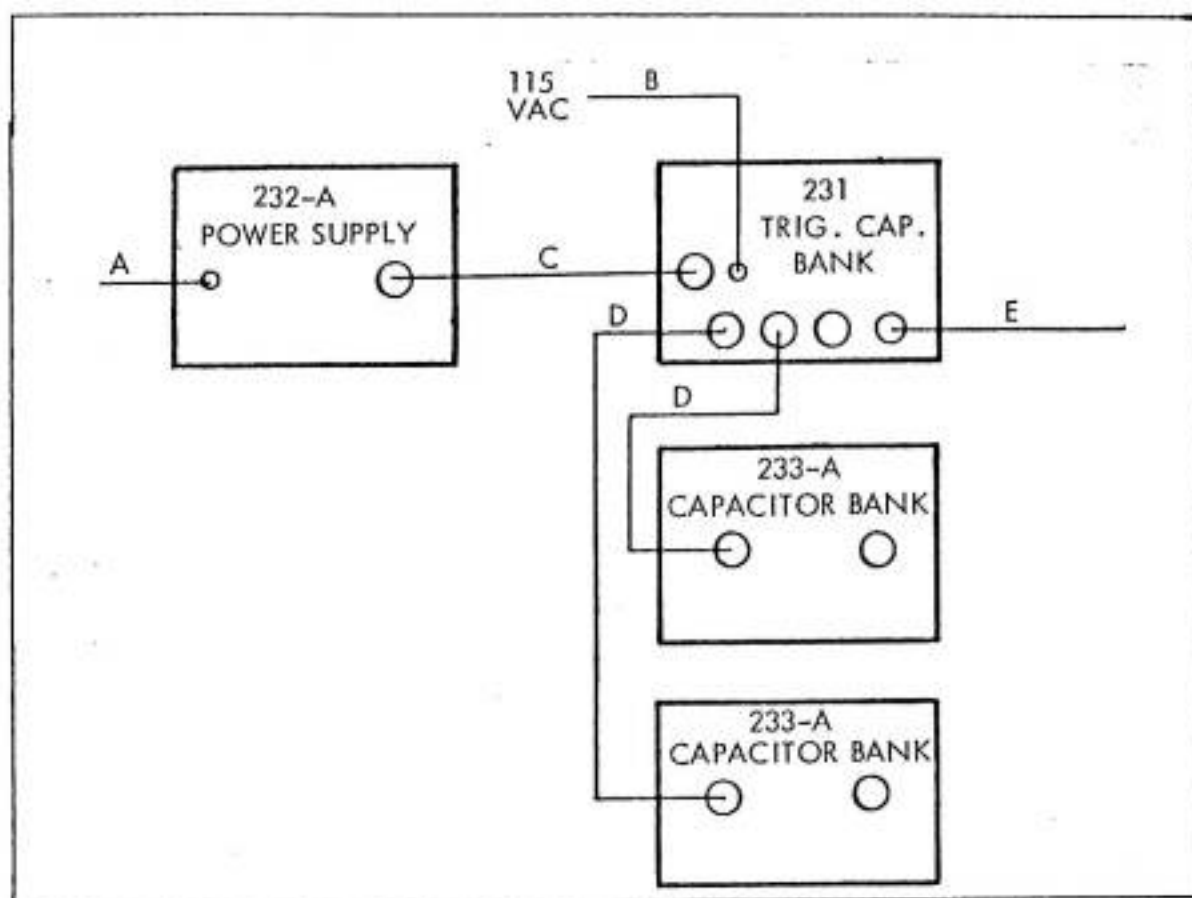
Gambar 3.5 Graphic Recorder Model 3200

kemudian disimpan dalam kapasitor. Model ini berisi capacitor $160 \mu\text{f}$ sebagai tempat penyimpanan muatan atau energi yang dihubungkan dengan saklar pemicu untuk melepaskan energi ke sparker. Spesifikasi alat ini antara lain :

- Mampu menyimpan energi sebesar 1000 Joule
- Menerima tegangan masukan 110V AC dan maksimum 3,8 Kv DC dengan kuat arus rata-rata 0,5 Amper.

Capacitor Bank Model 233A

Capacitor bank model 233A dilengkapi dengan kemampuan menyimpan daya nominal 3500 Joule. Dihubungkan paralel dengan trigger capacitor bank yang dilengkapi dengan kemampuan menyimpan energi tambahan.



Gambar 3.6 Gabungan Capacitor Bank

Gabungan dari beberapa komponen akan menghasilkan energi keluaran yang lebih besar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6. Energi luaran dari sistem ini adalah merupakan fungsi dari kapasitansi total dengan kuadrat dari tegangan yang secara matematis dapat ditulis menjadi

$$\text{Daya keluaran} = 1/2 CV^2$$

dimana C adalah total kapasitansi dalam satuan microfarad dan V adalah tegangan dalam satuan kilovolt.

TVG Amplifier Model 307B.

Gelombang seismik yang diterima oleh hidrofons energinya sudah mengecil sehingga akan menghasilkan rekaman yang kurang jelas pada kertas rekaman. Untuk itu energinya perlu dikuatkan

sebelum ditampilkan pada rekaman. Time Varied Gain Amplifier yang biasa disingkat dengan TVG adalah perlengkapan peralatan seismik yang menguatkan sinyal-sinyal seismik sebelum direkam.

Khron Hite Filter

Berfungsi sebagai *band pass filter* yang menyaring frekuensi yang tidak diinginkan sebelum ditampilkan pada rekaman. Hal ini dimaksudkan supaya pada kertas rekaman tidak terlalu banyak muncul sinyal pengganggu yang tidak diinginkan. Nois yang terlalu banyak muncul pada rekaman akan menyulitkan pada saat melakukan interpretasi.

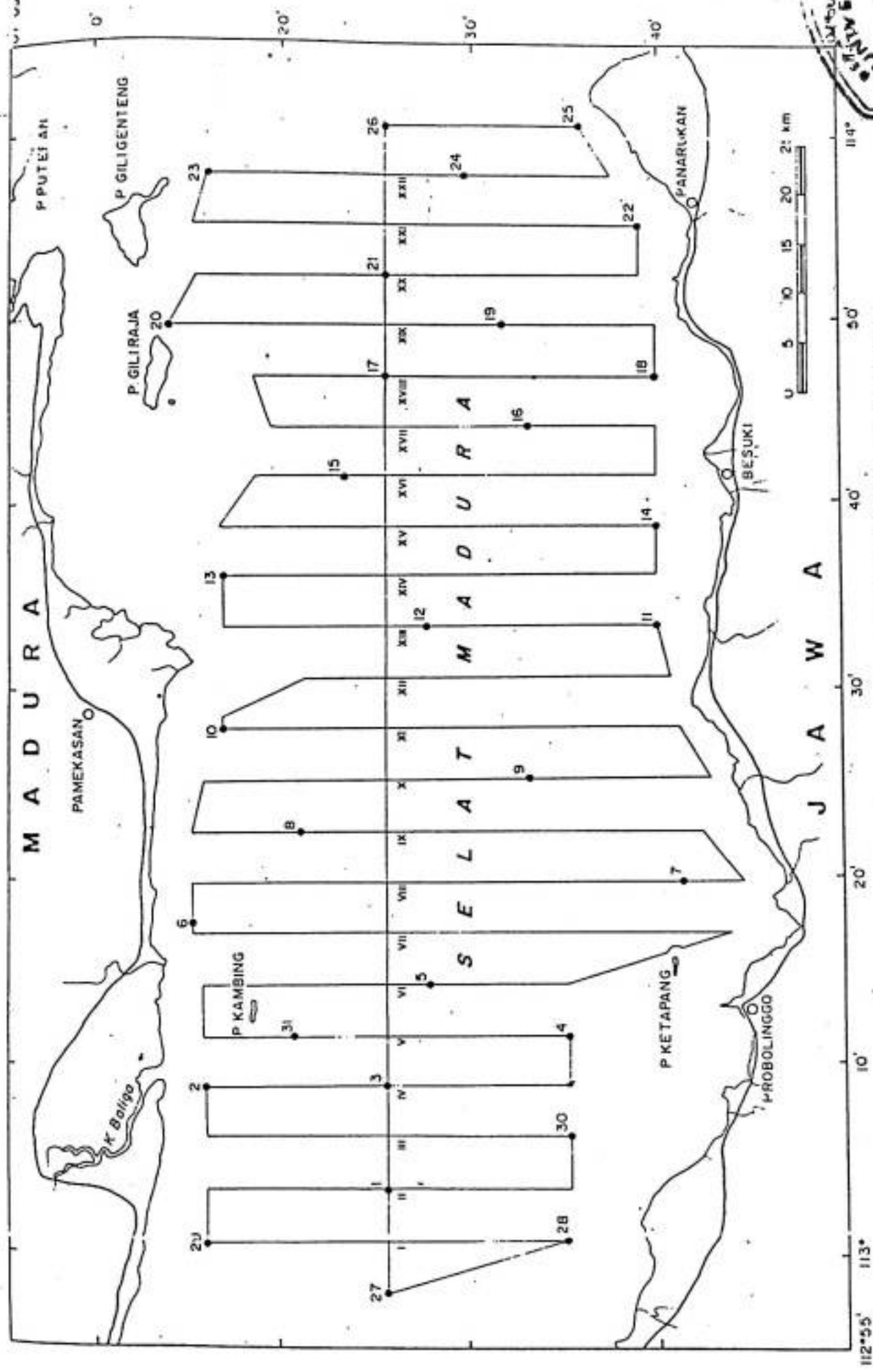
3.2.2 Perekaman Seismik

Perekaman seismik dilakukan setelah peralatan dirangkai seperti pada Gambar 3.2. Masing-masing alat di switch pada posisi on. Kapal akan bergerak sepanjang lintasan yang telah ditentukan (Peta Lintasan Gambar 3.7). Pada titik-titik yang ditandai dalam peta lintasan, kapal berhenti kemudian dilakukan pengambilan sampling yaitu pengambilan contoh batuan permukaan dasar laut dengan menggunakan alat penginti corer.

Pengambilan data seismik dilakukan dengan menggunakan sumber daya keluaran sebesar 300 dan 400 Joule dengan selang waktu pemicuan 0,5 detik. Penggunaan sumber daya tersebut dilakukan atas pertimbangan teknis. Apabila sumber daya yang digunakan terlalu kecil akan menyebabkan kurangnya penetrasi sehingga hasil rekaman pada tiap lapisan akan kurang jelas. Apabila digunakan energi yang lebih besar dari itu akan menimbulkan terjadinya refleksi ganda (*multiple*) yang makin

tajam dan bertambah banyak, sehingga menyulitkan pada waktu melakukan penafsiran.

Pola lintasan dibuat sedemikian rupa sehingga dengan pola lintasan tersebut korelasi dan koreksi lintasan untuk memperoleh gambaran geologi akan lebih mudah. Pada penyelidikan ini dilakukan dengan menggunakan pola kisi yaitu pola yang terdiri dari lintasan-lintasan yang saling tegak lurus. Dalam hal ini terdiri dari lintasan-lintasan yang tegak lurus pantai yang berarah Timur-Barat dengan selang jarak 500 meter. Banyaknya lintasan yang tegak lurus pantai terdiri dari 22 lintasan dan satu lintasan *cross line* yang memotong semua lintasan. Pemakaian pola lintasan seismik seperti pada Gambar 3.7, dilakukan berdasarkan pertimbangan geologi dan topografi dasar laut, yang diperkirakan berdasarkan data geologi yang tersedia.



PETA LINTASAN SEISMIK DAN LOKASI PENGAMBILAN CONTOH
SELAT MADURA - GAMBAR 3.7

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Penarikan Batas Sekuen

Parameter-parameter yang digunakan dalam menafsirkan rekaman seismik adalah dengan memperhatikan kesinambungan perlapisan dan perubahan amplitudo dari hasil rekaman. Rekaman seismik yang merupakan data lapangan di daerah penyelidikan secara keseluruhan dibagi menjadi tiga sekuen utama yang dilandasi oleh *seismic basement* seperti yang diperlihatkan pada contoh rekaman pada Lampiran B-2 dan B-3.

Pembagian atau penafsiran batas sekuen terutama didasarkan pada kesinambungan perlapisan. Pola rekaman yang diperoleh memperlihatkan empat sekuen ditambah dengan *seismic basement* tetapi yang diperkirakan sebagai sekuen keempat tidak dipetakan karena tidak menunjukkan adanya kesinambungan. Sekuen ini hanya muncul pada beberapa lintasan sehingga kalau dipetakan akan menyebabkan timbul terlalu banyaknya interpolasi.

4.1.2 Pendigitan Waktu Rambat Gelombang Seismik

Waktu rambat gelombang seismik dalam air laut dan dalam tiap sekuen diukur dari hasil rekaman dengan menggunakan skala yang dibuat. Waktu rambat diukur dalam *two way travel time* (TWT) artinya waktu yang dibutuhkan gelombang seismik menjalar dari sparker kembali ke hidrofons setelah mengalami

pemantulan pada bidang batas lapisan.

