

# VISUALISASI LUAS DAERAH PENGURASAN SUMUR MINYAK

**Herry Sofyan**

Jurusan Teknik Informatika UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. Babarsari 2, Tambakbayan

Email : [mas\\_herrysofyan@yahoo.com](mailto:mas_herrysofyan@yahoo.com)

## **Abstrak**

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil minyak dan gas, Pada pertengahan dekade 1980-an, para ahli anggota Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI) menyatakan bahwa di wilayah kedaulatan Indonesia terdapat enam puluh cekungan geologi yang secara potensial mengandung sumber daya hidrokarbon. Cekungan geologi yang ternyata mengandung cadangan minyak dan gas yang dapat diproduksi secara komersial, hingga kini berjumlah 12 cekungan, di antaranya cekungan Sumatera Utara, Sumatera Tengah, Sumatera Selatan, Jawa Barat dan Kalimantan Timur. Dan tentunya di tiap-tiap cekungan geologi yang telah diproduksi ini terdapat sumur-sumur minyak dan/atau gas. Dari setiap sumur-sumur ini pasti terjadi perluasan daerah, dan dibutuhkan engineer di lapangan untuk menghitung/mengukur perluasan itu. Metodologi yang digunakan adalah dengan menggunakan metode waterfall, dimana pada metode ini terdiri dari beberapa tahap, seperti : analisis, desain/perancangan, coding, dan pengujian. Pada aplikasi ini akan dilengkapi dengan fasilitas zooming peta, penentuan titik sumur, luas sumur dan perluasan yang mungkin terjadi. Dengan menggunakan visualisasi ini maka akan lebih mudah bagi perusahaan untuk dapat mengetahui perluasan daerah sumur minyak yang sedang diproduksi, sehingga memungkinkan bagi perusahaan untuk melihat luas sumur dan kemungkinan untuk pembuatan sumur minyak baru. Aplikasi visualisasi luas daerah pengurusan sumur minyak dan gas ini akan dibangun menggunakan Microsoft Visual Studio 2008 dengan menggunakan bahasa C++ dan menggunakan database dari Microsoft Access.

**Kata kunci** : sumur minyak, reservoir, database.

## **1. PENDAHULUAN**

Sebagai salah satu Negara penghasil minyak di dunia, Indonesia memiliki banyak daerah yang berpotensi memiliki kandungan sumber daya hidro karbon. Pengelolaan sumber daya ini kemudian dilakukan oleh perusahaan - perusahaan nasional maupun multi nasional. Luas area pengurusan sumur minyak merupakan fungsi dari kumulatif produksi minyaknya. Namun sebesar apa perluasan yang terjadi di *reservoir* sulit untuk dapat dilihat secara kasat mata. Dengan menggunakan rumus perhitungan, dapat diketahui kandungan minyak yang tersedia di suatu tempat. Perhitungan dilakukan dari seluruh data yang dikumpulkan di lapangan, kemudian digunakan untuk menghitung jumlah kandungan minyak mula-mula dan yang telah diambil.

Seringkali perusahaan perusahaan minyak membutuhkan data mengenai perluasan sumur yang terjadi di *reservoir*. Hal ini penting untuk mengetahui kondisi yang sedang terjadi di lapangan, dan ini juga berkaitan dengan pengembangan sumur minyak. Data lapangan seperti kumulatif produksi, ketebalan lapisan, porositas, saturasi air mula-mula dan data-data lainnya dapat membantu menggambarkan keadaan yang terjadi di lapangan. Data yang sudah diolah menjadi visualisasi akan memudahkan memetakan sumur minyak beserta perluasan yang telah terjadi.

## **2. RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan masalahnya adalah bagaimana membangun sebuah aplikasi untuk memvisualisasikan luas daerah pengurusan sumur minyak.

## **3. MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah :

- a) Membantu *reservoir engineer* untuk melihat perkiraan batas-batas daerah pengurusan sumur minyak
- b) Membantu *drilling engineer* untuk menentukan titik pengeboran berikutnya.

