

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL



## EKSISTENSI KEBUMIHAN, PEMANASAN GLOBAL DAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM

YOGYAKARTA, 14 JUNI 2007

Penyunting:  
Sari Bahagiarti K  
Suharsono  
Puji Pratiknyo  
Nur Ali Amri  
M.Th Kristiati EA  
Herwin Lukito



PANITIA TETAP SEMINAR FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA  
JL. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta.  
Gedung Ari F.Lasut Lt. I telp.(0274) 487814  
email: seminar\_ftm\_upnyk@yahoo.com



|    |  |              |
|----|--|--------------|
| 2  | Estimasi Cadangan Hidrokarbon dengan Simulasi Monte Carlo Dalam Rangka Pengelolaan Sumber Daya Migas<br><b>Suranto, M.Th. Kristiati EA.....</b>  | 19.1 – 19.7  |
| 3  | Pengambilan Kembali Batubara Halus dari Limbah Pencucian Batubara Dengan Proses Spherical Agglomeration<br><b>Indah Setyowati.....</b>   | 20.1 – 20.7  |
| 4  | Studi keberhasilan Injeksi Polimer untuk Pengelolaan Minyak Tersisa dengan Analisa Numerik.<br><b>Boni Swadesi.....</b>  | 21.1 – 21.13 |
| 5  | Pemodelan Reservoir Lapangan Panasbumi Dieng Blok Sileri<br><b>Eko Widi P.....</b>   | 22.1 – 22.17 |
| 6  | Perombakan Material Buangan Limbah Cair Dengan Biodegradasi Dan Sedimentasi Secara Alami Dalam Mendukung Pengelolan Lingkungan<br><b>Dina Asrifah, Andi Sungkowo.....</b>                      | 23.1 – 23.6  |
| 7  | Eksplorasi Mineral Mangan dengan Geofisika Metode Dipole-dipole dan Induksi Polarisasi (IP) Daerah Penyeleng Kec Lembar Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat<br><b>Agus Santoso.....</b> | 24.1 – 24.10 |
| 8  | Potensi Endapan Pasir Besi Kawasan Pantai Selatan Kebumen, Jawa Tengah<br><b>DF Yudiantoro, Sutarto, M. Winanto Aji.....</b>   | 25.1 – 25.7  |
| 9  | Sumberdaya Air Yang “Terbuang”<br><b>Puji Pratiknyo.....</b>   | 26.1 – 26.10 |
| 10 | Ekosistem Gumuk Pasir Di Bagian Selatan Kabupaten Kebumen Berperan Sebagai Penghambat Hempasan Tsunami<br><b>Andi Sungkowo.....</b>  | 27.1 – 27.7  |
| 11 | Penentuan Jalan Rawan Longsor Di Kabupaten Kulonprogo Menggunakan Sistem Informasi Geografis<br><b>Herwin Lukito.....</b>  | 28.1 – 28.5  |
| 12 | Substansi <i>Corporate Social Responsibility</i> Industri Pertambangan<br><b>Nur Ali Amri.....</b>   | 29.1 – 29.4  |



# PEMODELAN RESERVOIR LAPANGAN PANASBUMI DIENG BLOK SILERI

Eko Widi Pramudihadi

Jurusan Teknik Perminyakan UPN "Veteran" Yogyakarta Bidang Khusus Panasbumi

## Abstrak

Kebutuhan pasokan listrik yang meningkat, mendorong manajemen perusahaan mengembangkan lapangan panasbumi, dalam rangka memenuhi kebutuhan listrik. Untuk mengetahui apakah lapangan tersebut mampu beroperasi sesuai dengan kapasitas terpasang sebesar 60MWe perlu dilakukan simulasi reservoir. Simulasi dilakukan dengan menggunakan simulator Tough2, EOS2.

Lapangan Panasbumi Dieng Blok Sileri merupakan reservoir sistem dominasi air yang mempunyai kisaran temperatur 280 – 350 °C, tekanan  $1.000e7 - 1.700e7$  Pa, dari hasil simulasi didapat harga porositas reservoir  $2,0 \cdot 10^{-6}$  dan permeabilitas reservoir  $2,20 \cdot 10^{-12} m^2$  dengan besar potensi statik 66,8 MWe sedangkan kapasitas terpasang sekarang 46 MWe. Dari perbandingan antara kapasitas terpasang dan potensi statiknya, Lapangan Dieng Blok Sileri perlu dilakukan usaha-usaha untuk meningkatkan dan mempertahankan kapasitas produksinya pada kondisi optimumnya.

## Abstract

High electric demand push the management of an electrical company to develop geothermal field. To know whether the field can fulfill the 60 MWe operation demand, Tough2, EOS2 simulation is required.

Sileri Block of Dieng Geothermal Field is water dominated reservoir which has temperature 280-350 °C and pressure  $1.000e7 - 1.700e7$  Pa. The result of the simulation, we have got  $2.0 \cdot 10^{-6}$  reservoir porosity and  $2.2 \cdot 10^{-12} m^2$  reservoir permeability, with static potential 66.8 MWe but with 46 MWe installed capacity. From the ratio between installed capacity and static potential Sileri Block of Dieng Geothermal field, the management has to improve and maintain the production capacity on optimal condition.

## Pendahuluan

Energi panasbumi merupakan salah satu jenis energi alami didalam bumi yang merupakan hasil interaksi antara panas yang dipancarkan batuan dan air yang berada di sekitarnya. Energi ini dapat diperbaharukan (*renewable*) dan bereksistensi dalam waktu yang lama.

Namun kebutuhan pasokan listrik yang meningkat, mendorong kebijakan manajemen perusahaan, melakukan pengembangan lapangan, untuk memenuhi kebutuhan listrik. Dalam pengembangan lapangan sangat diperlukan pemodelan reservoir.

Pemodelan reservoir adalah pembuatan tiruan penyebaran sifat petrofisik batuan dan fluida yang dievaluasi dari data geologi, geokimia dan geofisika berdasarkan model konsep reservoir panasbumi dengan divalidasi oleh data pemboran dan uji produksi dengan tujuan memperkirakan potensi reservoir. Dengan menggunakan data produksi dilakukan penyesuaian (*matching*) terhadap perilaku produksi yang kemudian digunakan untuk meramalkan kinerja reservoir selanjutnya, sehingga dapat direncanakan strategi produksi selanjutnya. Untuk melakukan pemodelan reservoir tersebut digunakan simulator TOUGH2, EOS2.

Lapangan Panasbumi Dieng Blok Sileri merupakan reservoir sistem dominasi air yang mempunyai kisaran temperatur 280 – 350 °C, tekanan  $1.000e7 - 1.700e7$  Pa, Lapangan Dieng Blok Sileri memiliki harga porositas  $2.0 \cdot 10^{-6}$  (fraksi) dan permeabilitas reservoir  $2.20 \cdot 10^{-12} m^2$ , potensi reservoir panasbumi Dieng Blok Sileri 66.8 MWe (umur kontrak 30 tahun) dengan kedalaman reservoir -500 m dpl s/d -1000 m dpl dan ketebalan reservoir 500 m.

## Kondisi Lapangan

Lapangan panasbumi Dieng terletak di Jawa Tengah kurang lebih 133 km ke arah Barat-Utara dari kota Yogyakarta dan dekat dengan Wonosobo yang terletak 30 km ke arah Utara. Tepatnya lokasi panasbumi Dieng terletak di dua Kecamatan, yaitu Kecamatan Batur Kabupaten Banjarnegara dan Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo, dengan batas-batasnya adalah: sebelah Barat garis 02.09.02 BT, Timur 03.11.31 BT, Utara 07.05.00 LS dan Selatan 07.20.00 LS, disajikan pada Gambar 1.



## Dasar Teori

Simulator TOUGH2, EOS2 merupakan hasil pengembangan dari simulator MULKOM, dari hasil simulator tersebut dapat menirukan kinerja reservoir dengan baik dan dapat memberikan gambaran mengenai parameter-parameter reservoir seperti permeabilitas, porositas, distribusi tekanan dan *temperature* serta laju alir *massa* uap dan air dalam sistem.

Prinsip dasar yang digunakan dalam simulator ini adalah kesetimbangan *massa* dan panas. Aliran *fluida* dalam media pori dinyatakan dalam persamaan Darcy, kondisi batas sesaat dapat dinyatakan dengan tekanan dan *temperature* konstan.

Model Lapangan Panasbumi Dieng dibuat dengan menggunakan *distributed parameter approach* yang intinya sistem yang akan dimodelkan dibagi dengan sejumlah blok (*grid*) dimana blok (*grid*) yang satu dengan yang lain saling berhubungan. Pembuatan *grid* mempertimbangkan letak sumur, jenis *lithology* yang di tembus sumur, struktur batuan, arah aliran air dan penyebaran rekah. Dengan adanya *grid* maka penyebaran dan keaneka ragaman porositas, permeabilitas, tekanan dan temperatur sangat diperhitungkan sebagai penggambaran reservoir heterogen.

