Malaysian Science And Technology Congress 2000
Symposium B: Environment
16-18 October 2000, Ungku Omar Polytechnic & Hotel Casuarina Park Royal, Ipoh

PEMBANGUNAN MODEL LINTASAN TUMPAHAN MINYAK SECARA LANGSUNG MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GIS

Surya Afnarius , Ghazali Desa , Ibrahim Busu
F K S G, Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bahru, Malaysia
s_afnarius@yahoo.com

ABSTRAK

Dua pertanyaan yang perlu dijawab sekiranya berlaku tumpahan minyak – (1) ke arah manakah pergerakan minyak itu ? Dan (2) persekitaran pantai manakah yang akan dicemari oleh minyak yang tertumpah tadi ? Pertanyaan ini dapat dijawab melalui penggunaan Model Lintasan Tumpahan Minyak (MLTM). Banyak kajian telah dilakukan terhadap model ini. Makalah ini melaporkan bahawa satu MLTM yang menggunakan teknologi GIS secara langsung telah dibangunkan untuk dijadikan satu tool perisian bagi menyokong tindakbalas terhadap tumpahan minyak di persekitaran pantai. Pembentukan MLTM itu dilaksanakan secara langsung menggunakan perisian GIS dalam bentuk objek. Dalam pelaksanaan tool ini, beberapa perisian termasuk MS Visual Basic 6.0, ActiveX MapObject dan MapInfo telah digunakan. Sebagai aplikasinya, persekitaran pantai Kerian dan Larut Matang, Perak telah digunakan sebagai kawasan kajian. Hasil awal yang diperolehi menunjukan bahawa tool yang dibangunkan itu berkeupayaan menentukan arah pergerakan minyak serta persekitaran pantai yang berkemungkinan terancam. Maklumat yang dihasilkan pula dapat digunakan untuk menyiapkan satu rencana tindakbalas bagi mengurangi tahap pencemaran minyak terhadap persekitaran pantai.

Kata kunci : Persekitaran Pantai, Model Lintasan Tumpahan Minyak dan GIS.

1. PENDAHULUAN

[1] menyatakan bahawa apabila berlakunya tumpahan minyak terutamanya di lautan, ada dua pertanyaan yang agak kritikal yang harus dijawab iaitu (1) " where will the oil go – i.e. the slick direction, speed of movement and the spreading characteristics of the oil at sea, and (2) what environment impact will the oil have on the coastal and marine environmental resources."

Proses-proses tumpahan minyak telah cuba dimodelkan dalam bentuk matematik oleh beberapa penyelidik. Terdapat lebih daripada 50 model tumpahan minyak telah dibangunkan, namun demikian hanya terdapat beberapa model sahaja yang praktikal. Model-model itu ada yang berbentuk sederhana dan ada pula yang kompleks. Menurut [2], " oil spill models have evolved from two-dimensional trajectory-type models to three-dimensional models that include transport and fate processes". Namun demikian, struktur umum model tumpahan minyak yang ada ditunjukan dalam rajah 1 [3].

Perkembangan terkini terhadap model tumpahan minyak banyak berkisar kepada pendapat [4] yang menyatakan bahawa " at the present stage of model development, it is believed that the best approach is to devise separate programs for (1) trajectory prediction or analysis in real time or for environmental impact assessment, (2) oil spill behaviour model, and (3) models capable of computing water column concentrations". Manakala [5] pula menyatakan bahawa pengembangan model lintasan tumpahan minyak adalah langkah pertama dalam pengembangan program pengurusan kontingensi tumpahan minyak. Berdasarkan keterangan [4,5] itulah maka difokuskan

kajian yang dilaporkan ini pada aspek-aspek trajectory prediction atau pada proses yang berhubungan dengan lokasi lapisan minyak.

Dalam makalah ini dibentangkan hasil pembangunan MLTM yang telah diusahakan oleh Fakulti Kejuruteraan & Sains Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia. Kajian yang dilaporkan ini adalah hasil pembiayaan gran IRPA. Dalam makalah ini diulas beberapa aspek tentang model lintasan tumpahan minyak sehingga dapat membentuk satu model matematik. Seterusnya diterangkan tentang pembangunan satu algorithma yang boleh mengintegrasikan objek-objek yang terdapat pada perisan GIS dengan model matematik MLTM.