## **4. DASAR TEORI**

### **4.1. Aplikasi**

Aplikasi atau perangkat lunak adalah suatu subkelas perangkat lunak komputer yang memanfaatkan kemampuan komputer langsung untuk melakukan suatu tugas yang diinginkan pengguna. Biasanya dibandingkan dengan perangkat lunak sistem yang mengintegrasikan berbagai kemampuan komputer, tapi tidak secara langsung menerapkan kemampuan tersebut untuk mengerjakan suatu tugas yang menguntungkan pengguna. Contoh utama perangkat lunak aplikasi adalah pengolah kata, lembar kerja, dan pemutar media. Program aplikasi dikelompokkan menjadi dua (Kadir, 2002), yaitu :

1. Program aplikasi serbaguna  
Program aplikasi serbaguna adalah program aplikasi yang dapat digunakan oleh pemakai untuk melaksanakan hal – hal yang bersifat umum serta untuk mengotomatisasikan tugas – tugas individual yang bersifat berulang.
2. Program aplikasi spesifik  
Program aplikasi spesifik adalah program yang ditunjukkan untuk menangani hal-hal yang sangat spesifik. Misalnya, program pada POS (*point-of-sale*) dan ATM. Termasuk dalam kategori ini adalah program yang disebut sebagai paket aplikasi atau perangkat lunak paket. Contohnya, *Deac Easy Accounting* (DEA) yang dipakai untuk menangani masalah akuntansi.

#### 4.2. Resolusi Citra

Resolusi Citra merupakan tingkat detail suatu citra. Semakin tinggi resolusi citra maka semakin tinggi pula tingkat detail dari citra tersebut. Satuan dalam pengukuran resolusi citra dapat berupa ukuran fisik (jumlah garis per mm atau jumlah garis per inci) ataupun dapat juga berupa ukuran citra menyeluruh (jumlah garis per tinggi citra). Resolusi sebuah citra dapat diukur dengan berbagai cara sebagai berikut :

1. Resolusi pixel
2. Resolusi spasial
3. Resolusi spektral
4. Resolusi temporal
5. Resolusi radiometrik

Resolusi *pixel* merupakan perhitungan jumlah *pixel* dalam sebuah citra digital. Sebuah citra dengan tinggi  $N$  *pixel* dan lebar  $M$  *pixel* berarti memiliki resolusi sebesar  $M \times N$ . Resolusi *pixel* akan memberikan dua buah angka *integer* yang secara berurutan akan mewakili jumlah *pixel* lebar dan jumlah *pixel* tinggi dari citra tersebut. Pengertian lainnya dari resolusi *pixel* adalah merupakan hasil perkalian jumlah *pixel* lebar dan tingginya dan kemudian dibagi dengan satu juta (Darma putra , 2010). Jenis resolusi *pixel* seperti ini sering kali dijumpai dalam kamera digital. Suatu citra yang memiliki lebar 2.048 *pixel* dan tinggi 1.536 *pixel* maka akan memiliki total *pixel* sebanyak  $2.048 \times 1.536 = 3.145.728$  *pixel* atau 3,1 mega *pixel*. Perhitungan lainnya menyatakan dalam satuan *pixel* per inci. Satuan ini menyatakan banyaknya *pixel* yang ada sepanjang satu inci baris dalam citra.

#### 4.3. Visualisasi

Visualisasi adalah rekayasa dalam pembuatan gambar, diagram atau animasi untuk penampilan suatu informasi. Secara umum, visualisasi dalam bentuk gambar baik yang bersifat abstrak maupun nyata telah dikenal sejak awal dari peradaban manusia. Contoh dari hal ini meliputi lukisan di dinding-dinding gua dari manusia purba, bentuk huruf hiroglip Mesir, sistem geometri Yunani, dan teknik pelukis dari Leonardo da Vinci untuk tujuan rekayasa dan ilmiah, dan lain-lain. (Suyoto, 2003). Dengan menggunakan visualisasi, dapat menggambarkan suatu keadaan secara sederhana ke dalam media lain. Contohnya seperti memvisualisasikan keadaan alam melalui lukisan. Pada penelitian ini visualisasi digunakan untuk menggambarkan kondisi pada suatu *reservoir*, yang tidak dapat dilihat secara kasat mata.