Untuk mendapatkan kondisi awal (*initial condition*) maka dalam simulator menggunakan waktu yang lama, diharapkan reservoir sudah dalam kesetimbangan panas dan *massa*. Diketuinya apakah hasil simulasi mendekati atau sudah dalam kondisi *natural state* maka dilakukan uji devalidasi terhadap hasil pengukuran tekanan dan *temperature* awal, yaitu pengukuran yang dilakukan sebelum reservoir diproduksi. Dikatakan reservoir dalam kondisi *natural state* jika grafik hasil simulasi dan hasil pengukuran kuster *matching*. Kalibrasi dilakukan dengan mengubah harga permeabilitas, porositas dan *conductivitas thermal* batuan, yang mempunyai tingkat ketidakpastian yang sangat tinggi.

## Simulasi dan Hasil Perhitungan

Lapangan Dieng yang dimodelkan adalah lapangan Blok Sileri ( disajikan pada Gambar 2 ) dengan luas 3,364 km x 4,273 km. pembuatan *grid* dan arah *grid* didasarkan pada estimasi rekah dan penyebarannya. Menurut data geologi arah rekah seperti yang disajikan pada Gambar 3a, 3b, 3c dengan Estimasi :

- F1 : arah NW – SE (Gunung Prau) dari gravity data.
- F2 : arah NW – SE (Gunung Sipandu) dari resistivity data.
- F3 : arah NW – SE (Kawah Sileri) dari resistivity data.
- F4 : arah NW – SE (Merdada Pond) data pemboran sumur HCE 9A dan HCE 9B.
- F5 : arah WNW – ESE (Pad 7) dari struktur batuan.
- F6 : arah NW – SE (Kawah Sikidang) dari struktur batuan, gravity, dan resistivity.
- F7 : arah WNW – ESE (Sikunang) dari struktur batuan dan gravity data.
- F8 : arah NE – SW (Kepakisan) dari gravity data.
- F9 : arah NE – SW (Gunung Sipandu) dari gravity data.
- F10 : arah NNE – SSW (Telaga Panca-Warna) dari gravity data.
- F11 : arah NE – SW (Kawah Sikidang) dari sumur pemboran (DNG2, DNG4, DNG12).

Dari gambar peta penyebaran rekah dan arah patahan, rekah mayoritas NW-SE. Dalam pembuatan *grid*, arah *grid* sejajar dan tegak lurus dengan arah patahan atau tegak lurus dengan *water recharge*. Arah *recharge* diperkirakan dari arah NW dan NE, disajikan pada Gambar 4.

Didalam pembagian jumlah *grid* secara horizontal didasarkan pada jumlah sumur, letak sumur dan penyebarannya. Dalam simulasi satu *grid* hanya ditempati satu sumur, karena dalam *input dack* satu *grid* hanya ada satu *input* parameter, Jumlah sumur, letak sumur dan penyebarannya disajikan pada Gambar 5.

Dari penyebaran sumur dan letak sumur, struktur geologi, *water recharge* dan *Discharge* dapat dibuat jumlah *grid* secara horizontal sebanyak 42 *grid*, dengan arah perhitungan *grid* seperti yang disajikan pada Gambar 6. Secara kenyataan pembagian *grid* disajikan pada Gambar 7.

Bagian dari suatu *system* merupakan *system* 3-D, secara horizontal jumlah *grid* sebanyak 42 *grid*, secara vertikal dibuat sebanyak 9 *grid*. Pembuatan *grid* secara vertikal sebanyak 9 *grid* didasarkan pada batuan yang di tembus Sumur P1 dan P5, perkiraan kedalaman reservoir serta estimasi struktur batuan (rekah, graben). Jenis batuan dan kedalaman batuan yang ditembus Sumur P1 dan P5, disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Jenis batuan yang ditembus Sumur P1 dan P5 secara umum terdiri dari 5 batuan, antara lain: tuff, lithic tuff, tuff breccia, andesit lava dan microdiorite.

Dari data batuan yang ditembus Sumur P1 dan P5 dan data struktur yang terbentuk pada Lapangan Dieng Blok Sileri (Gambar 3a, 3b, 3c) dapat dibuat konsep model reservoir seperti yang disajikan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Pembagian grid secara vertikal menjadi 9 grid, kondisi atmosfer diwakili oleh Lapisan AA pada elevasi 2500 m dpl, dan sumber panas diwakili oleh lapisan terbawah (II) dengan kedalaman – 1000 m dpl.

Devalidasi antara hasil perhitungan simulasi dan pengukuran kuster (dalam keadaan statik) sumur utama sumur P1 (Gambar 12a) dan sumur P5 (Gambar 12b) sebagai data utama pemodelan reservoir menunjukkan keselarasan, keselarasan ini menunjukkan bahwa seluruh sistem yang dimodelkan sudah dalam kondisi *natural state*. Setelah dilakukan devalidasi pada semua sumur yang masuk Blok Sileri nampak sumur-sumur tersebut juga menunjukkan keselarasan.

Dari hasil devalidasi data kuster dan hasil simulasi menunjukkan bahwa *lithology* batuan pada sumur P1 dan P5 mewakili seluruh sumur yang masuk dalam Blok Sileri.

Pembagian *lithology* secara umum dalam pembuatan model konseptual adalah udara (atmosfer), andesit lava, trans, tuff, dan mikrodiorit. Trans merupakan zona perlapisan, terdapat 4 *lithology* yang berbeda dengan ketebalam tidak teratur, dan tidak masuk dalam pembagian ketebalan grid. Harga trans merupakan harga rata-rata dari 4 *lithology* yang berbeda. Trans tersusun dari perselingan andesit lava, tuff breccia, lithic tuff dan tuff.

Lapangan Panasbumi Dieng Blok Sileri dalam kondisi *initial condition* pada porositas dan permeabilitas seperti pada Tabel 1.

Tabel 1  
Kondisi Mula-Mula Porositas dan Permeabilitas Lapangan Dieng

| Material Name | Porositas | Permeabilitas  |         |                |         |                |         |
|---------------|-----------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
|               |           | Horisontal     |         | Vertikal       |         | Miring         |         |
|               | Fraksi    | m <sup>2</sup> | mdarcy  | m <sup>2</sup> | mdarcy  | m <sup>2</sup> | mdarcy* |
| ANDES         | 0.27      | 2.90E-21       | 2.90E-6 | 1.97E-21       | 1.97E-6 | 7.00E-21       | 7.00E-6 |
| TRANS         | 0.36      | 2.50E-21       | 2.50E-6 | 1.30E-19       | 1.30E-4 | 7.00E-21       | 7.00E-6 |
| TUFFT         | 0.01      | 2.00E-21       | 2.00E-6 | 1.00E-21       | 1.00E-6 | 3.00E-21       | 3.00E-6 |
| MKROD         | 2.0E-6    | 2.20E-12       | 2.20E+3 | 2.30E-19       | 2.30E-4 | 7.90E-21       | 7.90E-6 |

Keterangan:

- ANDES = Andesit
- TRANS = Perselingan 4 material
- TUFFT = Tuff
- MKROD = Mikrodiorit

\*) 1 mdarcy = 10.E-12 cm<sup>2</sup> = 1.0E-15 m<sup>2</sup>

Letak reservoir Lapangan Panasbumi Dieng pada Lapisan HH (-500 mdpl) dan II (-750 mdpl) seperti yang disajikan pada Gambar 13a sampai Gambar 13i.

Perhitungan potensi memerlukan parameter-parameter batuan dan fluida hasil perhitungan dari simulasi ketika pemodelan menunjukan kondisi *natural state* yang ditunjukan dari hasil inialisasi.

Besarnya energi panas yang dapat dimanfaatkan (cadangan) dan diubah menjadi energi listrik (potensi listrik) dapat dihitung dengan menjumlahkan potensi dari masing-masing blok, merupakan reservoir lapisan reservoir berada pada Lapisan HH dan II, dengan parameter seperti pada Tabel 2

Tabel 2  
Data Kondisi Awal Grid-8 Lapisan HH

| Kondisi (Lap. HH, Grid 8) | Parameter, Satuan  | Besaran   |
|---------------------------|--|---|
| AWAL                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tebal Lapisan (h), m</li> <li>• Volume (V), m<sup>3</sup></li> <li>• Porositas (φ), %</li> <li>• Densitas batuan (ρ<sub>r</sub>), kg/m<sup>3</sup></li> <li>• Kapasitas panas batuan (C<sub>r</sub>), kJ/kg °C</li> <li>• Temperatur (T<sub>i</sub>), °C</li> <li>• Saturasi air (S<sub>w</sub>), % (asumsi)</li> <li>• Energi dalam air (U<sub>w</sub>), kJ/kg</li> <li>• Densitas air (ρ<sub>w</sub>), kg/m<sup>3</sup></li> <li>• Saturasi uap (S<sub>v</sub>), % (asumsi)</li> <li>• Energi dalam uap (U<sub>v</sub>), kJ/kg</li> <li>• Densitas uap (ρ<sub>v</sub>), kg/m<sup>3</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 250</li> <li>• 1.29E8</li> <li>• 2.00E-6</li> <li>• 2600</li> <li>• 1.2</li> <li>• 310</li> <li>• 1</li> <li>• 1393</li> <li>• 693.129</li> <li>• 0.00</li> <li>• 2545</li> <li>• 0.01802</li> </ul> |



Besar energi yang terkandung dalam batuan dan fluida adalah:

$$\begin{aligned}
 H_i &= V \left[ (1-\phi) \rho_r \cdot Cr \cdot T_i + \phi (\rho_l \cdot S_l \cdot U_l + \rho_v \cdot S_v \cdot U_v) \right] \\
 &= 1.29E8 \times \left[ (1-2.0E-6)(2600)(1.2)(310) + 2.0E-6(693.13(1)(1393) + 0.0(0.01802)2545) \right] \\
 &= 1.25E14 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Jumlah total seluruh potensi Lapisan HH merupakan penjumlahan masing-masing grid, sehingga total potensi Lapisan HH :

$$H_i = \sum_{j=1}^n A_{ef}^{(i)} = 1.80E15 \text{ kJ}$$

Kondisi akhir reservoir Lapisan HH ditandai dengan  $S_w = 0$  dan  $S_v = 1$ , karena diasumsikan bahwa air telah sepenuhnya berubah fasa menjadi uap, serta temperatur akhir yang masih dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah  $180^\circ\text{C}$ , Tabel 3.