2. KAEDAH

2.1 Model Lintasan Tumpahan Minyak

Menurut [4], "Oil Spills are subject to a complex array of physical, chemical and biological processes". Beliau mengelompokkan proses ini atas dua bahagian, iaitu (1) yang berhubungan dengan lokasi lapisan minyak dan (2) perubahan komposisi dan hilangnya massa lapisan minyak. Proses yang berhubungan dengan lokasi itu adalah Advection dan Spreading. Manakala yang termasuk ke dalam proses perubahan komposisi dan hilangnya massa lapisan minyak adalah Evaporation, Dispersion, Dissolution, Emulsification, Biodegradation, Oxidation dan Sedimentation.

Menurut [6], "Advection is a physical process which involves the drifting of the surface oil slick and the subsurface oil". [6] juga menyatakan bahawa "Mechanical spreading is the horizontal spreading of the surface oil slick due to the imbalance of forces of inertia, gravity, viscous, and interfacial tension". Spreading merupakan proses yang penting diawal terjadinya tumpahan minyak untuk pemindahan lapisan minyak [7]. Selanjutnya [6] menyatakan bahawa advection ini merupakan mekanisme utama yang mengatur lokasi lintasan minyak. Para peneliti lain juga sepakat menyatakan bahawa arus permukaan dan angin adalah penyebab utama dari advection.

Para penyelidik telah sepakat mengatakan bahawa arus permukaan dan angin merupakan penyebab utama dari advection itu. Menurut [8], " the oil movement vector (M) is the sum of wind vector (W), tidal stream vector (T) and residual current vector (C)". Manakala vector air pasang hanya diperlukan pada daerah pantai. Apa yang disebutkan oleh [8] itu dipertegaskan lagi oleh [9] iaitu arus laut dan angin local adalah dua faktor yang sangat mempengaruhi pergerakan minyak. Khusus untuk kawasan selat, [5] telah melakukan kajian pergerakan minyak di Selat Melaka. Menurut [5], " the transport processes are calculated from the vector sum of wind induced drift, the tides and the sea surface current". Mereka juga mendapati bahawa " in coastal waters, straits and bay, the tidal current (V) emerges as a dominant process that needs to be considered in the transport equations". Arus pasang dapat memperkuat atau melemahkan arus yang disebabkan oleh angin, tergantung kepada musim.

2.2 Model Matematik Lintasan Tumpahan Minyak

Menurut [2], kebanyakan model tumpahan minyak menggunakan teknik "a simplified linear superposition" untuk mendekati pergerakan minyak. Dengan cara ini, laju pengangkutan satu lapisan minyak dinyatakan dengan menggunakan penjumlahan vektor pengangkutan yang disebabkan oleh arus, air pasang , angin / gelombang. Hal yang sama dilakukan oleh [5], di dalam kajiannya "Model Pergerakan Tumpahan Minyak bagi Selat Melaka". [5] memberikan bentuk umum model matematik perpindahan posisi pusat tumpahan minyak :

$$\mu = \alpha V_w + \beta V_c \qquad (1)$$

Dimana μ = vektor pergerakan dari lapisan minyak. V_w = vektor kecepatan dari angin.
V_c = vektor kecepatan dari arus permukaan. α = fungsi yang berhubungan dengan parameter angin. β= fungsi yang berhubungan dengan parameter arus.

Manakala untuk daerah yang dipengaruhi oleh arus pasang, [10] menyarankan arus permukaan diganti dengan arus pasang. Nilai α dan β bervariasi sesuai dengan lokasi tumpahan minyak. Kemudian [5] menyatakan juga adanya pembelokan pergerakan lapisan minyak yang dikenal dengan "The Ekman effect". Menurut [2], arah pembelokan boleh ke kiri atau ke kanan dan besar ϕ antara 0^0 dan 25^0.

