

SIMULASI PERGERAKAN TUMPAHAN MINYAK DI LAUT

Oleh :
Drs. Sembiring
Studi Tehno Ekonomi

Pendahuluan

Tumpahan minyak di laut akan mempengaruhi kualitas atau kuantitas sumber daya di laut itu sendiri terutama di lokasi perairan tertentu. Namun hingga saat ini belum ada suatu penelitian yang dapat memberikan gambaran jelas sejauh mana tumpahan minyak di laut itu mempengaruhi sumber daya yang terdapat di sana akibat polusi minyak tersebut.

Tulisan ini, tidak akan membicarakan akibat polusi yang ditimbulkan oleh tumpahan minyak, tetapi merupakan suatu mata rantai yang tidak dapat dipisahkan dengan penelitian di maksud.

Simulasi pergerakan tumpahan minyak di laut akan dibicarakan dalam tulisan ini yang diharapkan dapat menjawab pertanyaan : Perairan pantai mana yang akan menjadi sasaran tumpahan minyak tersebut. Formulasi pergerakan tumpahan minyak akan dibentuk dengan memperhatikan faktor kecepatan angin, arah angin, kecepatan arus laut serta arah arus laut.

Pengamatan ini merupakan suatu latihan secara teoritis saja dan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut terutama dengan melibatkan faktor-faktor lain seperti sifat-sifat minyak yang tertumpah, kuantitas minyak yang tertumpah serta bentuk perairan di area mana penelitian dilakukan.

1. Latar Belakang

Usaha pengembangan produksi minyak bumi pada akhir-akhir ini telah banyak diarahkan pada kegiatan eksplorasi baik di tepi pantai (*on shore*) maupun di lepas pantai (*off shore*).

Hal ini akan memberi kemungkinan besar akan terjadinya polusi minyak di samping pengangkutan minyak melalui lautan yang mencapai 60% dari total kebutuhan dunia. Selat Malaka adalah suatu contoh yang sangat banyak dilalui oleh tanker minyak mentah dari Timur Tengah. Sudah barang tentu selalu ada terjadi tumpahan/ceceran minyak di laut yang mengakibatkan terjadinya polusi.

Secara umum terjadinya polusi minyak di lautan dapat diakibatkan oleh beberapa hal antara lain :

- 1). Tubrukan tanker akibat kelalaian petugas dan cuaca buruk.
- 2). Kebocoran pada fasilitas pemipaan, terminal dan pengilangan.
- 3). Blow out suatu sumur minyak.

Tiga kejadian ini tidak lain adalah tumpahnya minyak di lautan. Arah serta kecepatan pergerakan tumpahan minyak tersebut akan ditentukan oleh sifat minyak itu sendiri keadaan peraliran laut serta cuaca.

Dugaan akan perairan mana yang akan menjadi sasaran gerakan tumpahan minyak sangat diperlukan untuk mengetahui dampak yang mungkin terjadi terhadap sumber daya di lokasi perairan pantai tersebut.

2. Problematik

Untuk mengetahui kemungkinan pantai mana yang akan menjadi sasaran tumpahan minyak di laut akan diperlukan suatu bentuk formulasi dalam mengikuti pergerakan tumpahan minyak tersebut.

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan tumpahan minyak di laut.

Pergerakan tumpahan minyak di laut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

- a) Angin
- b) Arus laut
- c) Gelombang
- d) Sifat minyak

Dalam pembahasan ini akan dibicarakan hanya pada dua pengaruh utama yaitu angin dan arus laut.

3.1. Pengaruh Angin

Kecepatan angin di permukaan laut tidak sama dengan kecepatan tumpahan minyak. Kecepatan tumpahan minyak selalu lebih kecil dari kecepatan angin itu sendiri. Melalui beberapa percobaan yang telah dilaku-

kan tidak ada suatu hubungan besaran yang pasti antara kecepatan angin dan kecepatan tumpahan minyak, tetapi berada dalam suatu harga interval yaitu (2,5 – 4,2)%. Oleh beberapa negara yang telah melakukan penelitian langsung di lapangan, hubungan itu dinyatakan dalam suatu bentuk persamaan :

$$V_d = 0.033 V_{sw}$$

di mana :

V_d = kecepatan pergerakan tumpahan minyak di permukaan laut.