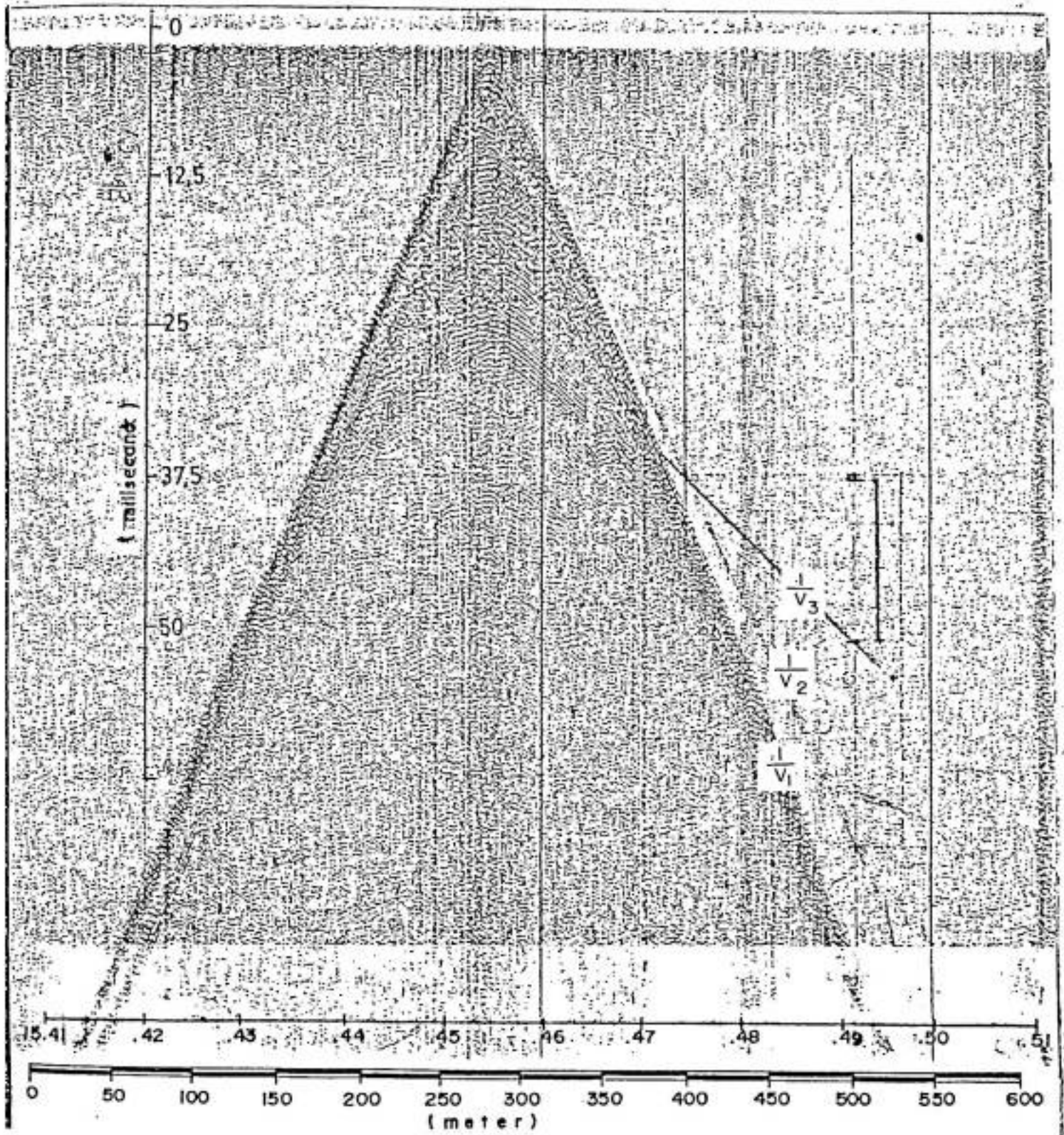
Dalam pengambilan data seismik pemicuan (triggering) diatur tiap 0,5 detik berarti satu skala vertikal pada kertas rekaman sama dengan 50 milidetik-TWT. Hasil dari pengukuran waktu perambatan gelombang yang di peroleh, sebagian kecil disajikan dalam tabel 4.2.

4.1.3 Kecepatan Penjalaraan Gelombang Seismik

Kecepatan penjalaran gelombang seismik dalam tiap sekuen ditentukan berdasarkan rekaman seismik refraksi metoda *wide angle* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1. Hasil rekaman tersebut berupa rekaman grafik, dengan skala horison dalam satuan meter dan skala vertikal dalam satuan milidetik. Besarnya nilai cepat rambat gelombang seismik dalam tiap sekuen ditentukan dengan cara menarik garis singgung pada tiap-tiap sekuen yang nampak pada rekaman refraksi. Besarnya kecepatan adalah gradien garis singgung yang dibentuk oleh jarak lintasan kapal dan waktu rambat gelombang. Kecepatan penjalaran gelombang seismik yang diperoleh adalah seperti pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1

Nomor	Jenis Sekuen	Kecepatan (m/det)
1.	Air Laut	1550
2.	Sekuen-I	1650
3.	Sekuen-II	1710
4.	sekuen-III	2140



Gambar 4.1 Contoh Rekaman Seismik Refraksi

Tabel 4.2

Waktu Rambat Gelombang

No	t (jam)	PENGUKURAN DENGAN SKALA				WAKTU RAMBAT GELOMBANG			
		SK-1 (cm/s)	SK-2 (cm/s)	SK-3 (cm/s)	SK-4 (cm/s)	T-1 (mdet)	T-2 (mdet)	T-3 (mdet)	T-4 (mdet)
1	20.35	30.7	60.7	100.67	145.7	77.3	137.3	201.3	291.3
2	20.40	35.3	66.3	95.33	140.3	70.7	132.7	190.7	280.7
3	20.45	36.7	66.7	90.67	136.7	73.3	133.3	197.3	273.3
4	20.50	35.3	60.3	90.33	140.3	70.7	120.7	196.7	280.7
5	20.55	33.3	53.3	77.33	153.3	60.7	106.7	156.7	246.7
6	21.00	32.7	39.7	57.67	82.7	45.3	79.3	115.3	165.3
7	21.05	31.3	33.3	48.33	64.3	62.7	66.7	86.7	128.7
8	21.10	31.3	32.3	32.33	46.3	62.7	64.7	64.7	92.7
9	21.15	31.3	33.3	48.33	64.3	62.7	66.7	96.7	120.7
10	21.20	32.0	47.0	68.00	97.0	64.0	94.0	136.0	194.0
11	21.25	32.0	62.0	82.00	123.0	64.0	124.0	164.0	246.0
12	21.30	32.0	72.0	97.00	136.0	64.0	144.0	194.0	272.0
13	21.35	30.7	70.7	92.67	136.7	61.3	141.3	185.3	273.3
14	21.40	30.0	55.0	90.00	132.0	60.0	110.0	180.0	264.0
15	21.45	28.0	50.0	86.00	117.0	56.0	100.0	172.0	234.0
16	21.50	25.3	45.3	82.33	105.3	50.7	90.7	164.7	210.7
17	22.00	20.7	37.7	75.67	105.7	41.3	73.3	151.3	211.3
18	22.05	16.7	31.7	55.67	71.7	33.3	63.3	111.3	143.3
19	22.10	13.3	20.3	36.33	53.3	26.7	40.7	72.7	106.7
20	22.15	10.7	15.7	30.67	45.7	21.3	31.3	61.3	91.3
21	23.05	22.7	33.7	39.67	57.7	45.3	67.3	79.3	115.3
22	23.10	24.7	26.7	39.67	49.7	49.3	53.3	79.3	99.3
23	23.15	26.7	36.7	46.67	72.7	53.3	73.3	93.3	145.3
24	23.20	28.0	42.0	58.00	100.0	56.0	86.0	116.0	216.0
25	23.25	30.0	50.0	70.00	125.0	60.0	100.0	140.0	250.0
26	23.30	30.0	53.0	95.00	135.0	60.0	106.0	190.0	270.0
27	23.35	30.7	55.7	94.67	133.7	61.3	111.3	189.3	267.3
28	23.40	31.3	46.3	94.33	121.3	62.7	92.7	108.7	242.7
29	23.45	31.3	51.3	86.33	106.3	62.7	102.7	172.7	212.7
30	23.50	32.0	52.0	89.00	112.0	64.0	104.0	178.0	224.0
31	23.55	32.7	57.7	93.67	132.7	65.3	115.3	187.3	265.3
32	0.00	33.3	58.3	99.33	148.3	66.7	116.7	198.7	296.7
33	0.05	34.7	54.7	102.67	129.7	69.3	109.3	205.3	259.3
34	0.10	36.7	61.7	106.67	140.7	73.3	123.3	213.3	281.3
35	0.15	38.7	60.7	108.67	140.7	77.3	137.3	217.3	297.3
36	0.20	40.0	70.0	110.00	147.0	80.0	140.0	220.0	294.0
37	0.25	43.3	70.3	108.33	148.3	86.7	140.7	216.7	296.7
38	0.30	46.0	70.0	106.00	149.0	92.0	140.0	212.0	298.0
39	0.35	48.0	68.0	108.00	153.0	96.0	136.0	216.0	306.0
40	0.40	51.3	74.3	111.33	161.3	102.7	148.7	222.7	322.7

41	0.45	51.3	74.3	114.33	158.3	192.7	148.7	228.7	316.7
42	0.50	45.7	66.7	111.67	149.7	93.3	133.3	223.3	299.3
43	0.55	45.3	60.3	85.33	137.3	90.7	120.7	170.7	274.7
44	1.00	44.7	56.7	81.67	112.7	89.3	113.3	163.3	225.3
45	1.65	44.0	54.0	79.00	119.0	89.0	100.0	158.0	236.0
46	1.10	44.7	59.7	94.67	139.7	89.3	119.3	189.3	279.3
47	1.15	44.0	67.0	91.00	127.0	88.0	134.0	182.0	254.0
48	1.20	44.0	71.0	89.00	125.0	88.0	142.0	178.0	250.0
49	1.25	44.7	59.7	83.67	134.7	89.3	117.3	177.3	269.3
50	1.30	44.7	59.7	87.67	135.7	89.3	117.3	175.3	271.3
51	1.35	43.3	58.3	85.33	137.3	86.7	116.7	170.7	264.7
52	1.40	43.7	61.7	84.67	131.7	89.3	123.3	169.3	263.3
53	1.45	43.3	58.3	80.33	122.3	86.7	116.7	160.7	244.7
54	1.50	41.3	56.3	76.33	106.3	82.7	112.7	152.7	212.7
55	1.55	40.0	54.0	65.00	96.0	80.0	108.0	130.0	192.0
56	2.00	37.3	42.3	52.33	97.3	71.7	84.7	104.7	174.7
57	2.05	33.3	43.3	50.33	103.3	66.7	86.7	100.7	206.7
58	2.10	34.7	39.7	54.67	84.7	69.3	79.3	107.3	169.3
59	2.15	36.0	41.0	50.00	86.0	72.0	82.0	116.0	172.0
60	2.20	36.7	42.7	60.67	95.7	73.3	83.3	121.3	191.3
61	2.25	36.7	44.7	65.67	95.7	73.3	89.3	133.3	191.3
62	2.40	38.0	48.0	60.00	95.0	76.0	96.0	136.0	190.0
63	2.45	40.0	50.0	72.00	101.0	80.0	100.0	144.0	202.0
64	2.50	43.3	50.3	78.33	119.3	86.7	116.7	156.7	238.7
65	2.55	44.7	64.7	84.67	130.7	89.3	129.3	169.3	261.3
66	3.00	44.7	60.7	89.67	134.7	89.3	121.3	179.3	269.3
67	3.05	44.0	56.0	81.00	126.0	88.0	112.0	162.0	252.0
68	3.10	43.3	56.3	73.33	113.3	86.7	112.7	146.7	226.7
69	3.15	43.3	58.3	71.33	107.3	86.7	116.7	142.7	214.7
70	3.20	43.3	53.3	70.33	113.3	86.7	106.7	140.7	226.7
71	3.25	44.7	59.7	75.67	124.7	89.3	119.3	159.3	249.3
72	3.30	45.3	65.3	87.33	135.3	90.7	130.7	174.7	270.7
73	3.35	46.0	71.0	90.00	146.0	92.0	142.0	196.0	292.0
74	3.40	46.7	77.7	107.67	160.7	93.3	159.3	218.3	321.3
75	3.45	48.0	73.0	111.00	160.0	95.0	150.0	222.0	336.0
76	3.50	50.0	70.0	117.00	173.0	100.0	160.0	234.0	330.0
77	3.55	50.0	70.0	114.00	160.0	100.0	160.0	220.0	320.0
78	4.00	48.7	70.7	110.67	162.7	97.3	141.3	221.3	325.3
79	4.05	46.7	69.7	109.67	156.7	95.3	139.3	219.3	313.3
80	4.10	43.3	71.3	100.33	160.3	86.7	146.7	216.7	320.7
81	4.15	40.0	67.0	110.00	170.0	80.0	134.0	220.0	340.0
82	4.20	37.3	70.3	112.33	192.3	86.7	146.7	224.7	314.7
83	4.25	36.0	66.0	71.00	136.0	78.0	92.0	142.0	252.0
84	4.30	33.3	33.3	54.33	93.3	66.7	66.7	116.7	186.7
85	4.35	32.7	37.7	37.67	39.7	65.3	75.3	115.3	175.3
86	4.40	31.3	48.3	48.33	64.3	62.7	96.7	96.7	128.7
87	4.45	30.0	37.0	50.00	80.0	60.0	74.0	100.0	160.0
88	4.50	29.3	36.3	54.33	84.3	58.7	72.7	108.7	168.7
89	4.55	29.3	34.3	33.33	65.3	53.7	68.7	110.7	170.7

4.1.4 Perhitungan Ketebalan dan Kedalaman Sekuen

Perhitungan kedalaman air laut dan ketebalan masing-masing sekuen dilakukan dengan menggunakan persamaan yang diturunkan dari hasil pemantulan bidang datar seperti yang dicantumkan pada lampiran A. Data-data masukan dalam perhitungan ini adalah :

- Waktu (t) dan kecepatan (V) penjalaran gelombang seismik.
- Jarak (x) antara sparker dan hidrofons.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program terapan dari Lotus 123 dengan menggunakan fungsi matematis yang disediakan oleh program tersebut. Kedalaman dasar laut dihitung dengan menggunakan persamaan (A-1) yang ada pada Lampiran A. Sedangkan untuk menghitung ketebalan masing-masing sekuen menggunakan persamaan (A-2.7) untuk sekuen -I, persamaan (A-3.7) untuk sekuen-II dan persamaan (A-4) untuk sekuen-III.