#### 4.4. Skala

Peta adalah bayangan diperkecil dari sebagian besar atau sebagian kecil permukaan bumi. Bayangan ini harus selengkap-lengkapnya mengingat perkecilan itu. Perkecilan ini adalah perbandingan antara suatu jarak di atas peta dan jarak yang sama di atas bumi, dan perbandingan ini dinamakan skala dari peta (Soetomo, 1980).

#### 4.5. Algoritma Pembangkitan Garis dan Lingkaran

Dalam pembangkitan garis dapat digunakan berbagai algoritma, seperti DDA (*Digital Differential Analyzer*) atau menggunakan algoritma *Bresenham*.

#### 4.6. Algoritma Pembangkitan Garis *Digital Differential Analyzer* (DDA)

*Digital Differential Analyzer* (DDA) adalah algoritma garis konversi pembacaan (*scan conversion*) yang didasarkan pada perhitungan  $\Delta y$  atau  $\Delta x$ . Langkah – langkah algoritma DDA adalah :

- a. Tentukan dua titik untuk membentuk garis
- b. Beri nama dua titik tersebut dengan titik awal  $(x_0, y_0)$  dan titik akhir  $(x_1, y_1)$
- c. Hitung  $\Delta x = x_1 - x_0$  dan  $\Delta y = y_1 - y_0$
- d. Tentukan langkah (*step*) jarak maksimum jumlah penambahan nilai  $x$  dan nilai  $y$  dengan cara :  
-. Jika nilai  $|\Delta x|$  lebih besar dari  $|\Delta y|$ , maka  $step = |\Delta x|$

- . Jika tidak, maka  $step = |\Delta y|$
- e. Hitung penambahan koordinat piksel dengan cara  $x\_tambah = \Delta x/step$  dan  $y\_tambah = \Delta y/step$
- f. Tentukan koordinat berikutnya ( $x_{k+1}$ ,  $y_{k+1}$ ) dengan koordinat ( $x+x\_tambah, y+y\_tambah$ )
- g. Posisi piksel pada layar ditentukan dengan pembulatan nilai koordinat tersebut
- h. Ulangi langkah f dan g untuk menentukan posisi piksel selanjutnya sampai dicapai nilai  $x = x_1$  dan  $y = y_1$

#### 4.7. Minyak bumi

Minyak bumi (bahasa Inggris *petroleum*, dari bahasa Latin *petrus* – karang dan *oleum* – minyak), dijuluki juga sebagai *emas hitam*, adalah cairan kental, coklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, yang berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak Bumi. Minyak bumi terdiri dari campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar seri alkana, tetapi bervariasi dalam penampilan, komposisi, dan kemurniannya. Ada tiga faktor utama dalam pembentukan minyak dan/atau gas bumi, yaitu : pertama, ada bebatuan asal (*source rock*) yang secara geologis memungkinkan terjadinya pembentukan minyak dan gas bumi. Kedua, adanya perpindahan (migrasi) hidrokarbon dari bebatuan asal menuju ke "bebatuan reservoir" (*reservoir rock*), umumnya sandstone atau limestone yang berpori-pori (*porous*) dan ukurannya cukup untuk menampung hidrokarbon tersebut. Ketiga, adanya jebakan (*entrapment*) geologis. Struktur geologis kulit bumi yang tidak teratur bentuknya, akibat pergerakan dari bumi sendiri (misalnya gempa bumi dan erupsi gunung api) dan erosi oleh air dan angin secara terus menerus, dapat menciptakan suatu "ruangan" bawah tanah yang menjadi jebakan hidrokarbon. ketika jebakan ini dilingkupi oleh lapisan yang impermeable, maka hidrokarbon tadi akan diam di tempat dan tidak bisa bergerak kemana-mana lagi.