V_{sw} = kecepatan angin di permukaan laut.

Sudah tentu hubungan kecepatan angin dan kecepatan tumpahan minyak ini ditentukan pula oleh keadaan perairan.

Waktu yang diperlukan oleh tumpahan minyak untuk menempuh suatu jarak tertentu dinyatakan oleh persamaan :

$$T_{wa} = \frac{D}{0.033 V_{wp} P_{wr}}$$

di mana : T_{wa} = waktu yang diperlukan oleh tumpahan minyak untuk menempuh jarak D.

V_{wp} = Resultante kecepatan angin rata-rata.

P_{wr} = Resultante angin yang berhembus dalam suatu selang waktu pengamatan.

Resultante kecepatan angin rata-rata dapat juga diartikan sebagai kecepatan angin rata-rata dan P_{wr} sebagai jumlah persentase angin rata-rata.

3.2. Pengaruh Arus Laut

Tumpahan minyak akan bergerak dengan arah serta kecepatan yang sama dengan arus laut. Pada umumnya data yang tersedia tentang arus laut hanya meliputi : arah rata-rata, kecepatan rata-rata serta persentase arus yang terjadi dalam suatu selang waktu pengamatan tertentu. Sesuai dengan keadaan umum ini, maka waktu minimum yang diperlukan oleh tumpahan minyak untuk bergerak sejauh D akibat pengaruh arus laut dapat dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$T_{cm} = \frac{D}{V_{cp} P_{cp}} = \frac{D}{V_{cd}}$$

di mana V_{cp} = Kecepatan rata-rata arus laut
 P_{cp} = Persentase kejadian dalam suatu interval waktu pengamatan.
 V_{cd} = Kecepatan pergerakan tumpahan minyak di laut.

3.3. Pengaruh Kombinasi Angin dan Arus Laut

Tumpahan minyak yang berada di bawah pengaruh angin dan arus laut secara bersamaan tidak memberikan kecepatan dan arah gerak yang sesuai dengan arus laut saja, tetapi akan berkurang akibat adanya pengaruh angin. Kecepatan gerak di bawah pengaruh angin dan arus laut ini merupakan jumlah faktor dari ke dua pengaruh yang dinyatakan seperti bersamaan :

$$V_{wc} = 0.033 V_w + 0.56 V_c$$

Ke dua faktor angin dan arus ini berperan dalam selang waktu tertentu saja dan periode ini tidak mesti sama panjangnya untuk setiap adanya pengaruh ke dua faktor. Informasi tentang hal ini sangat terbatas baik pada angin dan arus di lepas pantai atau di tepi pantai. Namun demikian, pengaruh ke dua faktor tersebut di dalam menentukan arah dan kecepatan tumpahan minyak dapat dinyatakan oleh persentase terjadinya ke dua pengaruh ini secara bersamaan yaitu :

$$P_{ec} = 0.5 (P_w + P_c)$$

Dalam keadaan seperti ini, waktu yang diperlukan tumpahan minyak untuk menempuh jarak D ialah :

$$di \quad T_{wc} = \frac{D}{V_{wc} P_{wc}} = \frac{D}{V_{wcd}}$$

di mana : T_{wc} = Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak D

V_{wc} = Resultante kecepatan angin dan arus laut.

P_{wc} = Persentase rata-rata terjadi angin dan arus.

V_{wcd} = Kecepatan tumpahan minyak di bawah pengaruh angin dan arus laut.

4. Model yang Digunakan

Pengamatan pergerakan tumpahan minyak di laut tidak dapat dilakukan hanya sesaat. Tetapi pergerakan ini memerlukan pengamatan dari hari ke hari sejak minyak tertumpah hingga mencapai suatu pantai perairan tertentu. Namun demikian, sebelum pengamatan dilakukan terlebih dahulu harus diperhatikan ketersediaan data cuaca seperti angin dan arus laut pada perairan yang menjadi sasaran penelitian. Hal ini sangat penting dilakukan mengingat adanya suatu hubungan yang erat

antara Ketersediaan data dengan pembentukan model pergerakan tumpahan minyak itu sendiri.