Selanjutnya untuk pergerakan horizontal atau spreading, menurut [6], "A number of theories have been proposed for the process of mechanical spreading in open waters (Blokker 1964; Fay 1969; Hoult 1972; Mackay et al. 1980)." Blokker memberikan rumus untuk menghitung jejari dari tumpahan minyak dalam bentuk : $r(t)=[r_o^3+(3K_r tV\rho_o/\pi\rho_w)(\rho_w-\rho_o)]^{1/3}$ [11]. Kemudian [12] melakukan percubaan untuk mengukur jejari tumpahan minyak di kawasan teluk arab. Dari percubaan itu, didapati jejari tumpahan minyak yang didapati lebih besar dari pada jejari tumpahan minyak menggunakan rumus Fay. [12] mengatakan bahawa "... for the 51-barrel spill of Arabian Light crude, the Fay formula underestimated the spill size by more than an order of magnitude." Dengan demikian perlu ada perbaikan rumus Fay. [12] mengusulkan perbaikan rumus Fay seperti berikut :

$$A = 2.27\,[(\rho_w - \rho_o)/\rho_o]^{2/3}\,V^{2/3}\,t^{-1/2} + 0.04[(\rho_w - \rho_o)/\rho_o]^{1/3}\,V^{1/3}\,W^{4/3}\,t \qquad (2)$$

Dimana A = luas daerah tumpahan minyak. ρ = densiti untuk minyak dan air.
V = volume minyak yang tertumpah. t = waktu.

3. PEMBANGUNAN SATU ALGORITHMA MLTM

Sesuai dengan kajian literatur yang dilakukan, dibuatlah rekabentuk fail bagi sistem. Rekabentuk fail ini adalah langkah awal bagi membangunkan satu algorithma MLTM. Fail tersebut terdiri dari fail spatial dan fail atribut. Fail spatial itu meliputi satu lapisan (00) - grid untuk angin, arus pasang dan lapisan-lapisan persekitaran pantai, berupa lapisan (01) – laut dan (02) – daratan. Manakala Fail atribut terdiri dari satu fail tentang kecepatan angin dalam arah horizontal dan vertikal, kecepatan arus pasang dalam arah horizontal dan vertikal. Hubungan fail-fail ini dapat dilihat pada rajah 2. Peta bagi kawasan kajian adalah peta kawasan Kerian dan Larut Matang, Perak dapat dilihat pada rajah 3. Ke dalam GIS juga dimasukkan satu model lintasan tumpahan minyak berupa kombinasi persamaan 1 dan 2. Untuk memasukkan kombinasi persamaan 1 dan 2 ini, dibentuklah satu algorithma bagi MLTM. Algorithma MLTM yang dibuat dapat dilihat pada algorithma 1.

Dalam pelaksanaan sistem, fail spatial dibentuk dengan menggunakan perisian MapInfo yang kemudian diubah ke bentuk fail Arcview. Fail Grid dibuat dengan menggunakan program MapBasic, lihat program 1. Grid yang terbentuk dapat dilihat pada rajah 4. Grid tersebut berukuran dua KM persegi dengan jarak antara grid 10^{-13} M. Fail atribut tentang kecepatan angin dan kecepatan arus pasang dibuat terpisah dalam bentuk dbf. Hubungan kedua fail dibentuk berdasarkan medan ID. Di atas grid inilah algorithma 1 dijalankan. Algorithma 1 ini diprogram menggunakan MS Visual Basic 6.0 dan MapObjects. Aturan dasar bagi algorithma ini adalah lapisan minyak hanya bergerak di dalam satu grid. Jika akan terjadi perpindahan posisi tumpahan minyak ke grid berikutnya, posisi minyak diatur sedemikian rupa supaya berada pada grid berikutnya, tidak berada pada ruang antara grid. Pengaturan ini menggunakan data atribut dari grid sebelumnya. Hasil algorithma 1 berupa pergerakan tumpahan minyak dapat dilihat pada rajah 5 dan 6.

4. KESIMPULAN

Satu algoritma MLTM perlu dibentuk untuk menentukan arah pergerakan dan pantai yang terancam oleh tumpahan minyak. Untuk paparan yang baik, algoritma ini dilaksanakan secara langsung menggunakan satu ActiveX MapObjects dan Ms Visual Basic 6.0. Beberapa fail spatial dan atribut diperlukan untuk visualisasi pergerakan minyak ini.Untuk menentukan arah pergerakan tumpahan minyak diperlukan satu fail spatial berupa grid dan fail atributnya. Kedua fail ini dikaitkan dengan medan ID. Fail spatial grid terdiri dari medan objek, ID dan keterangan, manakala fail atributnya terdiri dari medan ID, kecepatan angin dalam arah horizontal dan vertikal, kecepatan arus pasang dalam arah horizontal dan vertikal. Di samping itu diperlukan juga informasi waktu tentang pasang naik dan surut. Manakala untuk menentukan pantai yang terancam oleh tumpahan minyak diperlukan fail daratan. Fail daratan juga digunakan untuk membatasi pergerakan minyak. Pergerakan minyak dilaksanakan dari satu grid ke grid berikutnya dan tidak boleh melompati satu grid.