Tabel 3  
Data Kondisi Akhir Grid 8, Lapisan HH

| Kondisi Lapisan HH (Grid 8) | Parameter/Satuan   | Besaran |
|-----------------------------|--|---------|
| Akhir                       | Porositas ( $\phi$ ), %  | 2.0E-6  |
|                             | Densitas bantuan ( $\rho_r$ ), $\text{kg/m}^2$                 | 2600    |
|                             | Kapasitas panas batuan ( $C_r$ ), $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ | 1.2     |
|                             | Temperatur ( $T_r$ ), $^\circ\text{C}$ (asumsi)                | 180     |
|                             | Densitas uap ( $\rho_v$ ), $\text{kg/m}^3$                     | 4.05    |
|                             | Energi dalam uap ( $U_v$ ), $\text{kJ/kg}$                     | 2375    |
|                             | Saturasi uap ( $S_v$ ), % (asumsi)                             | 1       |

Volume Lapisan HH merupakan volume total seluruh grid, sebesar  $1.299 \text{ E}8 \text{ m}^3$ . Dengan demikian besarnya energi panas yang terkandung dalam batuan dan fluida sebesar:

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left[ (1-\phi) \rho_r \cdot Cr \cdot T_f + \phi (\rho_l \cdot S_l \cdot U_l + \rho_v \cdot S_v \cdot U_v) \right] \sum_{j=1}^n V_j = \left[ (1-2.0E-6)2600(1.2)(180) + 2.0E-6(4.05(1)2375) \right] 1.29E8 \\
 &= 1.107E15 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

maksimum energi panas yang dapat dimanfaatkan ( $H_{th}$ ) sebesar:

$$\begin{aligned}
 H_{th} &= H_i - H_f \\
 &= 1.8E15 - 1.11E15 \\
 &= 6.89E14 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Energi panas yang dapat diambil pada kenyataannya ( $H_{de}$ ) diperlukan faktor perolehan (*recovery factor*) dengan harga tidak diketahui, dalam perhitungan ini menggunakan RF sebesar 0,42 atau 42%.

$$\begin{aligned}
 H_{de} &= H_{th} \cdot RF \\
 &= 6.89E14 \times 0.42 \\
 &= 2.90E14 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Jika konversi energi *thermal* ke energi listrik sebesar 10%, umur kontrak (t) 30 tahun maka energi listrik yang didapatkan pada Lapisan HH sebesar:



$$He = \frac{Hde \cdot \eta}{(tx365 \times 24 \times 3600)} = \frac{2.89E14 \times 0.1}{30 \times 365 \times 24 \times 3600} = 30600 \text{ KWe}$$

$$= 3.06E + 01 \text{ MWe (Selama 30 Tahun)}$$

Total potensi lapangan panasbumi Dieng Blok Sileri sebesar 66.8 MWe selama masa kontrak 30 tahun. Harga 66.8 MWe merupakan penjumlahan Lapisan HH sampai dengan Lapisan II yang merupakan reservoir Lapangan Dieng Blok Sileri

### Analisa

Kapasitas terpasang Lapangan Panasbumi Unit 1 Dieng 60 MWe dan kenyataan sekarang hanya mampu diekstrak panasnya menjadi energi listrik ± sebesar 45 – 55 MWe. Tidak tercapainya kapasitas terpasang teoritis, dimungkinkan kedalaman sumur-sumur produksi yang ada tidak mencapai zone reservoir dengan permeabilitas besar. Kedalaman Reservoir Dieng Blok Sileri dari hasil simulasi pada elevasi – 500 m dpl, sedang sumur-sumur produksi hanya beberapa yang mencapai kedalaman target reservoir. Lapisan di atas reservoir (elevasi 0 m dpl s/d – 500 m dpl) mempunyai porositas besar, namun harga permeabilitasnya sangat kecil.

Usaha-usaha untuk memetakan permeabilitas besar dapat dilakukan dengan membuat peta *density fracture*, pada kedalaman reservoir panasbumi tersebut, anggapan bahwa *fracture* sampai di permukaan dan dinyatakan oleh adanya manivestasi.

Peta *density fracture* dibuat berdasarkan peta geologi dengan suatu luasan tertentu dihitung jumlah dan arah rekahan utamanya, sehingga masing-masing luasan memiliki harga *density fracture*, berdasarkan harga masing-masing *density fracture*, dapat dibuat kontur *density fracture* pada kedalaman reservoir, letak titik bor diutamakan pada harga *density fracture* yang besar.

Uji validasi peta *density fracture* dilakukan dengan simulasi pada kondisi dinamik, sehingga dapat diketahui grid blok yang memiliki permeabilitas dan temperatur tinggi.

### Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan :

1. Potensi Lapangan Dieng Blok Sileri 66.8 Mwe yang dapat diproduksi selama 30 tahun, kapasitas terpasang sekarang 46 MWe, sedangkan turbin direncanakan menghasilkan 60 Mwe.
2. Reservoir Lapangan Dieng Blok Sileri pada kedalaman – 500 m dpl Lapisan HH dan II hingga kedalaman -750 m dpl, Lapisan II, selain menjadi reservoir juga merupakan batuan pemanas.

Untuk meningkatkan dan mempertahankan pada kondisi optimumnya 60 MWe disarankan :

1. Melakukan simulasi pada kondisi dinamik sehingga dapat diketahui lokasi dengan tranmsivity dan temperatur tinggi.
2. Membuat peta *density fracture* di reservoir block Sileri.
3. Menambah sumur dengan membor mencapai kedalaman reservoir yang memiliki tranmsivity besar sebagai *make up well* atau memperdalam sumur-sumur produksi yang sudah ada hingga mencapai reservoir dengan permeabilitas besar, berdasarkan panduan peta *density fracture* dan simulasi reservoir pada kondisi dinamik.

### Daftar Simbol

|                |   |
|----------------|---|
| Hi             | = Kandungan energi panas kondisi awal, kJ       |
| Hf             | = Kandungan energi panas kondidi akhir, kJ      |
| A              | = Luas reservoir, m <sup>2</sup>                |
| h              | = Tebal reservoir, m                            |
| V              | = Volume blok, m <sup>3</sup>                   |
| Ti             | = Temperatur reservoir awal, °C                 |
| Tf             | = Temperatur reservoir akhir, °C                |
| Sl             | = Saturasi air, fraksi                          |
| S <sub>v</sub> | = Saturasi uap, fraksi                          |
| U <sub>L</sub> | = Energi dalam air, kJ/kg                       |
| U <sub>V</sub> | = Energi dalam uap, kJ/kg                       |
| Φ              | = Porositas, fraksi                             |
| C <sub>r</sub> | = Kapasitas panas batuan, K <sub>j</sub> /kg °C |
| ρ <sub>r</sub> | = Densitas batuan, kg/m <sup>3</sup>            |
| ρ <sub>L</sub> | = Densitas air, kg/m <sup>3</sup>               |



- $\rho_v$  = Densitas uap,  $\text{kg/m}^3$   
 $H_{th}$  = Energi maksimum yang dapat dimanfaatkan, kJ  
 $H_{re}$  = Energi maksimum yang dapat diangkat ke permukaan selama periode waktu tertentu,  $\text{MW}_{th}$   
 $H_{de}$  = Energi maksimum yang dapat diambil ke permukaan (cadangan panasbumi), kJ  
 $H_{el}$  = Potensi listrik,  $\text{MWe}$   
 $\eta$  = faktor konversi energi, fraksi