Fungsi matematis yang disediakan program Lotus 123 yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu :

- @ABS(x) : Fungsi ini akan memberikan harga mutlak untuk x .
- @ROUND($x;n$) : Fungsi ini akan membulatkan x hingga n desimal.
- @SQRT(x) : Fungsi ini akan memberikan akar kuadrat dari untuk x .

Faktor x bisa berisi angka langsung atau alamat sel.

Hasil perhitungan ketebalan dan kedalaman lapisan yang diperoleh sebagian kecil disajikan dalam Tabel 4.3, berdasarkan data dari tabel 4.2.

4.1.5 Koreksi Pasang Surut

Koreksi pasang surut diberikan untuk mendapatkan kedalaman terhadap duduk tengah (mean sea level-MSL) dari kedalaman hasil pengukuran. Besarnya koreksi pasang surut ditentukan berdasarkan kedudukan permukaan air laut pada waktu pengamatan. Secara matematis koreksi pasang surut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$(Cp)_t = (MSL - (TWL)_t) \quad (5.1)$$

dimana $(Cp)_t$ = besarnya koreksi pasang surut yang harus diberikan pada angka kedalaman air laut.

$(TWL)_t$ = kedudukan permukaan air laut sesungguhnya (true water level) pada waktu-t.

MSL = Kedudukan duduk tengah (mean sea level)

Data yang digunakan diperoleh dari daftar pasang surut yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro-Oseanografi TNI-AL tahun 1990 seperti yang dicantumkan pada Lampiran-B.

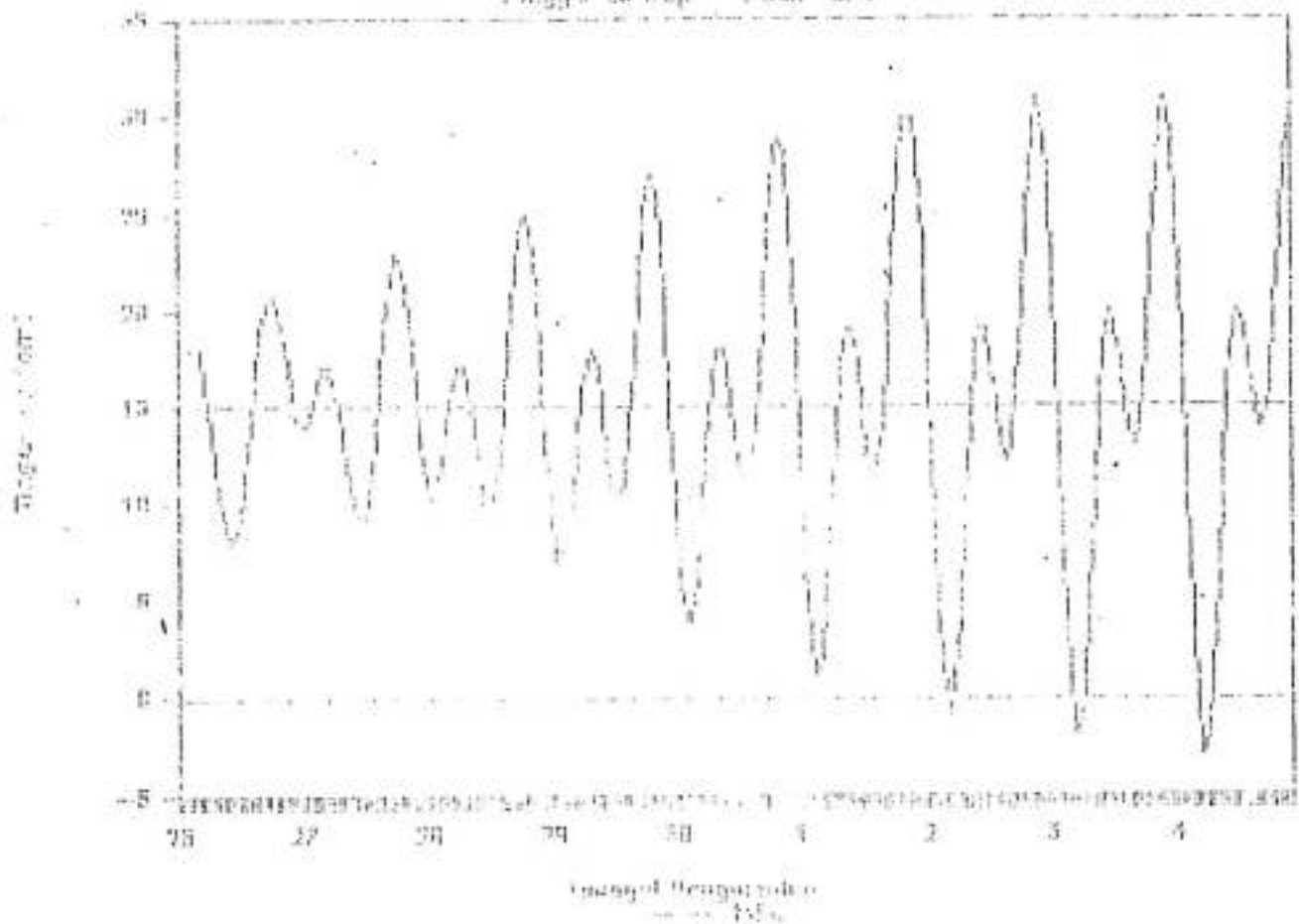
Grafik tinggi air sesungguhnya selama pengamatan dapat dilihat seperti pada Gambar 4.2 pada halaman berikut. Hasil dari pengolahan data pasut digunakan sebagai data koreksi kedalaman dasar laut.

4.1.6 Koreksi Draft Transducer

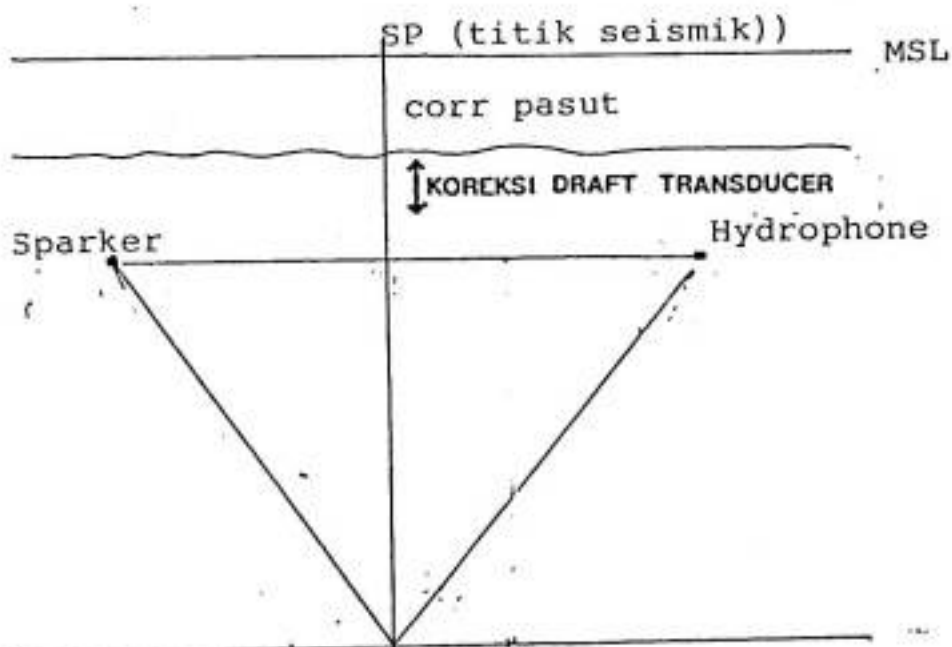
Koreksi draft transduser adalah koreksi yang disebabkan

GRAFIK PASANG SURUT

Tanggal 26 Mei -- 4 Mei 1990



Gambar 4.2 Grafik Pasang Surut



Gambar 4.3 Koreksi Draft Transduser

karena letak transduser (sparker dan hidrofona) yang berada di bawah permukaan air, sehingga kedalaman yang terukur bukan dari permukaan air laut, melainkan dari permukaan transduser (lihat Gambar 4.3).

Oleh sebab itu untuk mendapatkan kedalaman terhadap permukaan laut, hasil kedalaman pengukuran harus dikoreksi sebesar kedalaman permukaan transduser di bawah permukaan laut. Koreksi draft transduser ini selalu bertanda positif. Besarnya koreksi draft transduser ini ditentukan dengan mengukur langsung permukaan transduser di bawah permukaan laut sebelum perekaman dilaksanakan. Hasil pengukuran yang diperoleh sebesar 0,5 meter di bawah permukaan laut. Besarnya koreksi tersebut langsung ditambahkan pada angka kedalaman yang didapatkan.



Tabel 4.3

Hasil Perhitungan Ketebalan dan Kedalaman Sekuen

D.	KOORDINAT		TASUT (m)	BATHIM (m)	KETEBALAN			KEDALAMAN		
	X (cm)	Y (cm)			SEQ-1 (m)	SEQ-2 (m)	SEQ-3 (m)	DEPT-1 (m)	DEPT-2 (m)	DEPT-3 (m)
1	46.5	21.0	-1.2	57	47	53	96	106	159	253
2	46.5	22.0	-1.2	54	48	48	96	103	151	247
3	46.5	22.6	-1.2	56	47	53	81	103	156	237
4	46.5	23.2	-1.2	54	39	63	90	95	156	246
5	46.5	23.8	-1.2	51	31	40	98	82	122	220
6	46.5	24.4	-1.2	50	10	39	54	69	90	144
7	46.5	25.0	-1.2	48	2	17	45	50	67	112
8	46.5	25.7	-1.2	48	0	0	38	49	49	78
9	46.5	26.3	-1.1	48	2	25	34	50	75	109
10	46.5	26.9	-1.0	49	23	35	62	72	107	169
11	46.5	27.2	-1.0	49	47	33	88	96	129	217
12	46.5	27.5	-1.1	49	63	42	83	112	153	237
13	46.5	27.7	-1.1	47	63	37	94	110	146	241
14	46.5	28.2	-1.0	46	39	58	99	85	143	233
15	46.5	28.8	-1.0	43	34	60	66	77	137	203
16	46.5	29.5	-1.0	39	31	51	49	70	131	191
17	46.5	30.9	-0.9	32	26	63	64	58	121	185
18	46.5	31.5	-0.7	26	23	40	34	49	89	123
19	46.5	32.3	-0.8	23	10	27	36	31	58	94
20	46.5	32.9	-0.8	17	7	25	32	24	45	81
21	48.5	30.4	-0.5	54	17	10	39	52	62	100
22	48.5	29.7	-0.5	37	3	22	21	40	62	83
23	48.5	29.0	-0.4	40	16	17	56	56	73	128
24	48.5	28.4	-0.4	42	24	25	107	66	91	198
25	48.5	28.3	-0.3	45	32	37	119	77	110	220
26	48.5	27.7	-0.3	45	37	70	84	82	152	237
27	48.5	27.3	-0.2	46	40	65	83	86	151	234
28	48.5	26.9	-0.2	47	24	80	58	71	151	208
29	48.5	26.0	-0.1	47	32	58	43	79	137	190
30	48.5	25.1	-0.1	48	32	61	49	80	141	191
31	48.5	24.6	-0.1	49	40	60	83	89	149	232
32	48.5	24.1	0.0	50	40	68	105	90	158	263
33	48.5	23.0	0.0	52	32	80	58	84	164	221
34	48.5	22.0	0.1	53	40	75	73	95	170	242
35	48.5	21.0	0.1	58	48	66	86	106	172	258
36	48.5	20.0	0.2	60	48	66	79	108	174	254
37	48.5	19.0	0.2	65	43	63	86	103	171	257
38	48.5	18.2	0.2	69	39	60	92	107	167	259
39	48.5	18.0	0.3	72	32	66	96	104	170	267
40	48.5	17.7	0.3	77	37	61	107	114	175	282