#### 4.8. Reservoir Engineering

Reservoir Engineering merupakan cabang dari *Petroleum Engineering* dengan tugas utamanya antara lain adalah membuat peramalan perilaku *reservoir* (laju produksi dan jumlah minyak atau gas yang dapat diproduksi dari suatu sumur, sekelompok sumur, ataupun dari seluruh *reservoir*) di masa datang berdasarkan anggapan-anggapan yang mungkin, ataupun dari sejarah masa lalunya yang sudah ada. (wahyono, 2008).

### 5. ANALISA DAN PERANCANGAN

#### 5.1. Analisis Sistem

Dalam Pengembangan aplikasi ini diperlukan suatu analisis guna membantu proses perancangan aplikasi. Analisis tersebut meliputi analisis *input*, analisis proses, analisis *output*. Masukan atau input yang akan dilakukan adalah berupa basis data yang berisikan tentang detail detail dari sumur minyak, seperti besar produksi, dan juga letak sumur tersebut. Proses yang terjadi adalah dari data – data tersebut, akan diolah sehingga dapat dilihat melalui visualisasi yang ada. Proses yang akan terjadi antara lain seperti : proses penggambaran peta, penghitungan dan penggambaran luas sumur.

Output yang akan didapat dari aplikasi ini adalah menampilkan visualisasi dari suatu wilayah dari satu reservoir, lengkap dengan peta dan sumurnya. Besar peluasan sumur minyak dapat diatur dengan mengganti variabel tanggal pada aplikasi tersebut.

#### 5.2. Perancangan Sistem

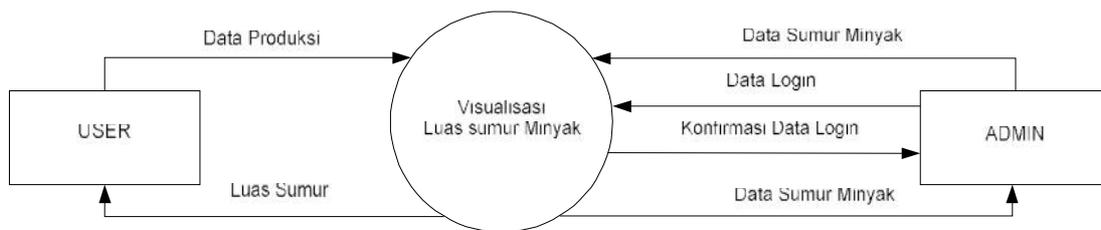
Tahap perancangan sistem merupakan tahap dalam merancang bangun implementasi berdasarkan analisis system. Dalam perancangan sistem ini akan meliputi pembuatan authoring system yaitu Data Flow Diagram (DFD), Flow Chart, Rancangan Basis data, arsitektur sistem dan rancangan user interface.

#### 5.3. Data Flow Diagram

Data Flow Diagram (DFD) adalah suatu diagram yang menggunakan notasi-notasi untuk menggambarkan arus dari data sistem, yang penggunaannya sangat membantu untuk memahami sistem secara logika, tersruktur dan jelas. Langkah awal dalam pembuatan diagram alir data yaitu dengan membuat diagram konteks secara keseluruhan, seperti pembuatan data flow diagram level 0, data flow diagram level 1 dan seterusnya hingga proses tidak dapat diuraikan lagi.