Model yang digunakan adalah model simulasi yang memungkinkan pergerakan tumpahan minyak ini dapat diamati pada setiap saat. Selain itu, model simulasi ini mempunyai fasilitas berupa pembagian suatu perairan menjadi beberapa blok (sub-area) sesuai dengan perubahan data angin dan arus setiap bulan.

Untuk pengamatan pergerakan tumpahan minyak di laut secara operasional agaknya masih memerlukan penelitian yang lebih lanjut berupa percobaan langsung di lapangan (*matching*).

5. Identifikasi Daerah Pengamatan

Perairan yang merupakan daerah pengamatan tumpahan minyak terlebih dahulu dibagi atas beberapa blok (sub-area) sesuai dengan data angin dan arus laut setiap bulan (periksa Gambar 1).

Hor (Nm)					
Hor (In)					
Hor (4)					
Hor (3)					
Hor (2)					
Hor (1)					

Ver (1) Ver (2) Ver (3) Ver (4) Ver (It) Ver (Nt)

Gambar 1

Pembagian daerah pengamatan menurut sumbu x dan sumbu y

Jumlah garis vertikal yaitu Ver (1), Ver (2)
Ver (It) Ver (Nt) adalah jumlah pembagian daerah pengamatan atas blok (sub-area) menurut Sb-X. Sedangkan garis horizontal yaitu Hor (1), Hor (2)
Hor (Im), Hor (Nm) adalah jumlah pembagian daerah pengamatan menurut Sb-Y. Seluruh daerah pengamatan berarti terdiri atas $Nt \times Nm$ sub-area.

Selanjutnya kemungkinan pergerakan tumpahan minyak akan diamati pada sub-sub area ini sesuai dengan data angin dan arus menurut kecepatan dan arahnya.

6. Mekanisme Pengamatan Pergerakan

Pengamatan pergerakan tumpahan minyak akan dimulai dengan mengetahui beberapa keadaan awal yang meliputi :

- Pada koordinat berapa atau pada sub-area mana tumpahan minyak terjadi.
- Hari ke berapa dalam tahun itu minyak tumpah atau tertumpah.


Langkah berikutnya adalah menentukan jarak tempuh tumpahan minyak selama satu hari. Kemudian disusul oleh suatu pengecekan jarak tempuh yang dicapai oleh tumpahan minyak tersebut yaitu apakah :

- a). Hari berikutnya telah melewati batas bulan yang sedang berjalan.
- b). Tumpahan minyak telah bergerak memasuki Sub-area yang lain.

Dari hasil pengecekan ini akan diperoleh kemungkinan langkah yang akan ditempuh berikutnya yaitu :


- Keadaan a) dan b) terpenuhi

Apabila keadaan a) dan b) sekaligus dipenuhi maka penghitungan jarak tempuh hari berikutnya akan dilakukan setelah terlebih dahulu data angin dan arus laut diganti menurut bulan berikutnya yang akan berjalan dan sub-area yang baru di mana tumpahan minyak berada sekarang. (Periksa Gambar 2).



P.T. DHARMA RAKSA

GENERAL CONSULTANTS



Office : Graha Purna Yudha Piri, 311 - 314, Floor
1 (Brawijaya Subang)
Jln. Jend. Sudirman - Semarang - Jakarta