41	48.5	16.6	0.4	77	37	66	94	114	180	274
42	48.5	15.9	0.4	70	32	75	81	102	177	258
43	48.5	15.2	0.5	68	25	42	111	92	134	245
44	48.5	14.5	0.5	66	20	42	66	86	128	194
45	48.5	14.1	0.5	65	17	42	86	82	124	209
46	48.5	13.7	0.6	66	25	58	96	91	149	245
47	48.5	13.2	0.6	65	37	40	77	103	143	220
48	48.5	21.8	0.6	65	44	30	77	109	139	216
49	48.5	12.2	0.7	66	25	40	98	91	139	238
50	48.5	11.6	0.7	66	25	46	103	91	138	240
51	48.5	10.9	0.7	64	25	45	101	89	134	234
52	48.5	11.0	0.7	66	20	39	101	94	132	233
53	48.5	9.7	0.7	64	25	37	90	89	126	215
54	48.5	9.0	0.8	61	25	33	64	86	119	183
55	48.5	8.4	0.9	59	23	18	66	82	101	167
56	48.5	7.7	0.9	58	9	17	75	64	81	156
57	48.5	7.3	0.9	49	17	12	113	66	78	191
58	48.5	6.9	0.9	51	9	25	64	60	85	149
59	48.5	6.3	1.0	33	9	28	60	62	90	150
60	48.5	5.8	1.0	54	11	30	75	65	95	169
61	48.5	5.1	1.0	54	14	37	62	60	104	166
62	38.9	7.0	1.0	56	17	33	58	73	106	164
63	38.9	7.7	1.1	59	17	37	62	76	113	175
64	38.9	8.4	1.1	64	25	33	88	89	122	210
65	38.9	9.0	1.1	66	33	33	98	99	132	231
66	38.9	9.7	1.1	66	27	48	96	93	141	237
67	38.9	10.1	1.1	65	20	42	76	85	127	223
68	38.9	10.5	1.1	64	22	28	86	86	114	200
69	38.9	10.9	1.1	64	25	22	77	89	111	188
70	38.9	11.3	1.1	64	17	28	92	81	109	201
71	38.9	12.0	1.1	66	25	33	96	91	124	221
72	38.9	12.7	1.1	67	33	37	103	100	137	239
73	38.9	13.4	1.1	68	41	45	103	109	154	257
74	38.9	14.1	1.1	69	54	45	113	123	169	283
75	38.9	14.8	1.1	71	44	60	122	115	175	297
76	38.9	15.4	1.1	74	33	70	103	107	165	288
77	38.9	16.0	1.1	74	33	73	98	107	180	279
78	38.9	16.7	1.1	72	36	66	101	108	175	286
79	38.9	17.7	1.1	69	38	66	101	107	173	274
80	38.9	18.6	1.1	64	49	58	111	113	171	282
81	38.9	19.5	1.0	59	44	71	128	103	175	303
82	38.9	20.5	1.0	55	54	70	96	109	179	275
83	38.9	21.1	1.0	53	17	42	108	70	112	229
84	38.9	21.8	1.0	49	1	41	75	50	92	166
85	38.9	22.4	1.0	48	9	33	64	57	90	154
86	38.9	23.0	1.0	46	20	0	34	74	74	109
87	38.9	23.7	1.0	44	12	22	64	56	78	142
88	38.9	24.4	1.0	43	12	30	64	55	85	149
89	38.9	25.0	1.0	43	9	35	64	52	87	151
90	38.9	25.7	0.9	43	12	30	86	55	85	171
91	38.9	26.4	0.9	42	12	55	58	54	109	167

4.1.7 Peta Kontur

Hasil perhitungan kedalaman air laut dan ketebalan masing-masing sekuen selanjutnya disajikan dalam bentuk peta kontur batimetri dan peta kontur masing-masing sekuen. Peta kontur dibuat dengan menggunakan paket program topo dan tampilan dalam bentuk tiga dimensi dibuat dengan program surf. Data dimasukkan dalam bentuk X Y Z, dimana X dan Y adalah koordinat titik-titik pengamatan dengan titik (0,0) berada pada peta lintasan seismik $07^{\circ}50'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}55'$ Bujur Timur, dan Z adalah kedalaman dasar laut atau ketebalan masing-masing sekuen. Peta kontur yang diperoleh adalah peta kontur kedalaman dasar laut (batimetri), peta kontur ketebalan sekuen-I, sekuen-II dan sekuen-III yang ditampilkan dalam Lampiran C1-4 dan tampilan 3-D pada Lampiran D1-4.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Peta Batimetri

Morfologi dasar laut Selat Madura makin ke arah Timur makin dalam dengan variasi kedalaman antara 17 meter hingga 87 meter. Peta batimetri Selat Madura (Lampiran C-1) dibuat berdasarkan data rekaman seismik dengan menerapkan koreksi draft transduser dan koreksi pasang surut yang mengacu pada muka laut rata-rata sebagai bidang datum. Interval kontur pada peta ini adalah 5 meter. Selang kontur yang rapat di bagian tepian selat menunjukkan bahwa makin ke tengah selat, kemiringan laut lebih landai dibanding di dekat pantai.

Daerah bagian Barat yang dekat dengan dermaga Tanjung

Perak Surabaya, topografi dasar lautnya lebih dangkal. Pada bagian Utara di sekitar wilayah pantai Madura bagian ini dangkal hingga ke Selatan wilayah pantai Probolinggo. Beberapa lokasi di wilayah pantai Utara dan Selatan sangat dangkal. Kedangkalan ini disebabkan karena munculnya beberapa pulau terumbu seperti Pulau Giligenteng, Pulau Giliraja dan Pulau Ketapang. Munculnya pulau-pulau tersebut disebabkan karena adanya proses perlipatan. Morfologi dasar laut dalam bentuk tiga dimensi ditunjukkan pada Lampiran D-1.

4.2.2 Sekuen-I

Sekuen-I diendapkan selaras di atas sekuen-II. Ketebalan maksimum sekuen-I 105 meter dimana ketebalan yang lebih besar umumnya dijumpai di sekitar lembah sinklin. Ketebalan sekuen ini menipis bahkan menghilang pada puncak-puncak antiklin. Hal ini nampak seperti yang digambarkan dalam penampang dua dimensi pada Lampiran E-1 dan E-2.

Endapan resen yang merupakan endapan lepas ukuran lempung-lanau, umumnya menyebar hampir menutupi seluruh dasar laut. Tetapi karena ketebalannya relatif bervariasi dan sangat tipis maka sulit untuk dipisahkan menjadi sekuen tersendiri.

Pola kontur sekuen-I yang dibuat dengan interval kontur 10 meter (Lampiran C-2) menunjukkan pola yang bervariasi. Offset vertikal dari patahan tumbuh pada sekuen ini nilainya kecil sehingga tidak memberikan pengaruh pada pola kontur secara keseluruhan. Penampang tiga dimensi dari sekuen ini ditunjukkan pada Lampiran D-2.

4.2.3 Sekuen-II

Peta ketebalan sekuen ini (Lampiran C-3) dibuat dengan interval kontur 10 meter. Bagian endapan paling tebal sekuen ini mencapai 93 meter yang dijumpai pada salah satu lembah sinklin. Kontur ketebalan sekuen ini memberikan gambaran yang lebih nyata dari kenampakan rangkaian pegunungan lipatan. Bentuk kontur yang memanjang berarah Timur-Barat menggambarkan punggung yang berselingan dengan lembah yang memanjang pula.

Adanya patahan tumbuh pada sekuen ini tidak mempengaruhi pola kontur sebab offset vertikalnya sangat kecil. Pola kontur yang tertutup pada bagian Utara sumbu lipatan umumnya lebih rapat jika dibanding dengan bagian Selatan. Hal ini memberi gambaran bahwa bentuk puncak lipatan merupakan kubah memanjang tidak simetri. Penampang tiga dimensi yang menggambarkan bentuk dan pola lapisan sekuen ini ditunjukkan pada Lampiran D-3.

4.2.4 Sekuen-III

Sekuen tiga dicirikan dengan adanya reflektor yang tetap kuat hanya kontinuitasnya tidak berlanjut di beberapa lokasi. Sekuen ini memperlihatkan ciri sistem pengendapan normal namun disertai pula oleh efek-efek pengangkatan pada puncak-puncak antiklin. Ketebalan sekuen ini bervariasi antara 4 meter hingga 153 meter. Bagian yang tipis berada pada puncak antiklin dan yang paling tebal berada pada lembah sinklin. Terkadang sekuen ini juga mengalami sesar yang mungkin terjadi karena pengaruh gerakan *seismic basement*.

Internal struktur sekuen ini memperlihatkan selang-seling kasar-halus, yang diduga adalah pengaruh dari siklus pengendapannya. Sekuen ini memperlihatkan suatu kelurusan sumbu dari puncak-puncak antiklin yang umumnya berarah Timur-Barat. Pola kontur yang tertutup (Lampiran C-4) memperlihatkan ketidakaturan dari sistem antiklinorium yang umumnya menunjukkan bentuk tidak simetris. Penampang dalam bentuk tiga dimensi ditunjukkan pada Lampiran D-4.

4.2.5 Struktur Lipatan Dan Akumulasi Gas

Penampang seismik yang berarah Utara-Selatan memperlihatkan paling sedikit lima pasang sumbu lipatan (antiklin dan sinklin). Secara keseluruhan bentuk lipatan ini condong tidak simetri, lereng selatan umumnya lebih landai dari pada lereng utara. Hal ini memberikan indikasi bahwa gaya (stress) yang membentuk lipatan tersebut dominan dari sisi Selatan. Ditinjau dari dinamika tektonik regional, diduga bahwa lipatan-lipatan ini merupakan bagian dan kelanjutan dari sistem lipatan Kendeng yang membentang dari Sragen sampai Mojokerto dan menjam ke bawah permukaan dasar laut Selat Madura.

Patahan banyak ditemukan terutama di sekitar puncak-puncak antiklin yang umumnya merupakan sesar-sesar normal. Sebagian besar patahan ini merupakan sesar tumbuh (*growth fault*) yang mencirikan bahwa sesar ini aktif pada saat proses pengendapan berlangsung. Secara geografis letak Zona patahan ini merupakan kelanjutan dari depresi Randublatung

yang memisahkan sistem pegunungan lipatan Kendeng dan Zona Rembang di bagian Utara Madura (Van Bemmellen, 1949). Hal lain yang memperkuat kemungkinan patahan ini adalah korelasi jenis batuan yang ditemukan di Selatan Madura dan Gresik yakni batulempung, napal dan batugamping yang merupakan batuan yang lunak, plastis sehingga berpeluang untuk terpatahkan.

Indikasi sedimen mengandung gas (*gas charge sediment*) dan paket gas merembes hampir mencapai dasar laut, contoh rekamannya seperti yang ada pada Lampiran B-2. Rembesan gas ini terperangkap atau terakumulasi di bawah batuan kedap (lempung atau napal) yang kemudian tersebar membentuk zona yang cukup luas. Akumulasi gas terbesar terdapat di Selatan Pulau Madura menerus ke arah Timur hingga ke Pulau Giligenteng seperti yang ditunjukkan pada peta struktur lipatan dan akumulasi gas pada Lampiran C-5. Pada daerah ini gelombang seismik tidak mampu menjalar sehingga tidak mungkin untuk memperoleh rekaman reflektor-reflektor di bawahnya, sehingga dalam memetakan sekuen tersebut dilakukan dengan interpolasi.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

1. Rekaman seismik yang diperoleh merupakan penampang seismik analog yang menerus sepanjang 1180 km yang mencakup perairan Selat Madura.
2. Berdasarkan hasil perhitungan kedalaman laut, diperoleh kedalaman minimum 17 m dan kedalaman maksimum 87 m ($V = 1500$ m/det).
3. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa struktur perlapisan bawah laut Selat Madura menunjukkan adanya beberapa pola perlipatan (sinklin dan antiklin). Pola lipatan tersebut umumnya berbentuk kubah dan pada puncak-puncak antiklin dijumpai adanya patahan yang merupakan sesar-sesar normal.
4. Ketebalan maksimum yang diperoleh untuk masing - masing sekuen adalah sekuen-I 105 m ($V = 1650$ m/det), sekuen-II 93 m ($V = 1710$ m/det) dan sekuen-III 153 m ($V = 2140$ m/det). Umumnya ketebalan tersebut dijumpai pada lembah-lembah sinklin.
5. Berdasarkan hasil pengolahan data sampel, batuan yang umum ditemukan dipermukaan dasar laut terdiri dari lempung, lempung-lanauan, lanau dan pasir.
6. Sedimen yang mengandung gas terakumulasi di selatan Pulau Madura, menerus ke arah Timur sampai ke Pulau Giligenteng.