RUJUKAN

[1] AMSA(1999). "Oil Spills in the Australia Marine Environment : Environmental Consequences and Response Technologies". AMSA : Australia.

[2] ASCE (1996). "State of the Art Review of Modelling Transport and Fate of Oil Spills" dlm. Journal of hydraulic Engineering vol. 122 no. 11 hal. 594-608 November 1996.

[3] Li,Y;Brimicombe,A.J dan Ralphs,M.P (1999)."Spatial Data Quality and Coastal Spill Modelling" dlm. "Oil and Hydrocarbon Spills, Modelling, Analysis and Control" Garcia-Martinez, R dan Brebbia, C.A (Eds) 1999). Computational Mechanics Publications : UK.

[4] Mackay, D et. al. (1980). "Oil Spill Processes and Models". Departement of Chemical Engineering, University of Toronto, Ontario, Canada.

[5] Low, K.S. et. al. (1994). "Modelling of Olil Spill Trajectory in the Straits of Malacca". Institut Pengajian Tinggi, University of Malaya, Kuala Lumpur.

[6] Yapa, Poojithan D (1994). :Oil Spill Processes and Model Development " dlm. Journal of Advance Maritime Technology Conference Vol. 11 1994 hal. 1-22 Postdam, USA.

[7] Shen, Hung Tao; Yapa, Poojitha D dan Petroski, Mark E (1987). " A Simulation Model for Oil Slick Transport in Lakes" dlm. Water Resources Research Vol. 23 No. 10 hal. 1949-1957 Oktober 1987.

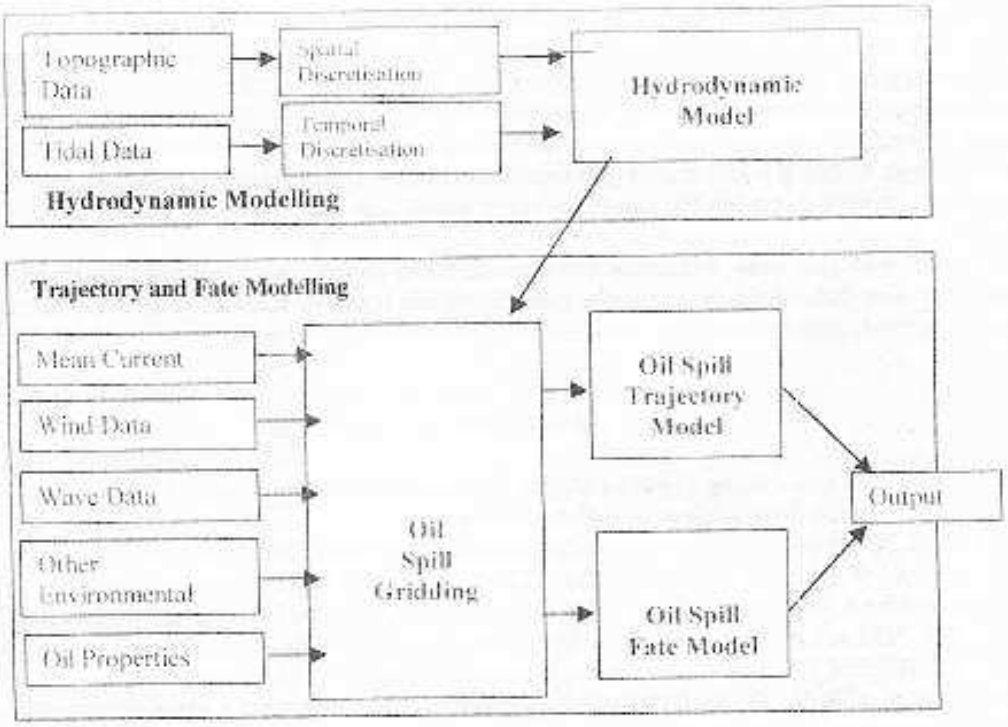
[8] Lai Hoi Chow dan Chua Thia Eng (1975). "The Fate of Oil in The Environment" dlm. "A Preliminary Investigation In Relation to Oil Spill". Sinaran Bros. Sdn. Bhd. Penang.