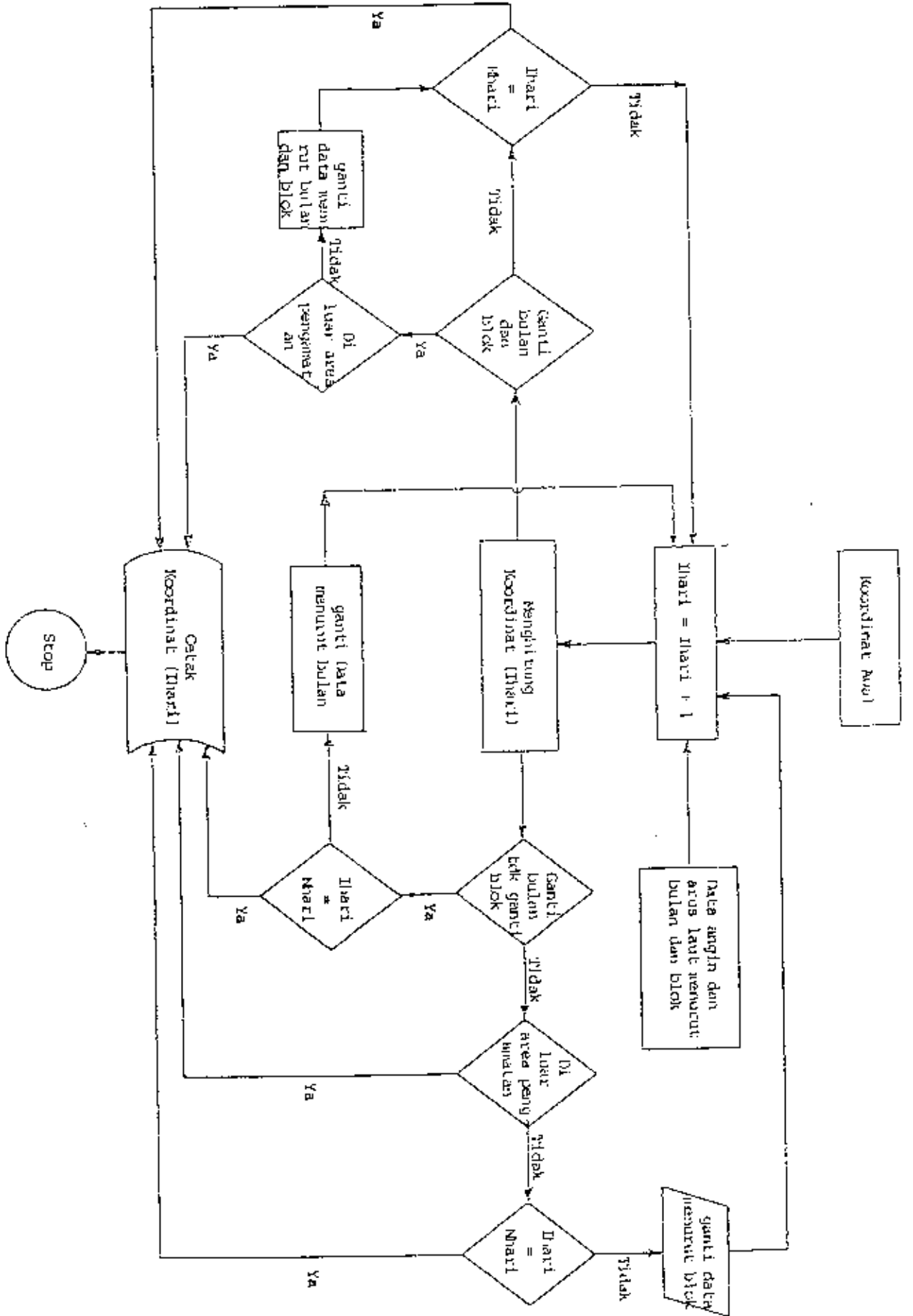
PHONE : 5842011 (7 Bekas) Ext. 1807 - 1700
FAX : 510288

CABLE : DHARMA RAKSA

LETTERS : P.O. Box 3485/Jkt.

- FIRE PROTECTION/SAFETY ENGINEERING
- MANPOWER PLANNING
- INDUSTRIAL PSYCHOLOGICAL SERVICES
- INDUSTRIAL SECURITY
- MANAGEMENT CONSULTATION SERVICES
- INTERNATIONAL DRILLING SCHOOLS

- ORGANIZATION DEVELOPMENT
- NEEDS ANALYSIS
- TRAINING DEVELOPMENT/MATERIALS
- RECRUITMENT-PLACEMENT
- SPECIALIZED EDUCATION



Gambar 2

– Keadaan a) yang dipenuhi dan b) tidak dipenuhi

Apabila keadaan a) yang dipenuhi sementara b) tidak dipenuhi maka perhitungan jarak tempuh berikutnya akan dilakukan dengan mengganti data angin dan arus menurut pergantian bulan yang sedang berjalan tetapi masih pada blok (sub-area) yang sama dengan sebelumnya.