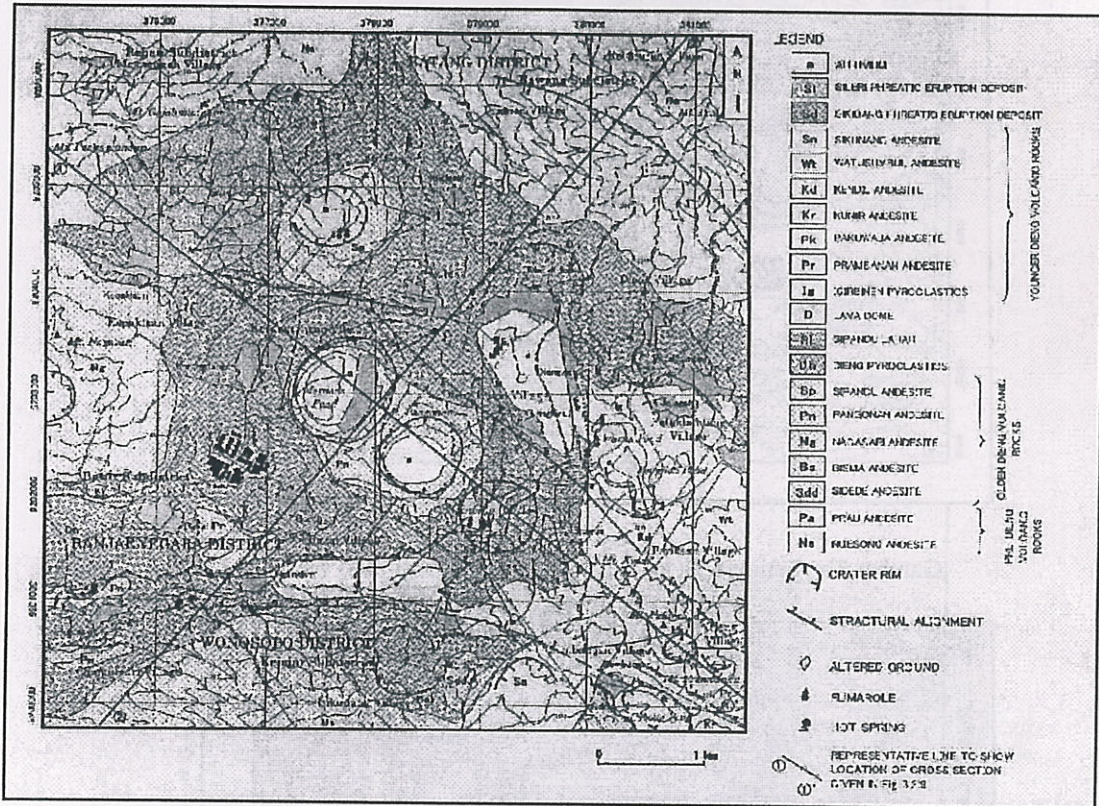
## DAFTAR PUSTAKA

1. Freeston, DH. 1996. Geothermal Technology : "Teaching the Teachers" Course Stage III. Bandung.
2. \_\_\_\_\_ Juli 2006. Feasibility Study For Dieng No 4,5 and 6 Unit, Geothermal Power, Japan Bank International Cooperation, JPIC, Japan.
3. Lonergan, Lidia dan Wilkinson, Jamie. 1999. Fractures, Fluid Flow and Mineralization. The Geological Society : London.
4. Moridis, G dan Pruess, K. 1995. Flow and Transport Simulation Using T2CGI, a Package of Conjugate Gradien Solvers for the TOUGH2 Family Of Codes. Earth Sciences Division Lawrence Berkeley Laboratory University of California : California.
5. Pruess, Karsten. 1991. TOUGH2-A General Purpose Numerical Simulator for Multiphase Fluid and Heat Flow. Earth Sciences Division Lawrence Berkeley Laboratory University of California : California.
6. Wiguna, Purwa. 2005. Evaluasi Reservoir Panasbumi Pada Sumur Produksi P-1 dan P-2 Di Daerah Dieng. Universitas Padjadjaran, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Geologi : Jatinangor.

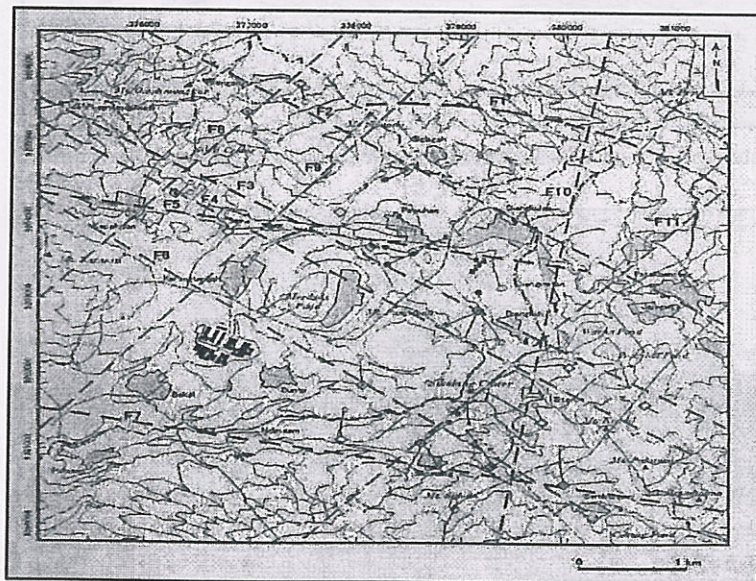


Gambar 1 : Peta Lokasi Penelitian





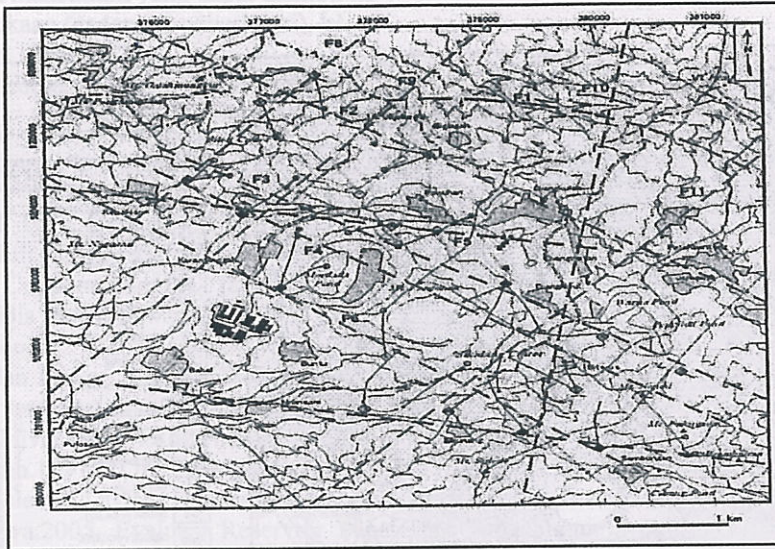
Gambar 2 : Peta Geologi Lapangan Panasbumi Dieng



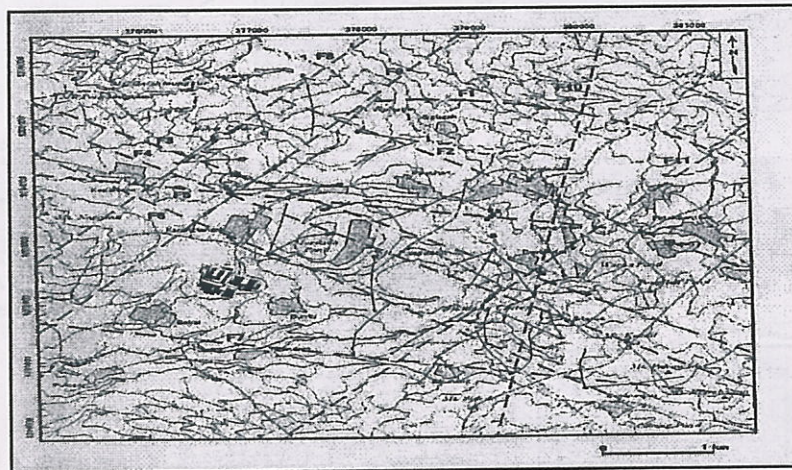
Gambar 3a : Estimasi Retak dan Penyebaran Retak Pada 500 m dpi



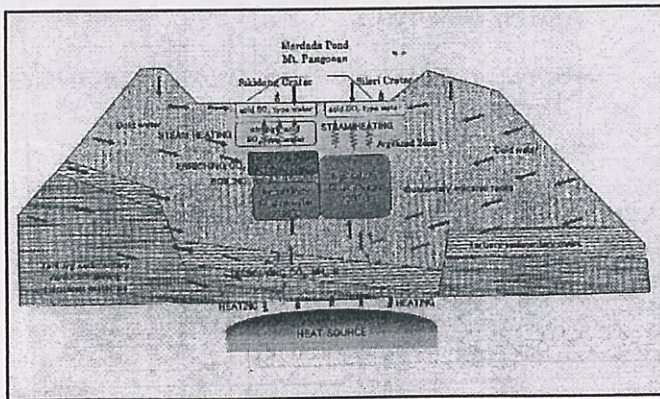
- $\rho_v$  = Densitas uap,  $kg/m^3$
- $H_{th}$  = Energi maksimum yang dapat dimanfaatkan,  $J$
- $H_{re}$  = Energi maksimum yang dapat diangkat ke permukaan sebelum periode waktu tertentu,  $MW$
- $H_{de}$  = Energi maksimum yang dapat diangkat ke permukaan sebelum periode waktu tertentu,  $MW$