[9] Samuels, William B; LaBelle, Robert P. dan Amstutz David E.(1983). "Application of Oil Spill Trajectory Models to the Alaskan Outer Continental Shelf" dlm. Ocean Management 8 hal. 233-250 Amsterdam, Holland.

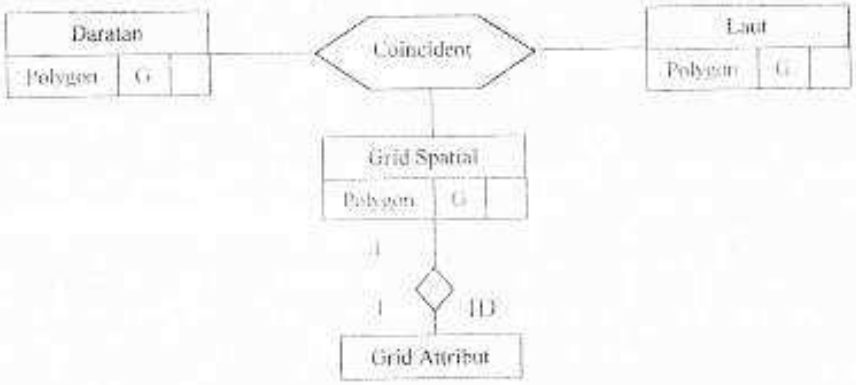
[10] Beer, Tom; Humphries R.B. dan Bouwhuis, Ron (1983). Modelling Nearshore Oil Slick Trajectories" dlm. Marine Pollution Bulletin Vol. 14 no. 4 hal. 141-144, Great Brittain.

[11] Lehr, W.J ; Belen, M.S dan Cekirge, H.M (1981). Simulation Oil Spills at Two Offshore Fields in the Arabian Gulf" dlm. Marine Pollution Bulletin vol. 12 no. 11 hlm. 371-374, UK.

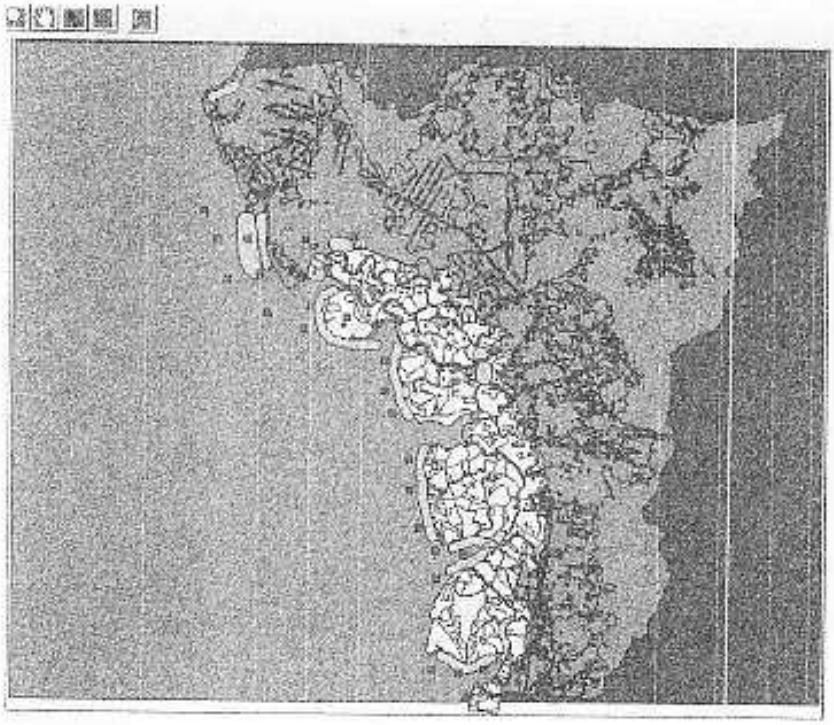
[12] Lehr, W.J et. al. (1984). "A New Technique to Estimate Initial Spill Size Using a Midified Fay-Type Spreading Formula" dlm. Marine Pollution Bulletin, Vol. 15, No. 9 hlm. 326-329, 1984. UK.