– Keadaan a) tidak dipenuhi dan b) yang dipenuhi

Apabila keadaan a) tidak dipenuhi sedangkan b) dipenuhi, maka perhitungan jarak tempuh berikutnya akan dilakukan dengan mengganti data angin dan arus menurut sub-area yang baru di mana tumpahan minyak berada sekarang tetapi masih pada bulan yang sama dengan sebelumnya.

– Keadaan a) dan b) sama-sama tidak dipenuhi

Apabila dua keadaan ini tidak dipenuhi maka perhitungan hari berikutnya dilakukan tanpa mengadakan perubahan data.

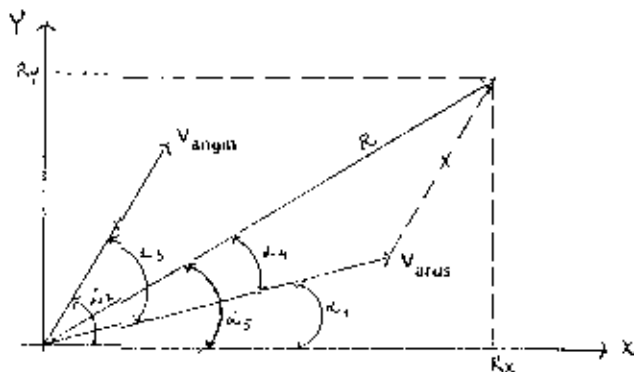
Seluruh kemungkinan langkah yang akan terjadi ini diamati selama sejumlah hari pengamatan tertentu.

Langkah terakhir dalam pengamatan ini adalah melakukan pengecekan jarak tempuh ke arah sb-X dan sb-Y. Hasil pengecekan ini akan dapat memberi kepastian apakah tumpahan minyak tersebut telah mencapai pantai perairan tertentu.

7. Perhitungan Pergerakan Dalam Sistem Koordinat X – Y

Pada saat minyak tercecer atau tertumpah di laut maka pada saat itu juga tumpahan minyak ini berada di bawah pengaruh angin dan arus laut dalam menentukan pergerakannya.

Secara sederhana pergerakan tersebut dapat dilukiskan dalam suatu sistem koordinat seperti gambar 3



Gambar 3

Pergerakan tumpahan minyak dalam sistem koordinat.

Dengan memperhatikan gambar 3, maka dapat ditentukan sudut resultante 5 dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$\cos \alpha_3 = \cos (ABS | \alpha_2 \alpha_1)$$

$$\sin \alpha_3 = \sin (ABS | \alpha_2 \alpha_1 |)$$

$$R = \sqrt{V_{\text{angin}}^2 + V_{\text{ arus}}^2 + 2 V_{\text{angin}} V_{\text{ arus}} \cos \alpha_3}$$

$$V \frac{R}{\text{angin}} = \frac{\sin \alpha_3}{\sin \alpha_4}$$

$$\alpha_4 = \arcsin (V_{\text{angin}} \cdot \sin \alpha_3 / R)$$

$$\alpha_5 = \alpha_1 + \alpha_4$$

dimana : α_1 = sudut arah arus laut

α_2 = sudut arah angin

α_3 = sudut resultante

R = Resultante

Dari perumusan ini akan dapat ditentukan pergerakan menurut sumbu – X dan sumbu – y yaitu :

$$R_x = R \cos \alpha_5$$

$$R_y = R \sin \alpha_5$$

B. Data

Data yang dipergunakan dalam Simulasi ini adalah data semu. Daerah pengamatan dibagi menjadi 6 x 6 buah blok (Sub-area).

Masing-masing area mempunyai data kecepatan angin, arus, sudut arah angin dan sudut arah arus setiap bulan. Dengan demikian maka jumlah data yang dipergunakan di sini adalah : 36 x 12 = 432 data dan tersusun sebagai berikut :