Gambar 3b : Estimasi Rekah dan penyebaran rekah pada 0 m dpl

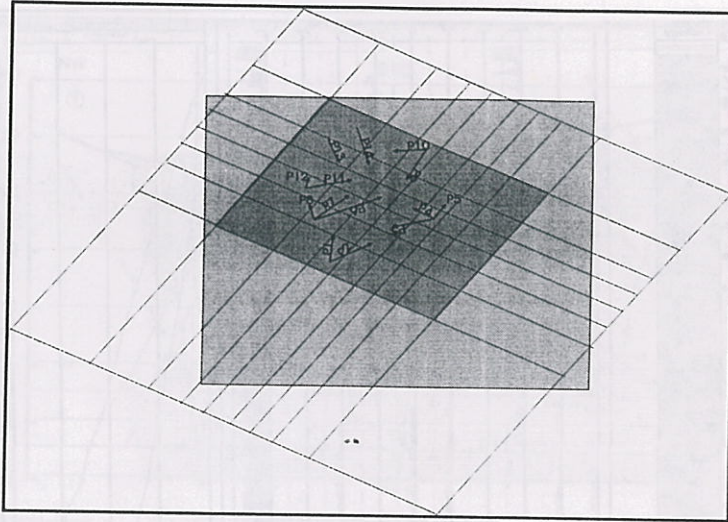


Gambar 3c : Estimasi Rekah dan penyebaran rekah pada -500 m dpl

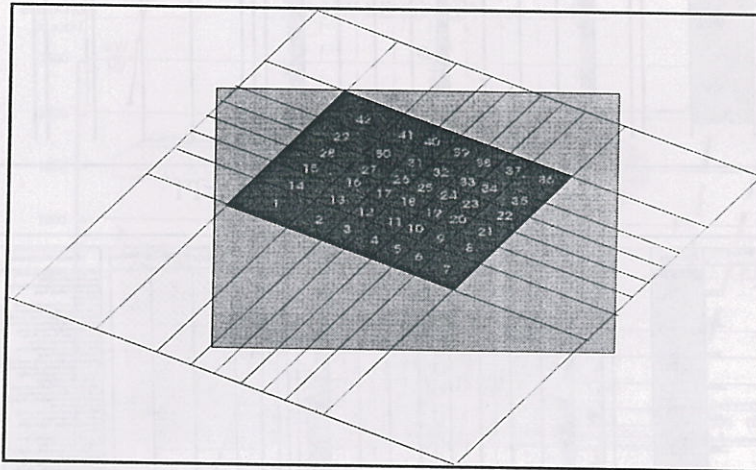


Gambar 4 : Aliran Recharge dan Discharge Lapangan Dieng

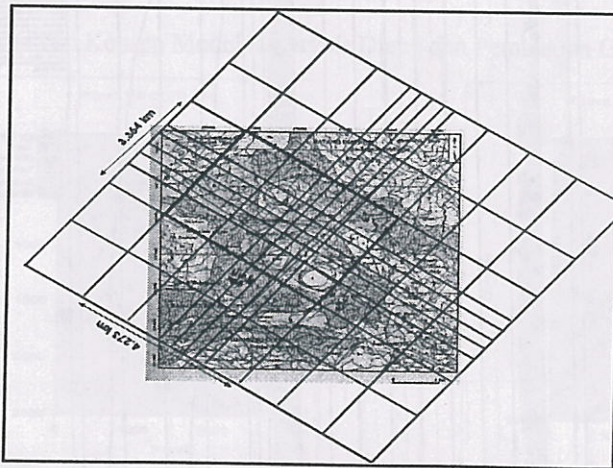




Gambar 5 : Jumlah Sumur dan Penyebaran Sumur

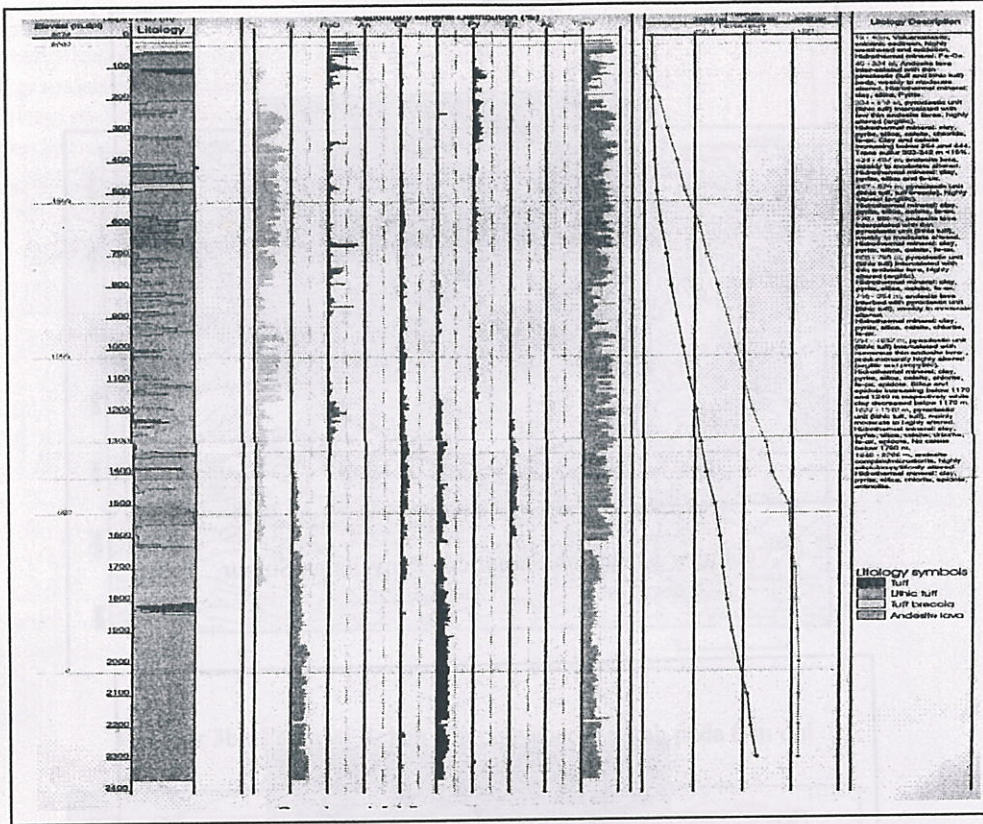


Gambar 6 : Jumlah Grid Secara Horizontal dan Perhitungan Grid

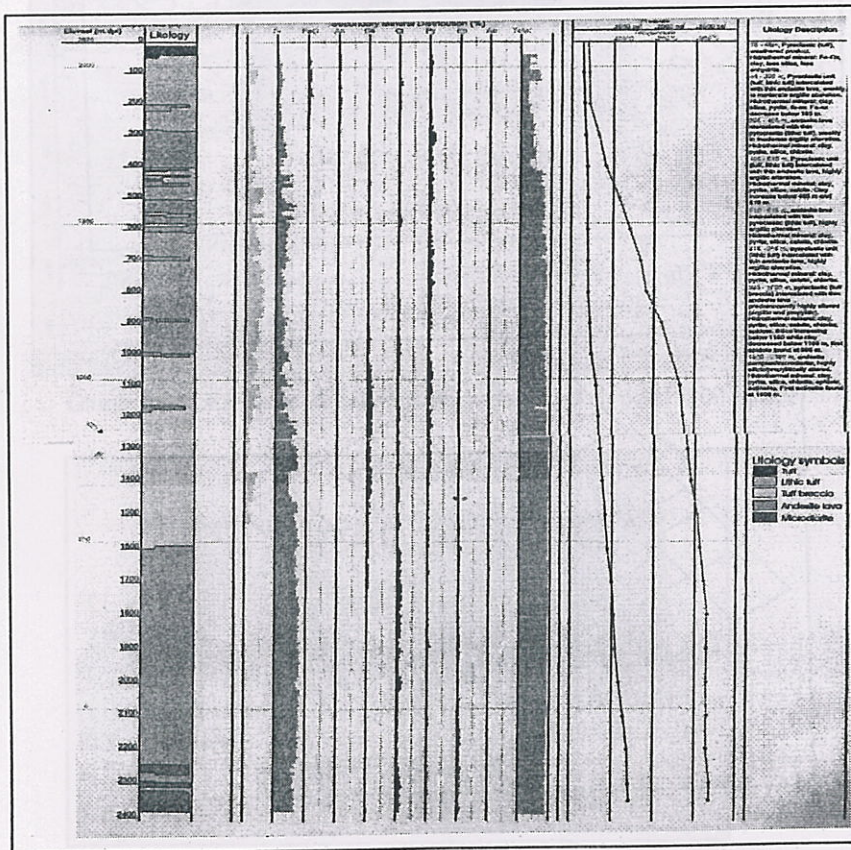


Gambar 7 : Jumlah Grid Secara Horizontal



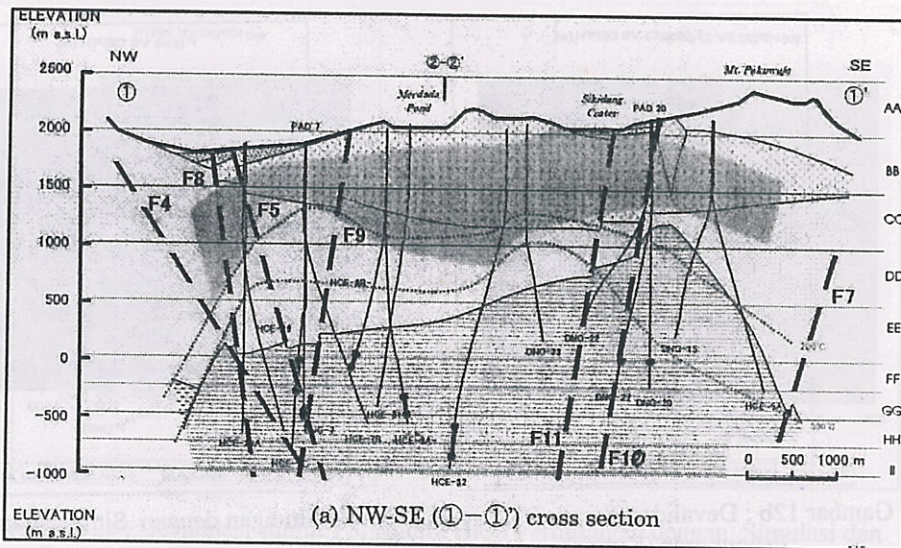


Gambar 8 : Lithology Batuan Sumur P1

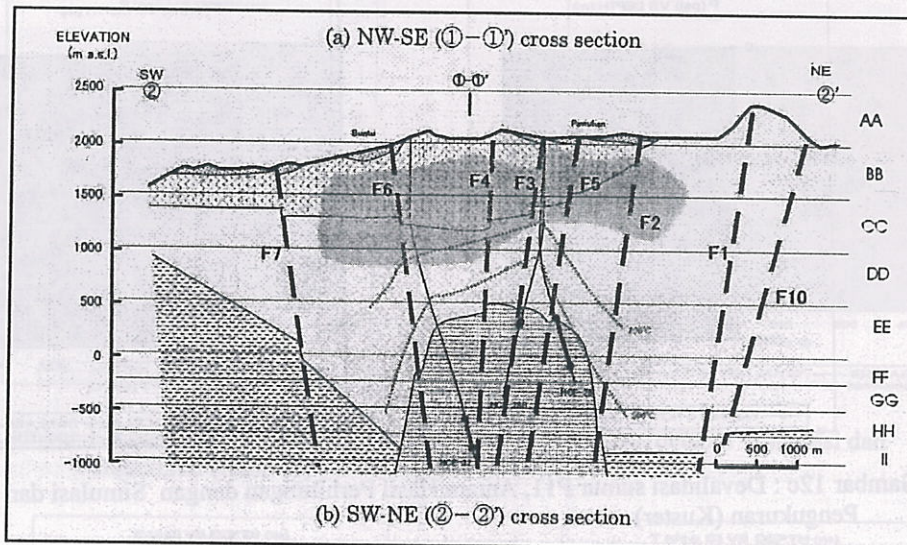


Gambar 9 : Lithology Batuan Sumur P5

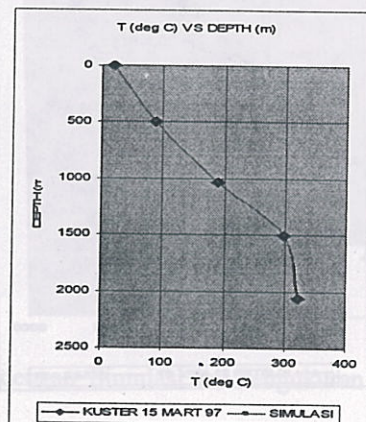
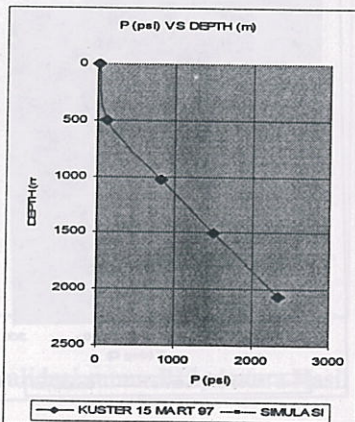




Gambar 10 : Konsep Model Reservoir Dieng dan Pembagian Grid Vertikal

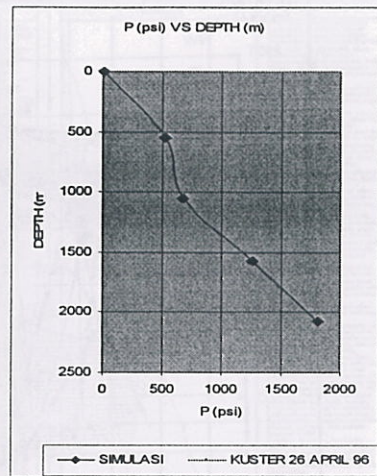
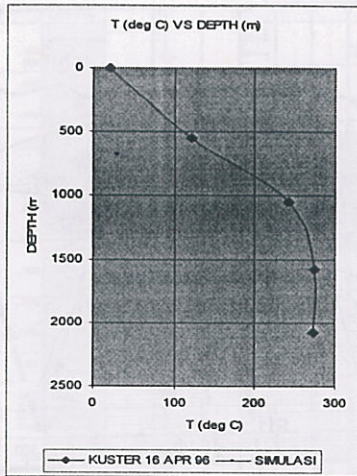