5.2 Saran-Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik maka sebaiknya :

1. Setiap penyelidikan seismik refleksi dangkal dilengkapi dengan metoda seismik refraksi untuk mendapatkan cepat rambat gelombang seismik dalam tiap sekuen.
2. Pendigitan waktu rambat gelombang seismik dilakukan pada rekaman yang telah ditarik batas sekuennya secara keseluruhan untuk semua rekaman guna menghindari kesalahan dalam penentuan bidang reflektor, dan diukur dalam skala waktu yang lebih kecil untuk menghindari terjadinya penarikan interpolasi.
3. Dalam membuat peta kontur dengan menggunakan program paket topo sebaiknya garis pantai dimasukkan untuk membatasi supaya garis kontur tidak terbuka ke darat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dobrin, M.B. "Introduction to Geophysical Prospecting", 4th ed, Mc Graw-Hill International Book Company, New York, 1965.
2. Grant, F.S, and West, G.F, "Interpretation Theory in Applied Geophysics", Mc Graw-Hill Book Company, New York 1965.
3. Mc Quillin, R, Bacon, M, and Barclay, W, "An Introduction to Seismic Interpretation" Graham and Trofman Limited, London, 1990.
4. Telford, W.M, Geldard, L.P, Sheriff, R.E, and Keys, D.A, "Applied Geophysics", Cambridge University Press, London, 1976.
5. Usman, N.S, "Geofisika Eksplorasi Terbatas", LIPI, Bandung, 1981.
6. Sylwester, R.E, "Continous Seismic Reflection Profiling" US Geological Survey Seattle, Washington, 1981.
7. Payton, C.E, "Sesmic Stratigraphy -Application To Hydrocarbon Exploration", AAPG Tulsa-Oklahoma,USA,1977.
8. Ringgis, J, "Seismic Stratigraphy In Very High Resolution Shallow Marine Seismic Data", UNDP/ESCAP,CCOP.
9. Kenneth, H.W, "Reflection Seismology", Willey Interscience, 1978.
10. Ben-Avraham, Z, and Omery, K.O, "Structural Framework Of Sunda Shelf", Woods Hole,Massachusetts, 1971.
11. Silitonga, F, "The Application Of Lotus 123 In Calculating

The Depth Of Reflection From Shallow Seismic Reflection Data" Marine Geological Institute, Indonesia, 1988.

12. Kridohato, P. "*Catatan Singkat Penyelidikan Geofisika Kelautan Seri I*" PPGL-Bandung, 1985.

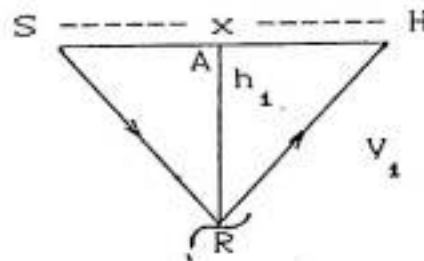
LAMPIRAN A

ANALISA PENJALARAN GELOMBANG SEISMIC REFLEKSI UNTUK BUMI BERLAPIS

Untuk membahas metode pengolahan data seismik refleksi profil kontinu untuk bumi berlapis banyak, diasumsikan bahwa kecepatan gelombang seismik bertambah secara linier terhadap kedalaman dan dalam satu lapisan kecepatan dianggap konstan. Kemudian diasumsikan lagi bahwa jarak antara sumber gelombang dengan detektor jauh lebih kecil dari tebal lapisan pertama, oleh karena itu gelombang menjalar secara kontinu. Asumsi lain yang diterapkan adalah lapisan tersusun secara horizontal dan lapisan terbawah tak terhingga.

A. Refleksi Gelombang Model 1 Lapis

Waktu yang digunakan gelombang seismik sejak dilepaskan dari sumber hingga diterima hidrofon setelah dipantulkan adalah t_1 , dan V_1 = kecepatan gelombang seismik dalam air laut.



Gambar A.1 Struktur Satu Lapis

Dengan hukum Pythagoras pada segitiga HAR, didapat

$$\begin{aligned} h_1^2 &= (HR)^2 - (1/2x)^2 \\ &= (1/2V_1 t_1)^2 - (1/2x)^2 \end{aligned}$$

$$h_1 = 1/2 \{ (V_1 t_1)^2 - x^2 \}^{1/2} + (C_p)_t + (C_d) \quad (A-1)$$

dimana h_1 = ketebalan lapisan pertama dalam hal ini adalah kedalaman air laut.

x = jarak sumber gelombang dengan hidropon

$(C_p)_t$ = koreksi pasang surut

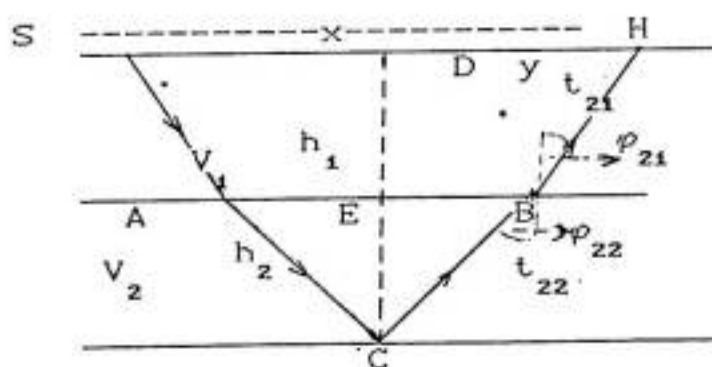
$(C_d)_t$ = koreksi draft transduser

B. Refleksi Gelombang Model 2 Lapis

Waktu yang digunakan gelombang menjalar dari S sampai H setelah dipantulkan oleh lapisan II adalah t_2 . Akibat adanya perbedaan kecepatan gelombang antara lapisan I dan lapisan II, maka dengan menggunakan hukum Snellius :

$$\frac{\sin \varphi_{22}}{\sin \varphi_{21}} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\sin \varphi_{22} = (V_2/V_1) \sin \varphi_{21} \dots \dots \dots (A-2.1)$$



Gambar A.2 Struktur Dua Lapis

Untuk segitiga BEC dan segitiga BDH :

$$EB = CB \sin \varphi_{22} \dots \dots \dots (A-2.2)$$

$$y = h_1 \tan \varphi_{21} \dots \dots \dots (A-2.3)$$

Pers. (A-2.2) + (A-2.3)

$$1/2x = EB + y$$

$$= V_2 t_{22} \sin \varphi_{22} + h_1 \tan \varphi_{21}$$

Untuk $\varphi_{22} \ll$, maka $\tan \varphi_{21} = \sin \varphi_{21}$, sehingga

$$1/2x = V_2 t_{22} (V_2/V_1) \sin \varphi_{21} + h_1 \sin \varphi_{21}$$

$$\sin \varphi_{21} = 1/2x \{h_1 + (V_2^2/V_1)\} t_{22} \dots \dots \dots (A-2.4)$$

$$t_{22} = 1/2t_2 - t_{21}$$

$$= 1/2t_2 - h_1/(V_1 \cos \varphi_{21})$$

Karena $\varphi_{21} \ll$, maka $\cos \varphi_{21} = 1$ sehingga

$$t_{22} = 1/2t_2 - h_1/V_1 \dots \dots \dots (A-2.5)$$

Dari pers. (A-2.4) dan (A-2.5) didapat :

$$\sin \varphi_{21} = \frac{1/2x}{\{h_1 + (V_2^2/V_1)(1/2t_2 - h_1/V_1)\}} \dots \dots \dots (A-2.6)$$

Substitusi pers. (A-2.6) ke pers. (A-2.1) didapat :

$$\sin \varphi_{22} = \frac{1/2x(V_2/V_1)}{\{h_1 + (V_2^2 + V_1)(1/2t_2 - h_1/V_2)\}}$$

dari $\cos \varphi_{22} = (1 - \sin^2 \varphi_{22})^{1/2}$ didapat :

$$\cos \varphi_{22} = \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \frac{x}{2\{h_1 + V_2^2/V_1(1/2t_2 - h_1/V_1)\}} \right)^2 \right]^{1/2}$$

dari segitiga BEC didapat

$$h_2 = t_{22} V_2 \cos \varphi_{22}$$



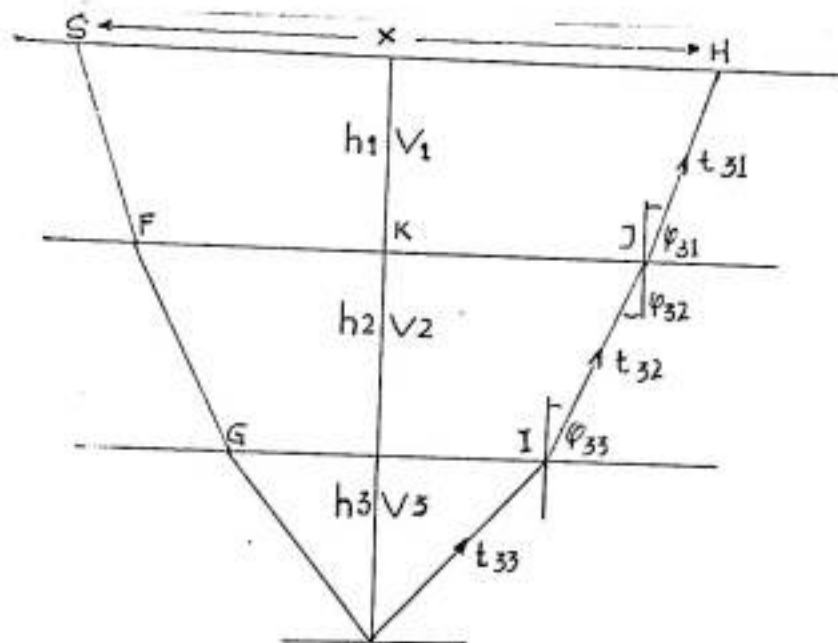
$$h_2 = \left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{V_1} \right) V_2 \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \frac{x}{2 \{ h_1 + V_2^2 / V_1 (1/2 t_2 - h_1 / V_1) \}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (A-2.6)$$

h_2 = tebal lapisan kedua

Kedalaman batas lapisan ke-II yaitu $H_2 = Sec_1 = h_1 + h_2$

C. Refleksi Gelombang Model 3 Lapis

Waktu penjalaran gelombang semenjak dibangkitkan hingga diterima detektor (hidropon) setelah dipantulkan oleh lapisan ketiga adalah t_3 .



Gambar A.3 Struktur Tiga Lapis

$$\begin{aligned} t_{33} &= 1/2 t_3 - t_{32} - t_{31} \\ &= 1/2 t_3 - (h_1 / V_1 \cos \varphi_{31}) - (h_2 / V_2 \cos \varphi_{32}) \end{aligned}$$

Untuk φ_{32} dan $\varphi_{31} \ll$, maka $\cos \varphi_{31} = \cos \varphi_{32} = 1$

$$t_{33} = \frac{t_3}{2} - \frac{h_1}{V_1} - \frac{h_2}{V_2} \dots \dots \dots (A-3.1)$$

dari hukum Snellius didapat hubungan :

$$\sin \varphi_{33} = \frac{V_3}{V_2} \sin \varphi_{32} \dots\dots\dots (A-3.2)$$

$$\sin \varphi_{32} = \frac{V_2}{V_1} \sin \varphi_{31} \dots\dots\dots (A-3.3)$$

atau

$$\sin \varphi_{33} = \left(\frac{V_3}{V_1}\right) \sin \varphi_{31} \dots\dots\dots (A-3.4)$$

dari gambar A.3 terlihat :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}x &= PH = MH + LJ + NI \\ &= h_1 \tan \varphi_{31} + h_2 \tan \varphi_{32} + V_3 t_{33} \sin \varphi_{33} \dots\dots\dots (A-3.5) \end{aligned}$$

Jika $\varphi_{31} \ll$, maka $\cos \varphi_{31} = 1$ $\tan \varphi_{31} = \sin \varphi_{31}$

$\varphi_{32} \ll$, maka $\sin \varphi_{32} = \tan \varphi_{32}$

Substitusi persamaan ini ke persamaan (A-3.5) di dapat :

$$\frac{1}{2}x = h_1 \sin \varphi_{31} + h_2 \sin \varphi_{32} + V_3 t_{33} \sin \varphi_{33}$$

Substitusi persamaan (A-3.1), (A-3.2), dan (A.3.4) di dapat :

$$\frac{x}{2} = h_1 \sin \varphi_{31} + h_2 \frac{V_2}{V_1} \sin \varphi_{31} + V_3 \left[\frac{t_3}{2} - \frac{h_1}{V_1} - \frac{h_2}{V_2} \right] \left(\frac{V_3}{V_1} \right) \sin \varphi_{31}$$

$$\sin \varphi_{31} = \frac{x}{2 \left\{ h_1 + \left(\frac{h_2 V_2}{V_1} \right) + \frac{V_3^2}{V_1} \left(\frac{t_3}{2} - \frac{h_1}{V_1} - \frac{h_2}{V_2} \right) \right\}} \dots\dots\dots (A-3.6)$$

dari persamaan (A-3.6) dan (A-3.4) diperoleh :

$$\sin \varphi_{33} = \frac{V_3}{V_1} \left\{ \frac{x}{2 \left\{ h_1 + \frac{h_2 V_2}{V_1} + \frac{V_3^2}{V_1} \left(\frac{t_3}{2} - \frac{h_1}{V_1} - \frac{h_2}{V_2} \right) \right\}} \right\}$$

$$\cos \varphi_{33} = \left[1 - \left(\frac{V_3}{V_1} \frac{x}{2 \left\{ h_1 + \frac{V_2 h_2}{V_1} + \frac{V_3^2}{V_1} \left(\frac{t_3}{2} - \frac{h_1}{V_1} - \frac{h_2}{V_2} \right) \right\}} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Dari segitiga INO $h_3 = t_{33} V_3 \cos \varphi_{33}$

$$h_3 = V_3 \left[1 - \left(\frac{V_3}{V_1} \frac{x}{2 \left\{ h_1 + \frac{V_2 h_2}{V_1} + \frac{V_3^2}{V_1} \left(\frac{t_3}{2} - \frac{h_1}{V_1} - \frac{h_2}{V_2} \right) \right\}} \right)^2 \right]^{1/2}$$