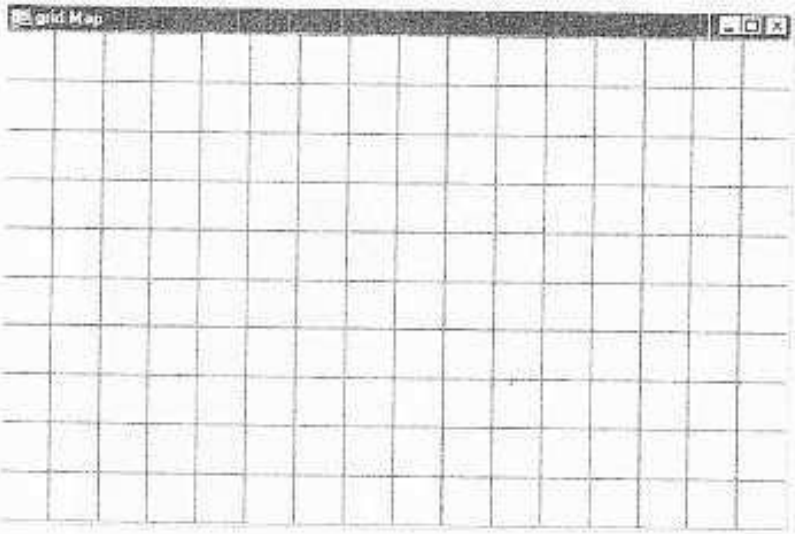
RAJAH 1 : Struktur umum model tumpahan minyak [1].



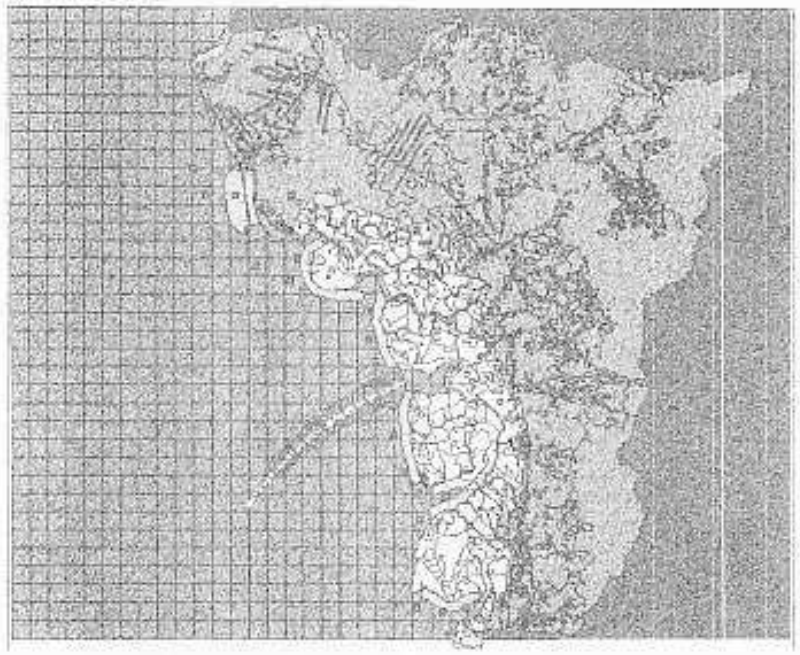
RAJAH 2 : E-R Sistem.