Gambar 11 : Konsep Model Reservoir Dieng dan Pembagian Grid Vertikal

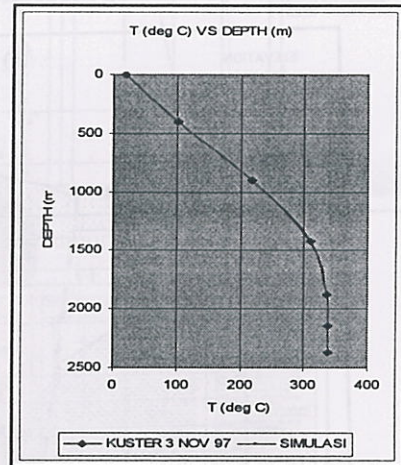
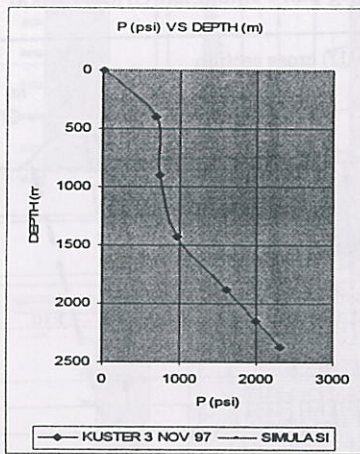


Gambar 12a : Devalidasi Sumur P1, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

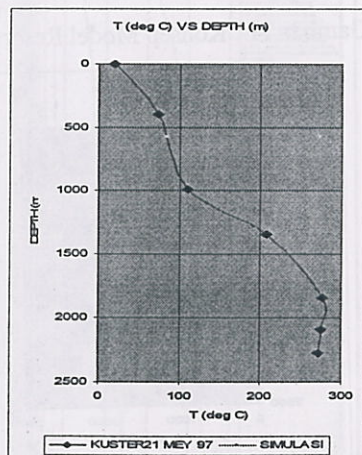
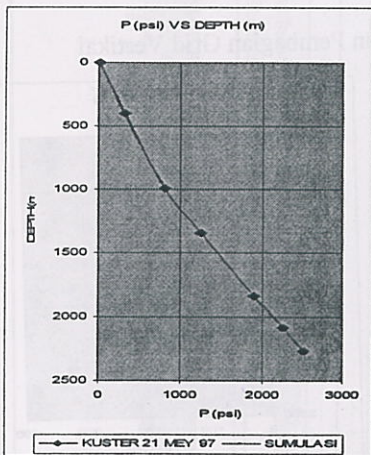




Gambar 12b : Devalidasi Sumur P5, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

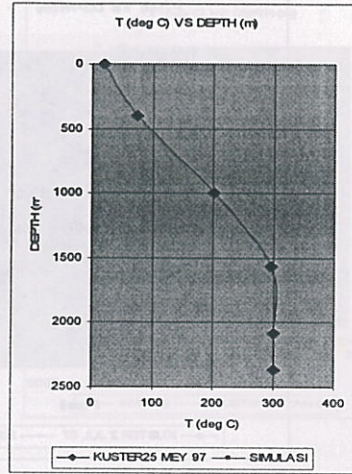
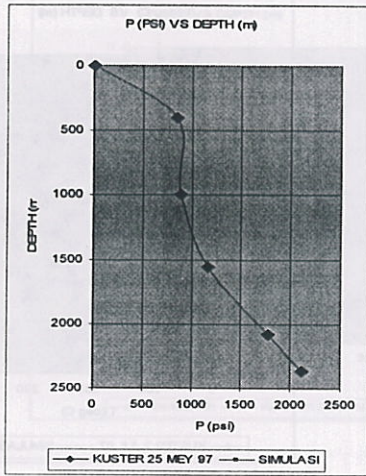


Gambar 12c : Devalidasi sumur P11, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

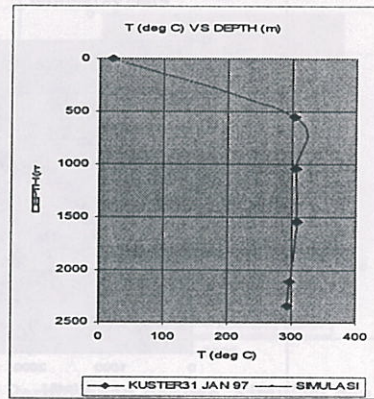
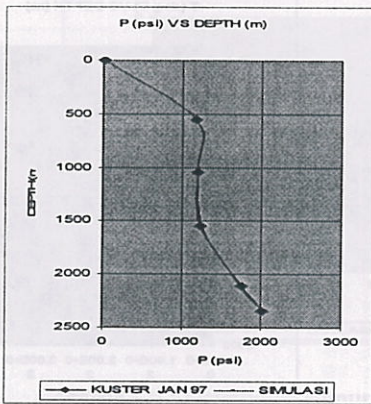


Gambar 12d : Devalidasi sumur P14, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

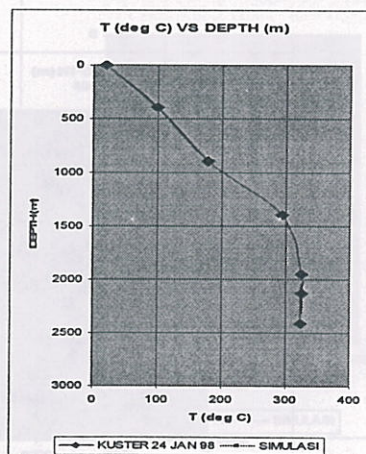
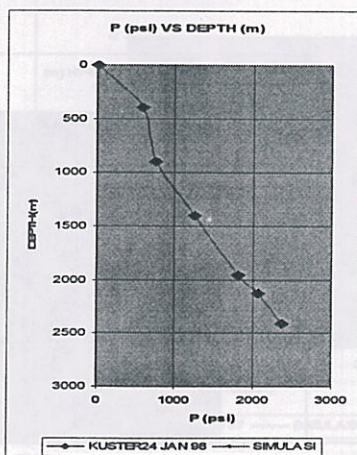




Gambar 12e : Devalidasi sumur P3, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster).