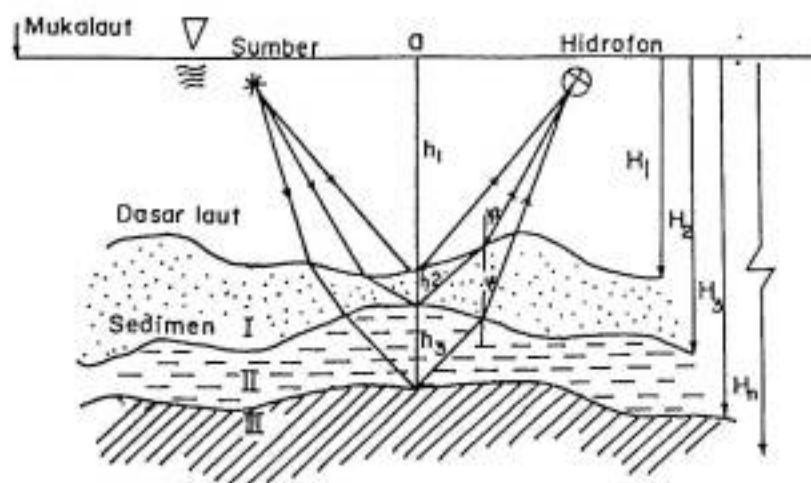
$$\left(\frac{t_3}{2} - \frac{h_1}{V_1} - \frac{h_2}{V_2} \right) \tag{A-3.7}$$

h_3 = tebal lapisan ketiga

Kedalaman batas lapisan ke-III yaitu $H_3 = Sec_2 = h_1 + h_2 + h_3$

$$H_3 = H_2 + h_3$$

D. Model N Lapis



Gambar A.4 Struktur N Lapis

Bila t_N waktu penjalaran gelombang sejak dibangkitkan hingga ditangkap detektor (hidropon) setelah dipantulkan oleh lapisan N, dan V_N = kecepatan gelombang dilapisan ke-N, maka secara analog dengan diatas didapat:

$$\cos \varphi_{NN} = \left[1 - \left(\frac{V_N}{V_1} \frac{x}{2 \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{V_i h_i}{V_1} + (V_N^2/V_1) \left(\frac{t_N}{2} - \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i} \right) \right\}} \right)^2 \right]^{1/2}$$

dan

$$h_N = \left[1 - \left(\frac{V_N}{V_1} \frac{x}{2 \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{V_i h_i}{V_1} + \frac{V_N^2}{V_1} \left(\frac{t_N}{2} - \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i} \right) \right\}} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$V_N \left(\frac{t_N}{2} - \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i} \right)$$

(A-4)

h_N = tebal lapisan ke-N

Ketebalan batas lapisan ke-N yaitu $H_N = \sum_{i=1}^N h_i$

LAMPIRAN B-1

AIR PEL. SEBELAH TIMUR SURABAYA (KARANG KLETA)

07°J.S - 112°8T

NOPEMBER 1990

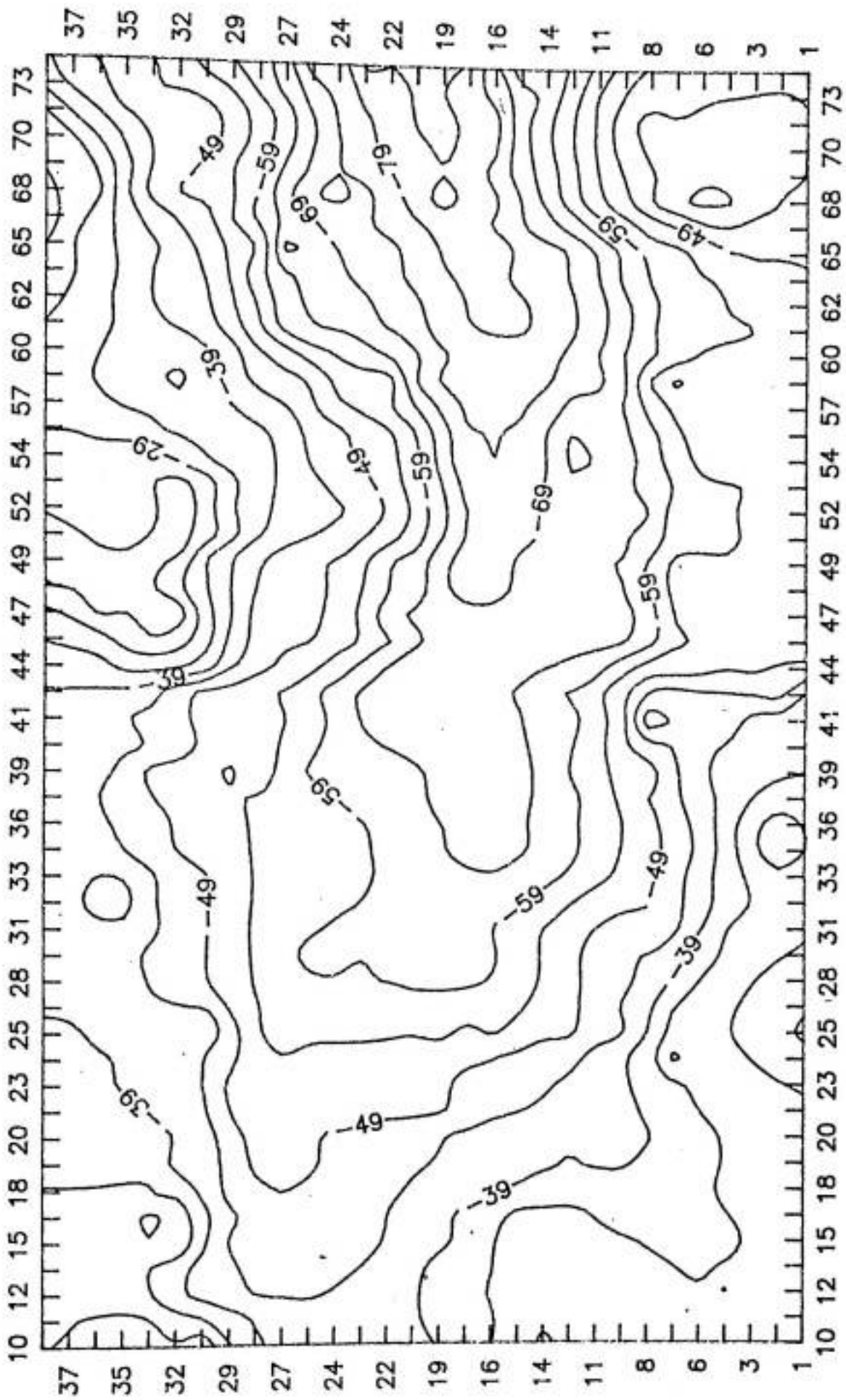
Waktu : G.M.T. + 07.00

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	13	9	6*	6	7	11	14	18	20	20	19	16	12	9	8	9	11	16	21	25	27*	27	25	20	1	
2	15	9	5	3*	3	4	10	15	18	20	20	18	15	12	9	9	11	14	19	24	28	29*	28	24	2	
3	18	12	6	2	1*	2	6	11	15	19	20	20	18	14	11	10	10	13	17	22	27	30*	30	27	3	
4	22	15	9	3	-0	-1*	2	6	11	16	19	20	19	17	14	12	11	13	16	20	25	29	30*	29	4	
5	25	20	13	6	1	-1*	-1	2	7	11	16	18	19	18	16	14	13	13	15	18	23	27	29	30*	5	
6	28	23	17	11	5	1	-1*	-0	3	7	12	15	18	18	18	16	15	14	15	17	20	24	27	29*	6	
7	28*	26	21	15	9	4	1	-0*	1	4	8	12	15	17	18	18	17	16	16	17	19	21	24	26	7	
8	27*	26	23	19	14	9	5	2	1*	2	4	8	11	15	17	18	18	18	18	17	18	19	21	22	8	
9	24*	24	23	21	18	14	10	6	3	2*	3	5	8	12	15	17	19	20	20	19	18	18	18	19	9	
10	20	21	22*	21	20	17	14	11	7	5	4*	4	6	9	12	16	19	20	21	21	20	19	17	17	10	
11	17	17	18	19	20	19	17	15	12	9	6	5*	5	7	10	13	17	20	22	23*	22	20	17	15	11	
12	14	14	14	16	17	19	19	18	16	13	10	7	6*	6	8	11	15	19	22	24*	24	22	19	15	12	
13	12	11	10	12	14	16	18	19	19	17	14	10	8	7*	8	10	14	18	22	24	25*	24	20	16	13	
14	12	9	8*	8	10	13	16	18	19	19	17	14	11	9	8*	10	13	17	21	24	26*	25	22	18	14	
15	13	9	6	5*	6	9	12	16	19	20	19	17	14	12	10	10	12	16	20	24	26*	26	24	20	15	
16	15	10	6	3*	3	5	9	13	16	19	19	18	16	14	12	12	13	16	19	23	26	27*	26	22	16	
17	18	12	7	3	2*	2	5	9	13	16	18	19	18	16	14	13	14	16	19	23	26	27*	27	24	17	
18	20	14	9	4	1*	1	3	6	10	14	16	18	18	17	15	15	15	16	19	22	25	27	28*	26	18	
19	22	17	11	6	2	1*	1	4	7	11	14	16	17	17	16	15	15	17	19	22	25	27	28*	27	19	
20	24	19	14	9	4	2	1*	2	5	8	12	14	16	16	16	16	16	17	19	21	24	26	28*	27	20	
21	25	21	16	11	7	3	2*	2	4	7	10	12	14	15	16	16	16	17	18	20	23	25	27*	27	21	
22	26*	23	19	14	10	6	4	3*	4	5	8	11	13	14	15	16	16	16	17	19	21	23	25	26*	22	
23	25*	23	20	17	12	9	6	4*	4	5	7	9	12	14	15	16	16	17	17	18	19	21	22	23	23	
24	24*	23	21	18	15	12	9	7	5*	6	7	8	11	13	15	16	17	17	18	18	18	19	20	20	24	
25	21*	21	20	19	17	14	12	9	8	7*	7	8	10	12	14	16	18	19	19	18	18	17	17	17	25	
26	18	18	18	18	18	16	15	12	10	9	8*	8	9	11	14	16	19	20	21*	20	19	17	16	14	26	
27	14	14	15	16	17	17	16	15	13	11	10	9*	9	10	13	16	19	21	23*	22	21	18	16	13	27	
28	11	10	11	12	14	16	17	17	16	14	12	10	9*	10	12	15	18	22	24	25*	24	21	17	13	28	
29	10	7*	7	8	10	13	16	17	18	17	15	12	10	10	11	14	17	21	25	27*	27	24	20	15	29	
30	10	6	4*	4	6	9	13	16	18	18	17	15	12	11	11	12	16	20	24	28	29*	28	24	19	30	