10 20 30 40 50 60 70	BULAN		BLOK		ARUS				
	HARI	HARI	BATAS	BATAS	KECEPATAN	SUDUT	KECEPATAN	SUDUT	
	AWAL	AKHIR	BAWAH	KIRI	MILE / JAM	DERAJAD	MILE/JAM	DERAJAD	
			XX	YY		THD SMB X		THD. SMB. X	
80	DATA	1	31	0	0	9.5	60	9.2	55
90	DATA	1	31	0	50	59.5	25	23.2	30
100	DATA	1	31	0	100	40.5	30	5.2	95
110	DATA	1	31	0	150	40.5	20	40.2	55
120	DATA	1	31	0	200	15.5	50	9.2	55
130	DATA	1	31	0	250	15.5	60	9.2	55
140	DATA	1	31	50	0	19.5	60	9.2	55
150	DATA	1	31	50	50	18.5	60	19.2	55
160	DATA	1	31	50	100	7.5	60	9.2	55
170	DATA	1	31	50	150	59.	60	20	55
180	DATA	1	31	50	200	30.5	60	45.2	55
190	DATA	1	31	50	250	9.5	60	14.2	55
200	DATA	1	31	100	0	9.5	60	9.2	55

9. Hasil yang telah dicapai

Pengamatan pergerakan tumpahan minyak di laut ini merupakan suatu latihan yang dilakukan dengan menggunakan model simulasi. Data angin dan arus laut serta sudut arahnya digunakan data semu. Jumlah hari yang digunakan dalam pengamatan ini tidak dibatasi karena sasaran utama pengamatan adalah koordinat posisi tumpahan minyak beberapa hari setelah tumpahan terjadi.

Daerah pengamatan ditentukan seluas 250 x 250 mile persegi. Pada saat tumpahan minyak telah bergerak ke luar daerah pengamatan yang telah ditentukan maka pengamatan akan dihentikan di mana koordinat hari sebelumnya dicatat sebagai sasaran pergerakan tumpahan minyak.

Dengan menggunakan Komputer HP 9845 telah diperoleh suatu hasil monitor pergerakan tumpahan minyak di laut seperti pada Tabel 1

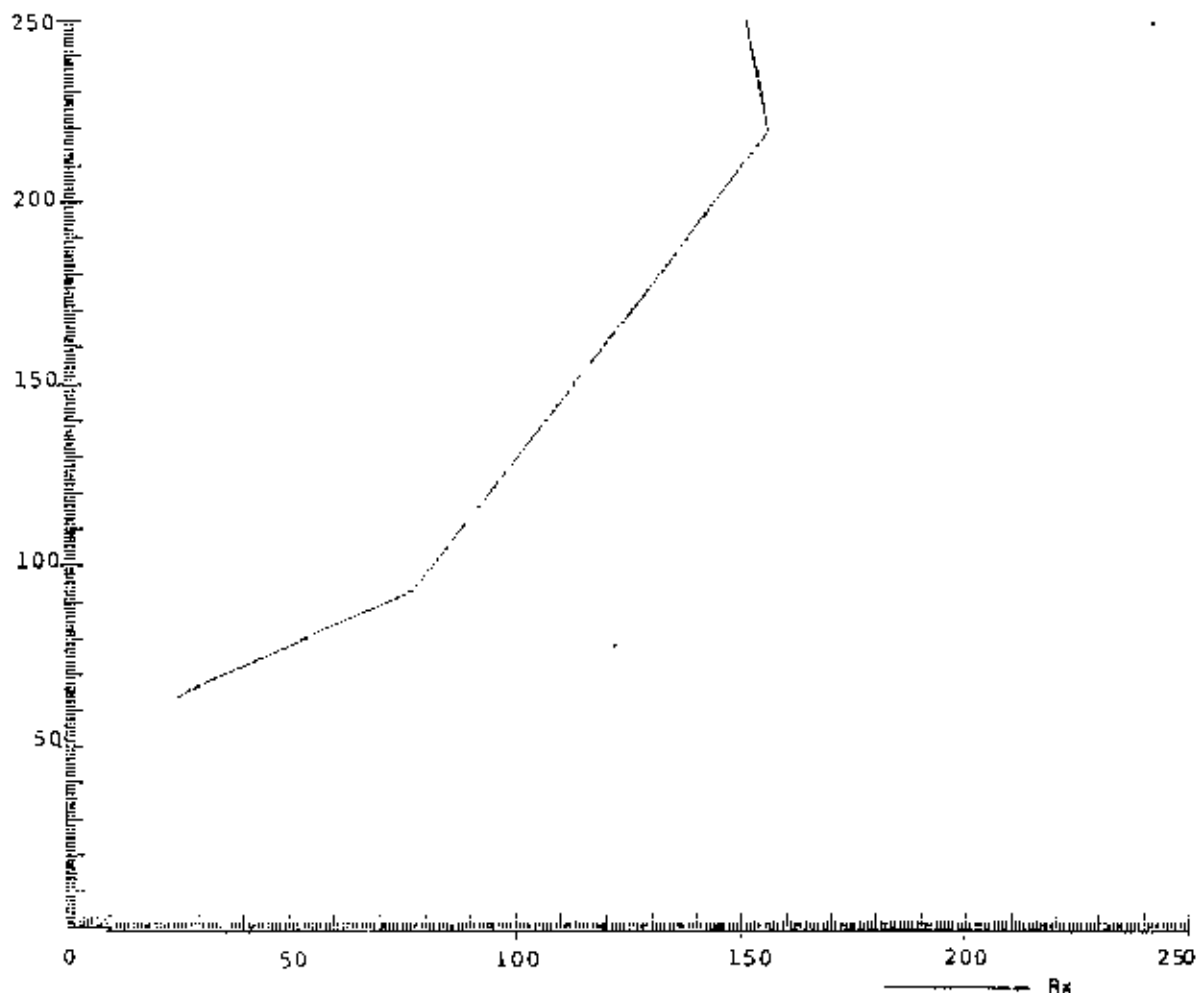
Lintasan pergerakan tumpahan minyak dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1
LAPORAN MONITOR PERGERAKAN TUMPAHAN MINYAK
DI LAUT
(OIL SPILL DRIFT)