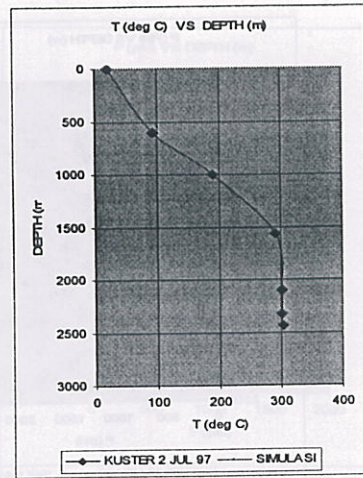
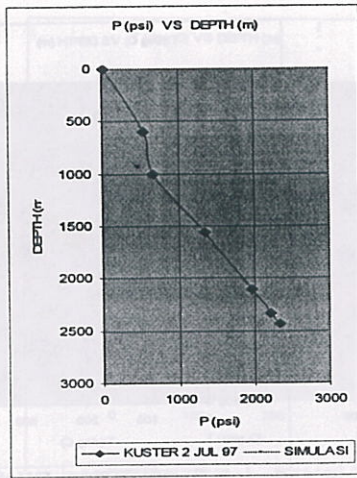


Gambar 12f : Devalidasi sumur P4, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

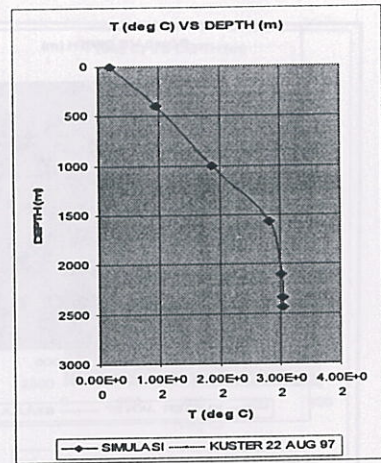
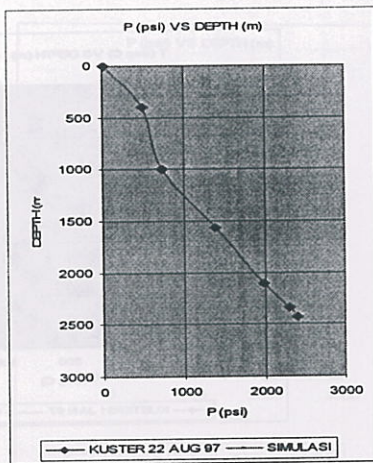


Gambar 12g : Devalidasi sumur P12, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

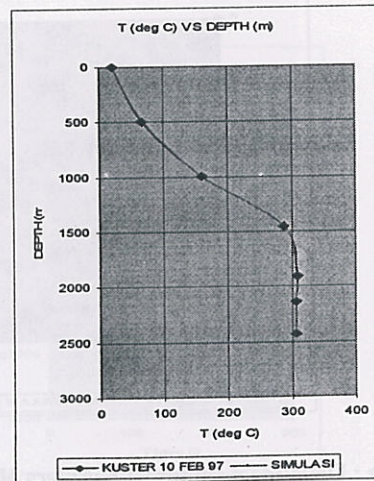
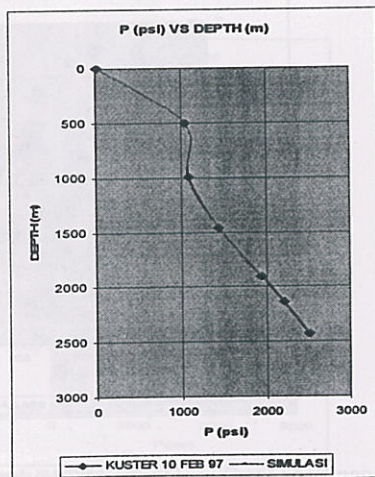




Gambar 12h : Devalidasi sumur P10, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

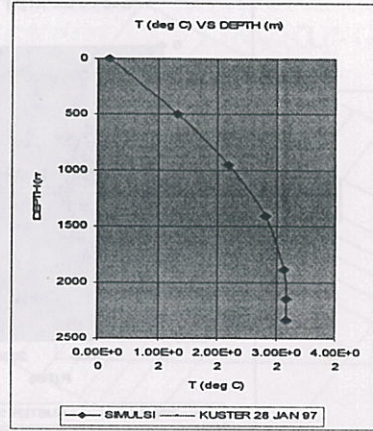
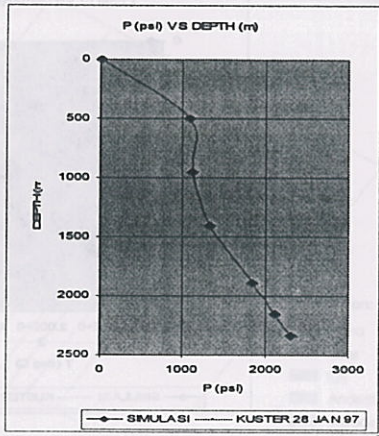


Gambar 12i : Devalidasi sumur P9, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

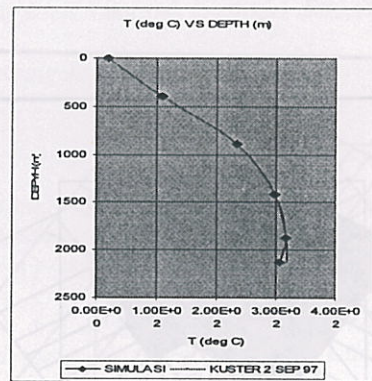
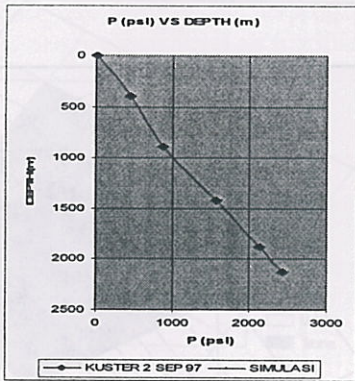


Gambar 12j : Devalidasi sumur P13, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

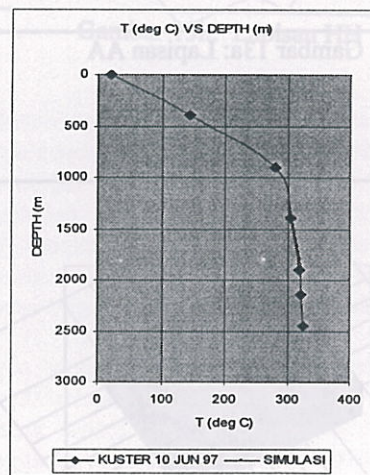
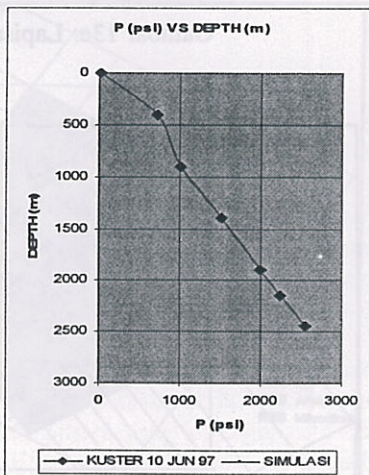




Gambar 12k : Devalidasi sumur P7, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

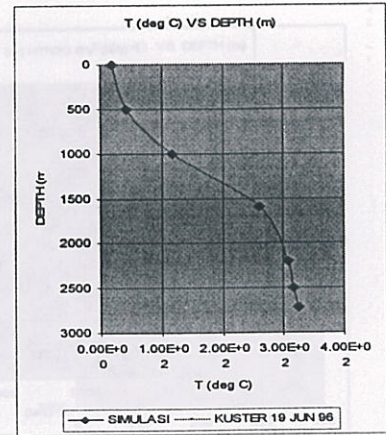
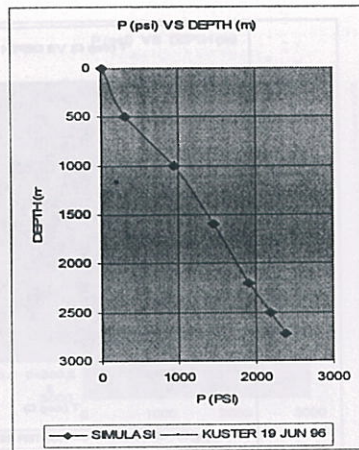