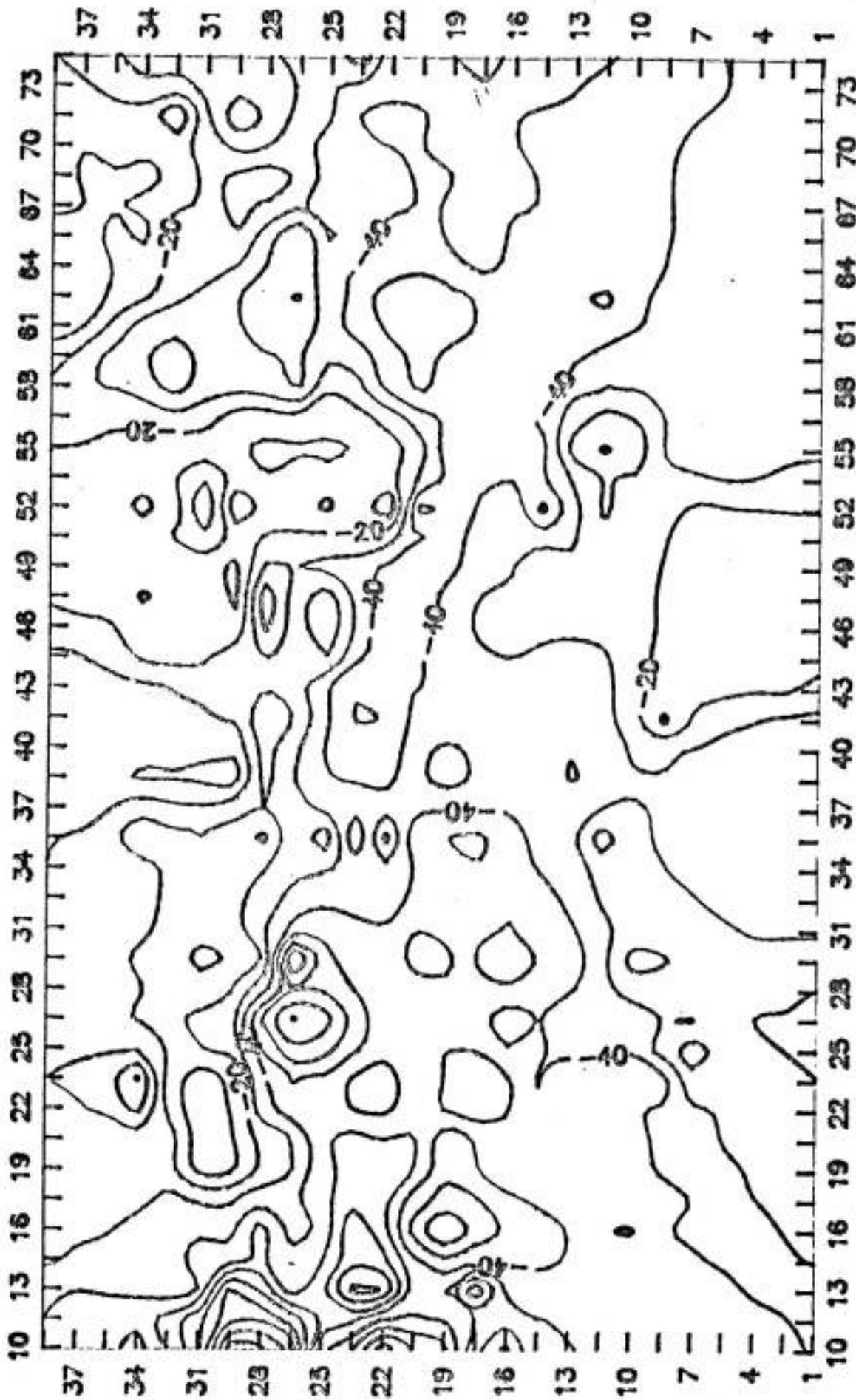
DESEMBER 1990'

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	12	7	3	1*	2	5	9	13	17	19	19	17	15	12	11	12	14	18	23	27	30*	30	28	23	1	
2	16	9	4	-0	-1*	1	4	9	14	18	19	19	17	15	13	12	13	16	20	25	29	31*	30	27	2	
3	21	14	7	1	-2*	-2	0	5	10	15	18	20	19	17	15	13	13	14	18	23	27	30	31*	29	3	
4	25	18	11	4	-0	-3*	-2	1	6	11	16	19	20	19	17	15	14	14	16	20	24	28	30*	30	4	
5	27	22	16	9	3	-1	-2*	-1	3	7	12	16	19	19	18	17	15	15	15	18	21	24	27	29*	5	
6	28*	25	20	14	8	3	-0	-1*	1	4	9	13	17	19	19	19	17	16	16	16	18	21	24	26	6	
7	27*	25	22	18	12	7	3	1*	1	3	6	10	14	17	19	19	19	18	17	16	17	18	20	22	7	
8	23	24*	23	20	16	12	8	5	3*	3	5	8	11	15	18	19	20	20	19	18	17	17	17	18	8	
9	20	20	21*	20	18	15	12	9	7	5*	5	7	9	12	16	18	20	21*	21	19	18	16	16	15	9	
10	16	16	17	18	18	17	15	13	11	8	7*	7	8	11	14	17	20	22*	22	21	20	17	15	13	10	
11	13	13	13	15	16	17	17	16	14	12	10	9*	9	10	13	16	19	21	23*	23	22	19	16	13	11	
12	11	9*	9	11	13	15	16	17	17	15	14	12	11	11	12	15	18	21	23	24*	24	21	18	14	12	
13	10	8	6*	7	9	11	14	16	17	17	16	14	13	12	12	14	17	20	23	25*	25	23	20	16	13	
14	11	7	5	4*	5	8	11	14	17	18	18	17	15	14	13	14	17	20	23	25	26*	25	22	18	14	
15	13	8	4	2*	2	4	8	12	15	17	18	18	17	15	15	15	16	19	22	25	27*	27	24	20	15	
16	15	10	5	2	1*	2	5	9	12	16	18	18	18	16	15	15	16	19	22	25	27	28*	26	23	16	
17	18	12	7	3	0*	0	2	6	10	14	16	18	18	17	16	16	16	18	21	24	27	28*	28	25	17	
18	20	15	9	4	1	-0*	1	4	8	12	15	17	17	17	16	16	16	17	20	23	26	28*	28	26	18	
19	23	18	12	7	3	1*	1	3	6	10	13	16	17	17	16	16	15	16	18	21	24	27	28*	27	19	
20	24	20	15	9	5	2	1*	2	5	8	12	15	16	17	16	16	15	15	17	19	22	25	27*	27	20	
21	25*	22	17	12	8	4	2*	3	4	7	11	14	16	17	17	16	15	15	16	17	19	22	24	25*	21	
22	25*	23	19	15	11	7	5	4*	5	7	10	13	15	17	18	17	16	15	15	16	17	19	21	23	22	
23	23*	22	20	17	14	10	7	6*	6	7	9	12	15	17	18	18	18	17	16	15	15	16	17	13	23	
24	20	20*	20	18	16	13	10	8	7*	8	9	11	14	17	19	20*	20	19	17	16	15	14	17	14	24	
25	16	17	18	17	16	15	13	11	9	9*	9	11	13	16	18	20	21*	21	20	18	16	14	17	14	25	
26	12	13	14	15	16	16	15	14	12	11	10*	11	12	15	17	20	22	23*	23	21	19	16	15	14	26	
27	9*	9	10	11	13	15	16	16	15	13	12	12	12	13	16	19	22	24	25*	25	22	19	13	13	27	
28	7	6	5*	7	9	12	15	16	17	16	15	13	12	13	14	17	21	24	26	27*	26	23	11	11	28	
29	8	4	2*	3	5	9	12	16	18	18	17	15	14	13	13	15	18	22	26	28	29*	27	9	8	29	
30	10	5	1	-0*	1	4	9	13	17	19	19	18	15	14	13	13	16	20	24	28	30*	30	7	6	30	
31	14	8	2	-1	-2*	0	4	10	15	18	20	19	18	15	13	13	14	17	21	26	29	31*	7	5*	31	