OIL SPILL TERJADI PADA TGL. 25 BLN. JANUARI

Hari Ke	Koordinat Oil Spill		Pada blok	
	X	Y	Vert.	Hor
1	25.000	65.000	0.00	50.00
2	77.585	94.053	50.00	50.00
3	91.078	115.549	50.00	100.00
4	97.003	124.914	50.00	100.00
5	102.929	134.278	100.00	100.00
6	109.646	145.014	100.00	100.00
7	116.363	155.751	100.00	150.00
8	129.609	177.016	100.00	150.00
9	142.856	198.281	100.00	150.00
10	156.103	219.546	150.00	200.00
11	164.123	232.715	150.00	200.00
12	162.144	245.884	150.00	200.00

OIL SPILL TELAH TERLETAK PADA KOORDINAT $R_x = 152.14$
 $R_y = 245.88$ SETELAH 12 HARI



Keterangan :

Lintasan pergerakan tumpahan minyak pada system koordinat x - y.

Gambar 4


10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700	BULAN		BLOK		ANGIN		ARUS	
	HARI AWAL	HARI AKHIR	BATAS BATAS BAWAH KIRI		KECEPATAN	SUDUT	KECEPATAN	SUDUT
			XX	YY	MILE/JAM	DERAJAD THD SMB X	MILE/JAM	DERAJAD THD. SMB.
			0	0	9.5	60	9.2	55
			0	50	59.5	25	23.2	30
			0	100	40.5	30	5.2	95
			50	0	40.5	20	40.2	55
			100	0	15.5	50	9.2	55
			0	150	15.5	60	9.2	55
			50	50	15.5	60	9.2	55
			100	50	15.5	60	19.2	55
			150	0	7.5	60	9.2	55
			0	170	50.5	60	20	55
			50	100	10.5	60	45.2	55
			100	200	9.5	60	14.2	55
			0	0	9.5	60	9.2	55
			100	50	10.5	60	19.2	55
			100	100	9.5	60	9.2	55
			100	150	19.5	60	17.2	55
			100	200	11.0	60	4.2	55
			100	150	10.5	60	9.2	55
			0	0	11.5	60	10.2	55
			0	50	10.5	60	10.2	55
			100	100	10.5	60	10.2	55
			100	150	10.5	60	10.2	55
			100	200	9.5	120	12.3	75
			150	250	7.5	80	9.5	90
			0	0	59.2	240	38.4	110
			0	50	9.9	15	9.8	220
			100	100	4.1	50	9.9	125
			100	150	2.1	75	8.1	90
			100	200	4.5	120	9.8	45
			100	150	2.5	85	9.9	60
			0	0	0.5	110	9.8	70
			100	50	2.0	95	9.5	120
			150	0	2.1	125	9.9	40
			100	150	2.1	150	9.1	250
			150	100	3.1	65	8.6	120
			200	250	2.3	75	5.9	110
			0	0	9.5	60	9.2	55
			0	3	9.5	60	9.2	55
			0	50	9.5	60	9.2	55
			0	100	9.5	60	9.2	55
			0	150	9.5	60	9.2	55
			0	200	9.5	60	9.2	55
			0	250	9.5	60	9.2	55
			0	0	9.5	60	1.2	55
			50	50	19.5	60	12.2	55
			50	100	39.5	60	20.2	55
			50	150	10.5	60	10.2	55
			50	200	19.5	60	10.2	55
			50	250	10.5	60	11.2	55
			100	0	9.5	60	10.2	55
			100	50	10.5	60	10.2	55
			100	100	19.5	60	15.2	55
			100	150	17.5	60	14.2	55
			100	200	10.5	60	10.2	55
			100	250	10.5	60	11.2	55
			100	0	9.5	60	9.2	55
			100	50	8.5	60	8.2	55
			150	100	9.5	60	8.2	55
			150	150	11.5	60	8.2	55
			150	200	9.5	120	12.3	75
			0	0	7.5	90	9.5	90
			0	50	8.5	40	8.4	110
			0	50	9.5	25	9.8	220