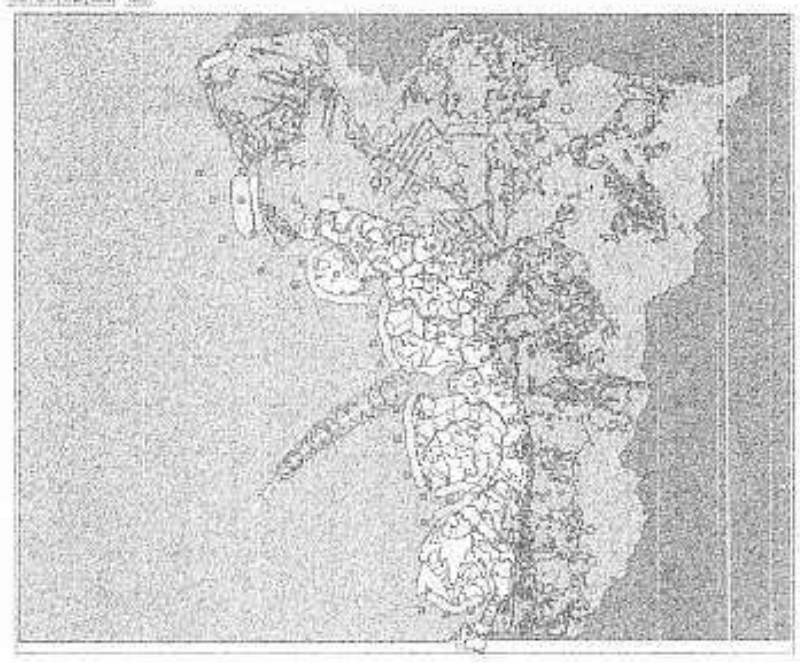
RAJAH 3 : Peta kawasan Kerian dan Larut Matang, Perak



RAJAH 4 : Peta grid.



RAJAH 5 : Pergerakan tumpahan minyak di atas grid.



RAJAH 6 : Pergerakan tumpahan minyak.

```
Inisialisasi variabel garis dan objek lingkaran
Pengaturan variabel lokasi, hari, jam, interval waktu untuk tumpahan minyak
If lokasi di laut Then
   Tandai lokasi tumpahan minyak
   While lokasi minyak di laut And keluar = 0
         Tandai grid tempat minyak berada, sebagai grid aktif; Ambil data angin, arus pasang  sesuai
          dengan hari  dan jam; Cari satu titik untuk pergerakan minyak satu jam berikutnya
         Bentuk garis lintasan minyak dalam grid aktif
         If berada di darat Then
            Cari titik potong dengan garis pantai; Bentuk garis, dengan titik ujung titik potong tersebut
            Hitung waktu yang diperlukan dan jumlahkan ke total waktu seluruhnya
            Hitung luas tumpahan minyak; Hitung jari-jari lingkaran minyak; Buat objek kotak untuk
             membentuk lingkaran; Display tumpahan minyak di MapObject; keluar = 1
         Else { minyak berada di laut }
            Hitung waktu yang diperlukan
            If xinterval <= 0 Then
               Hitung perubahan posisi tumpahan minyak pada waktu xinterval; Hitung luas tumpahan
                minyak; Hitung jari-jari lingkaran minyak; SetSebaran; xinterval = interval
            Else
               Bentuk garis baru untuk lintasan tumpahan minyak
            End If
            Inisial kembali titik dan garis pembantu; pt dan ln serta waktu interval berikutnya
         End If
   Wend
End If
```

ALGORITHMA 1 : Algorithma bagi MLTM.

```
include "mapbasic.def"
Dim i,j,k  as integer
Dim x1, y1 as float
Dim regs as Object
Dim g_pen as Pen
set coordSys Nonearth Units "m" bounds (244020.1875, 500290.5313) (329253.2187, 569888.2500)
Open table "f:\OilSpill\data\spatial\land" as daratan
Open table "f:\OilSpill\data\spatial\Laut" as laut
Open table "f:\OilSpill\data\spatial\Grid" as grid
Create map for grid CoordSys Nonearth Units "m" bounds (244020.1875, 500290.5313) (329253.2187,
                569888.2500)
map from grid,daratan,laut
g_pen  = MakePen(1, 2, RED)
x1=244020.1875
y1=500290.5313
k=1
for i = 1 to 30
   for j = 1 to 35
      Create rect into variable regs (x1,y1)(X1+2000,y1+2000)
      Alter Object regs Info OBJ_INFO_PEN, g_pen
      Insert into grid (object,id,ket) values  (regs,k,ket)
      y1=y1+2000.0000000000001
      k=k+1
   next
   x1=x1+2000.0000000000001
   y1=500290.5313
next
map from grid,daratan,laut
close all interactive
```

PROGRAM 1 : Program Untuk menghasilkan peta Grid.