Gambar 12l : Devalidasi sumur P6, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

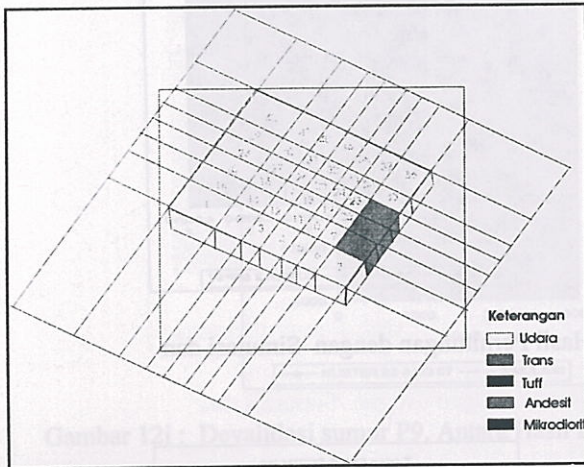


Gambar 12m : Devalidasi sumur P8, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)

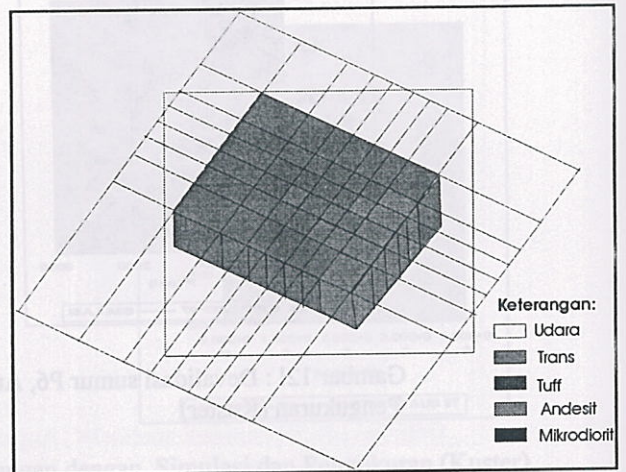




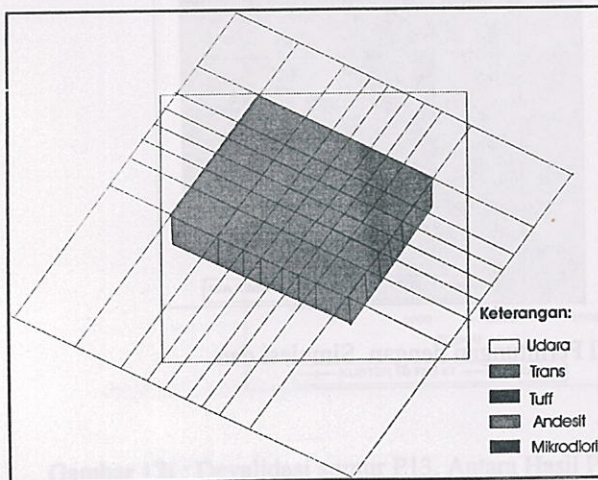
Gambar 12n : Devalidasi sumur P2, Antara Hasil Perhitungan dengan Simulasi dan Pengukuran (Kuster)



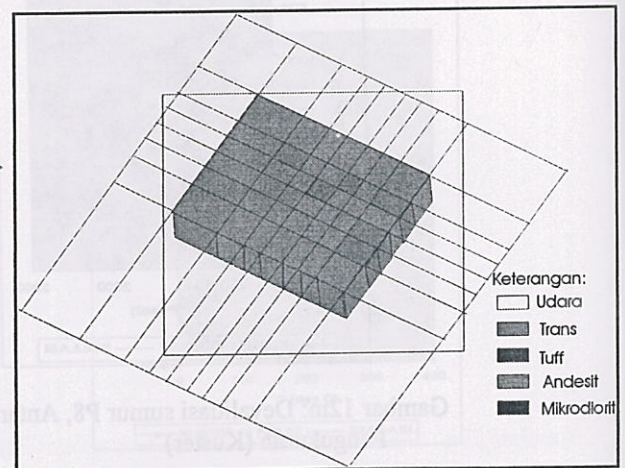
Gambar 13a: Lapisan AA



Gambar 13e: Lapisan EE

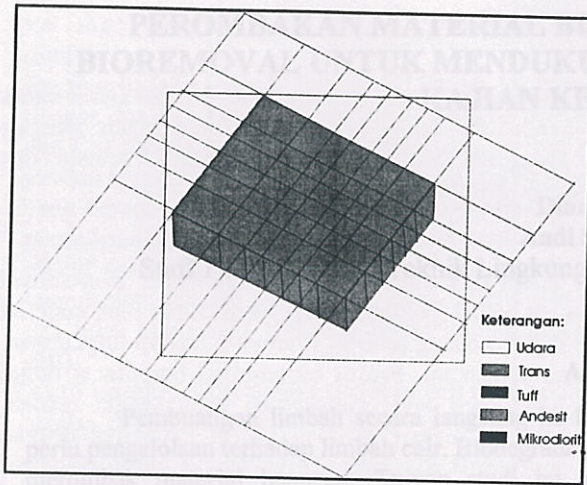


Gambar 13c: Lapisan CC

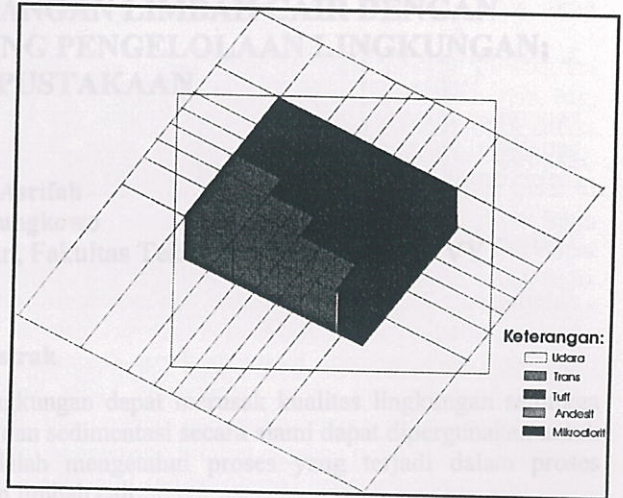


Gambar 13b: Lapisan BB

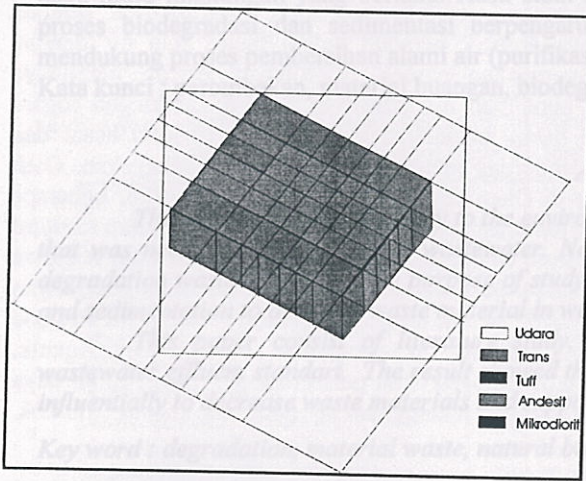




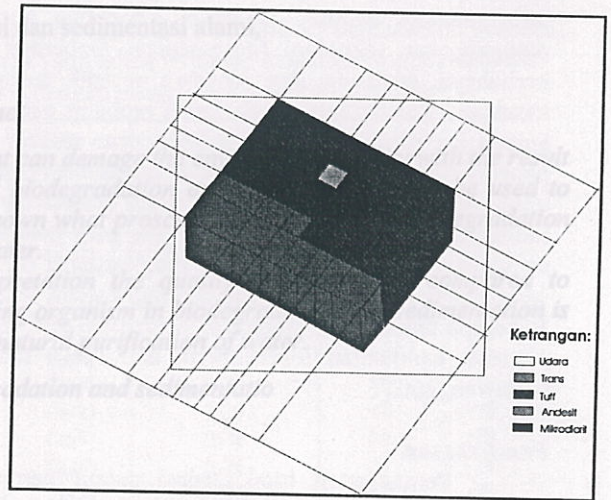
Gambar 13d: Lapisan DD



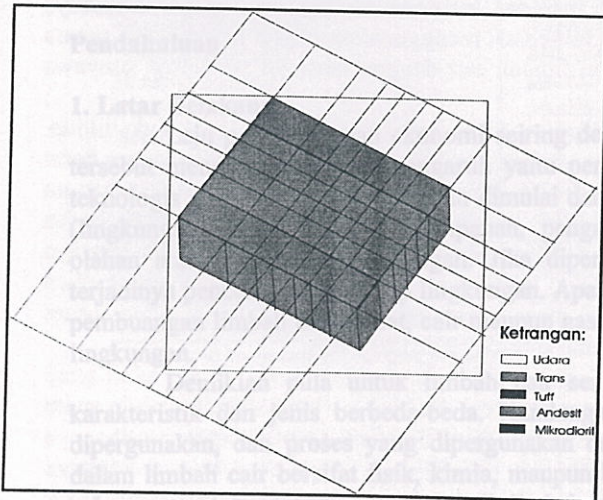
Gambar 13i: Lapisan II



Gambar 13f: Lapisan FF



Gambar 13h: Lapisan HH



Gambar 13g: Lapisan GG