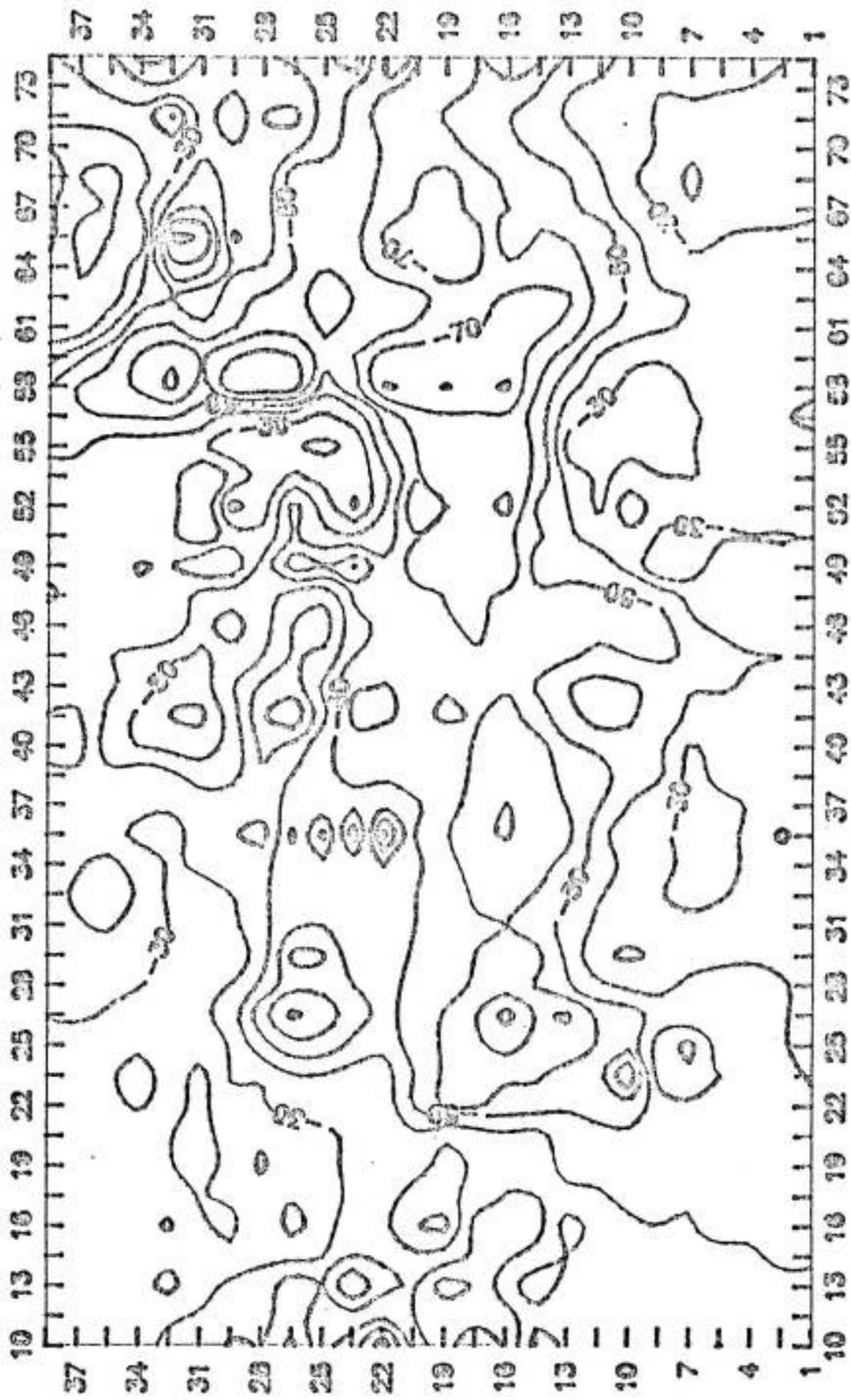
PETA KONTUR KEDALAMAN DASAR LAUT



PETA KONTUR KETEBALAN SEKUEN SATU

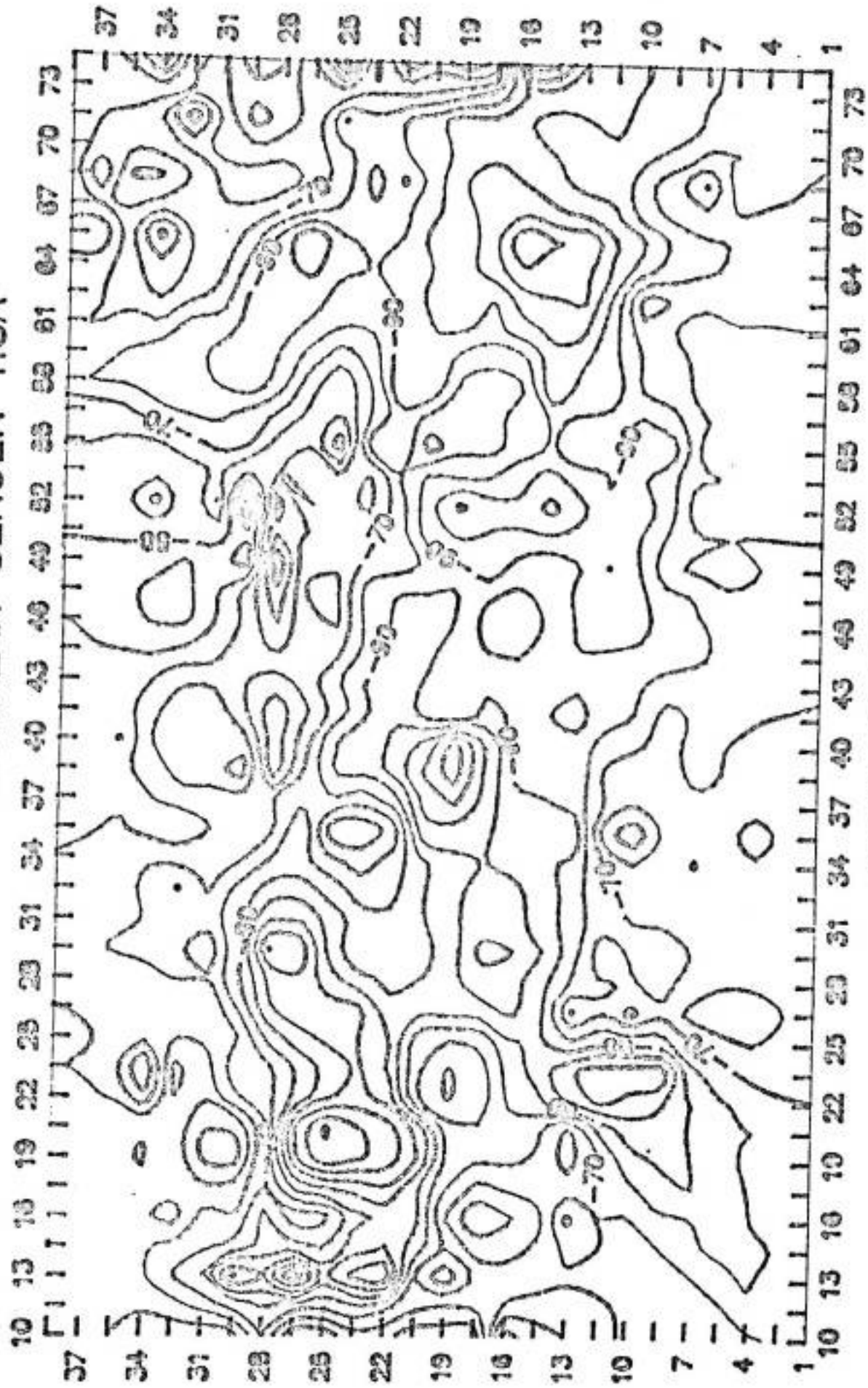


PETA KONTUR KETEBALAN SEKUEN DU:A

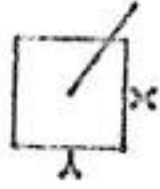


SCALE 1:8.0625

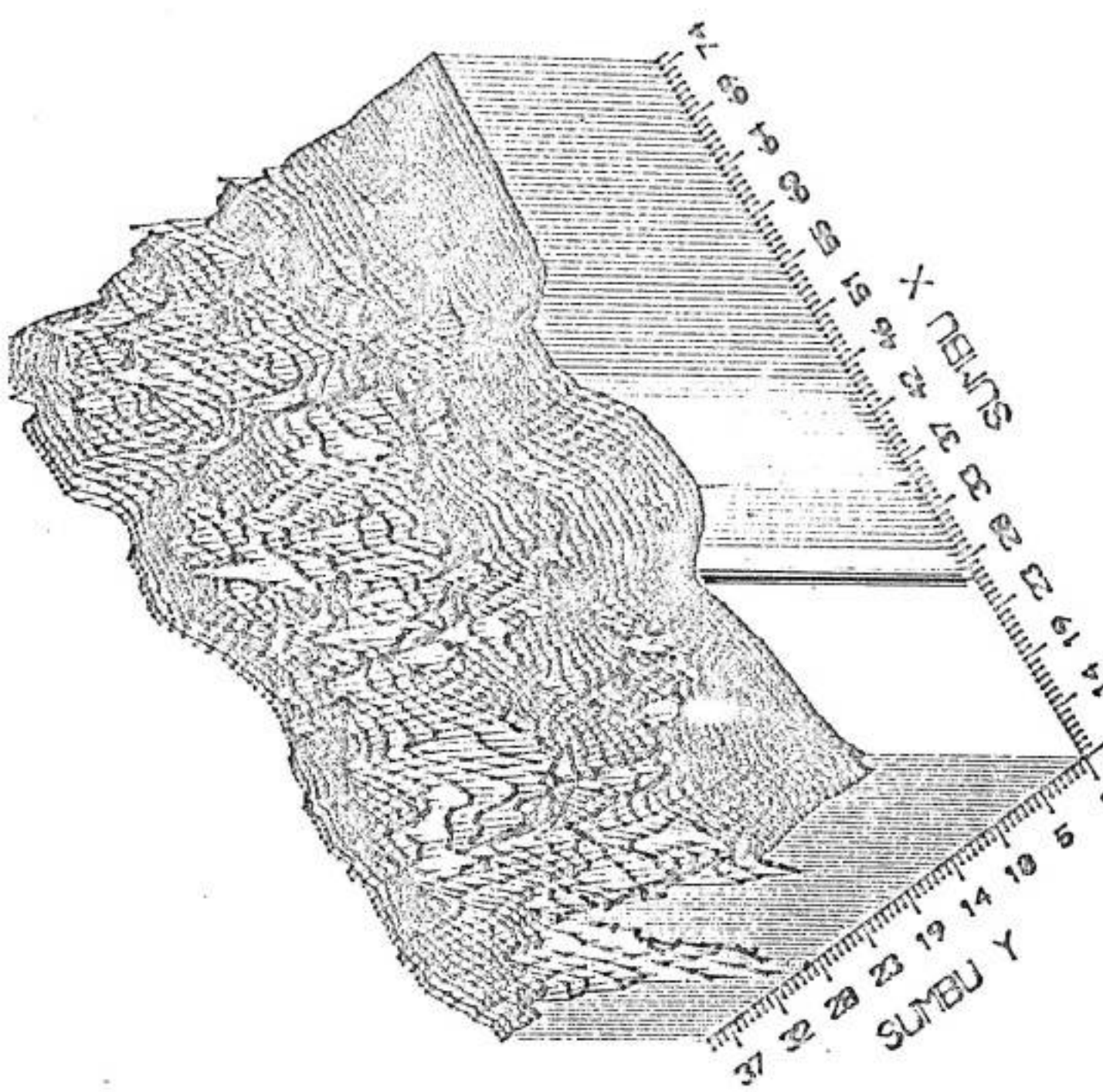
PETA KONTUR KETEBALAN SEKUEN TIGA



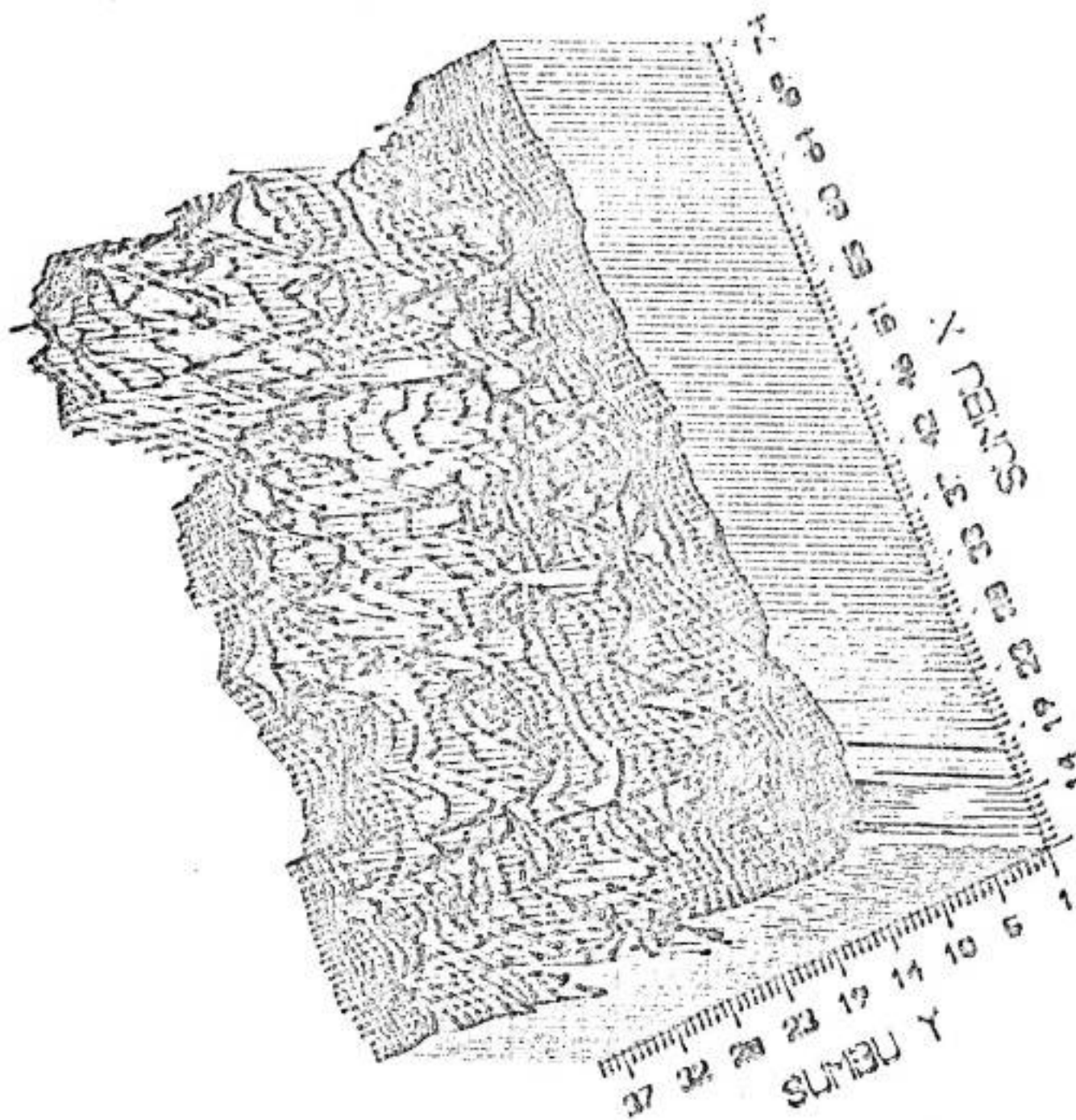
SCALE 1:8.0625



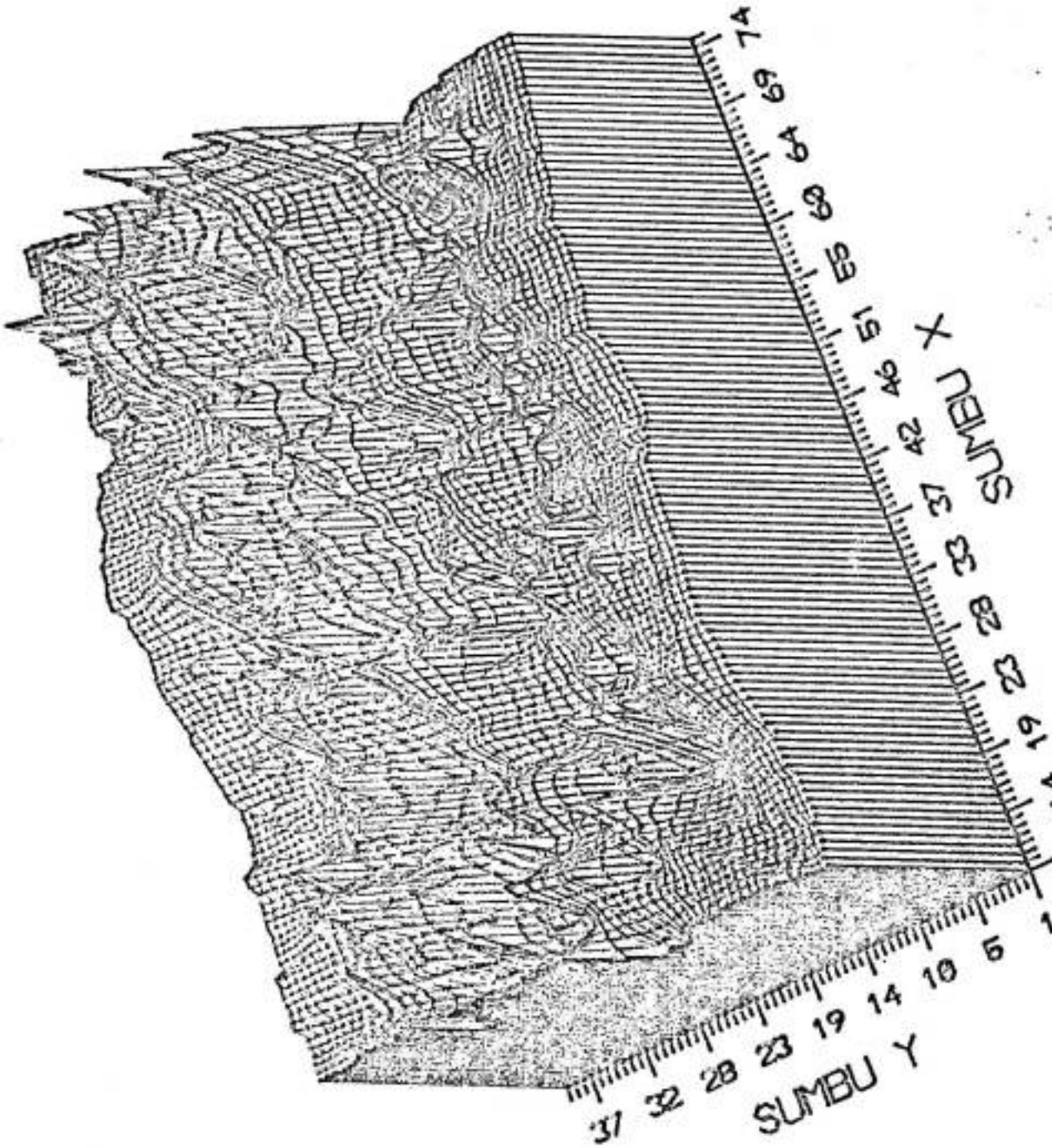
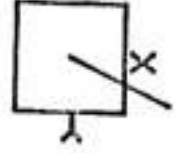
MORFOLOGI DASAR LAUT SELAT MADURA



PENAMPANG TIGA-D SEKUEN SATU



PELAMPANG TIGA-D SEKUEN DUA



PENAMPANG TIGA-D SEKUEN TIGA