10. Kesimpulan

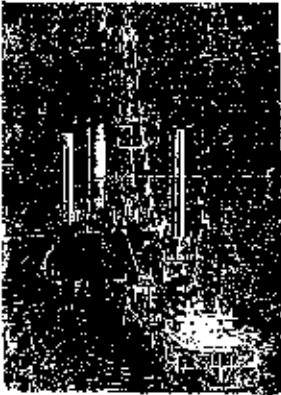
- 1). Model simulasi dapat dianggap sebagai suatu alat yang baik dalam pengamatan pergerakan tumpahan minyak di laut.
- 2). Pengamatan pergerakan tumpahan minyak ini hanya merupakan suatu latihan secara teoritis di mana data yang digunakan pun adalah data semu.
- 3). Untuk dapat dijadikan sebagai suatu perangkat alat pengamatan pergerakan tumpahan minyak di laut, masih diperlukan pengenalan lebih mendalam

terhadap sifat-sifat variabel yang mempengaruhi pergerakan.

- 4). Mengingat kegiatan industri minyak akan semakin berkembang terutama di daerah lepas pantai, maka latihan-latihan seperti ini perlu dikembangkan apalagi bila model ini ingin dijadikan sebagai suatu alat yang operasional.
- 5). Perlu diadakan kerjasama dengan instansi yang diperkirakan banyak berkecimpung dalam bidang cuaca dan oseanografi.



P.T. Patra Drilling Contractor
INDONESIAN
OIL WELL
DRILLING & WORK OVER CONTRACTOR



OWN & OPERATE OFFSHORE RIGS

11th Floor Sudmah Building, 2, J. Kuning Raya, P.O. Box 26 KBY, Jakarta Selatan, Indonesia
Telephone : 794532, 794599, 794666, 794699 Telex : 47237 @MOTR IA

P.T. BECKJORINDO PARYAWEKSANA
LICENSED CARGO SURVEYORS

SEIKABUNJI BUILDING
Rm. B 8th Floor
Jl. HR Rasing Sudi
Kuning Raya, Jakarta
Phone 207538 207542
50714
Telex 45237 NIIC JN 1



AGENT FOR:
**BECKMANN & JORGENSEN
INTERNATIONAL LTD.**
PROVIDE
WORLD WIDE SERVICES



**LIQUID CARGOES
INSPECTIONS** **AGRICULTURAL
COMMODITIES
INSPECTIONS**

**MARINE & GENERAL
CARGOES INSPECTIONS** **RAW MATERIALS & INDUSTRIAL
COMMODITIES INSPECTIONS**

TOYO MENKA FOR OIL GAS INDUSTRY

OFFICE: WISMA NUSANTARA BUILDING 12th Floor J.M.H THAMRIN 59 JAKARTA.
Tel. 336745-333682 (Direct) Tlx 44231 TOMEN JKT.