##### 5.3.1. Data Flow Diagram Level 0

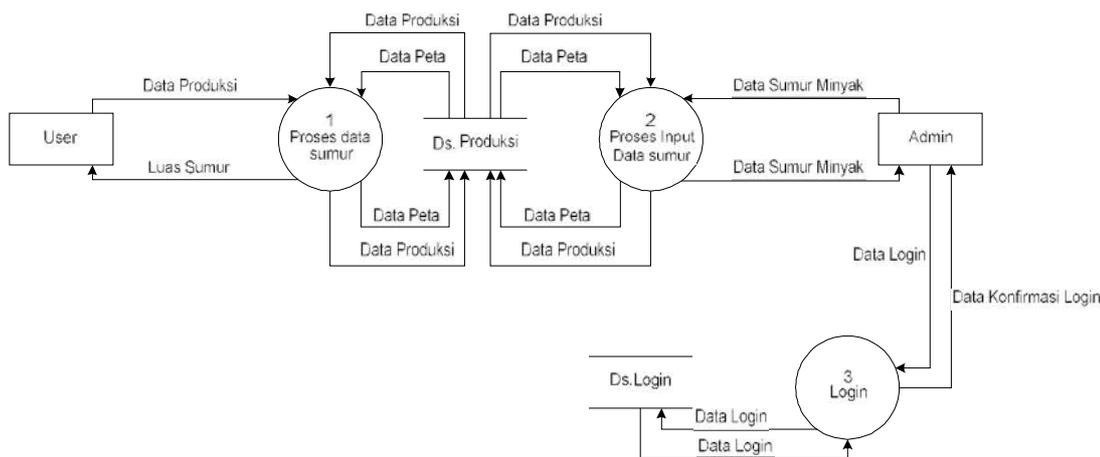
Pada DFD level 0 ini terdapat dua entitas yaitu user sebagai pengguna sistem dan admin sebagai pengelola sistem.



Gambar 1. DFD Level 0

Pada user terdapat alir visualisasi, yaitu pada pemilihan waktu visualisasi yang akan dimunculkan. sedangkan pada admin terdapat alir data yaitu data login, dan data sumur minyak.

5.3.2. Data Flow Diagram Level 1



Gambar 2. DFD Level 1

DFD level 1 merupakan representasi dari data pada DFD level 0 yang sudah dipartisi untuk memberikan penjelasan yang lebih detail. Pada aplikasi visualisasi perluasan sumur minyak, terdapat 3 proses, yaitu proses data sumur, proses input data sumur, dan login.

5.4. Rancangan Tabel

Tabel 1. Tabel Admin

Field	Type	Constraint	Keterangan
Username	Varchar(20)	Not null Primary key	Username
Password	Varchar(10)	Not null	Password

Tabel 2. Tabel Detail\_Sumur

Field	Type	Constraint	Keterangan
SumID	Number	Not null Primary key	Id sumur
Nama_Sumur	Text	Not Null	Nama Sumur
PosX	Number	Not Null	Koordinat X
PosY	Number	Not Null	Koordinat Y
Ketebalan	Number	Not Null	Nilai ketebalan lapisan
Porositas	Number	Not Null	Nilai porositas
SaturasiAwal	Number	Not Null	Nilai saturasi air mula mula
FaktorVolume formas i minyak	Number	Not Null	Nilai factor volume forma s minyak

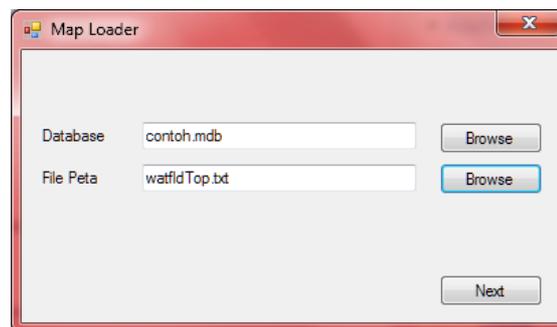
6. IMPLEMENTASI

Proses implementasi dari perancangan aplikasi Visualisasi Luas Daerah Pengurasan Sumur Minyak dan Gas yang dilakukan pada bab sebelumnya akan dijelaskan pada bab ini. Implementasi bertujuan untuk menterjemahkan keperluan perangkat lunak ke dalam bentuk sebenarnya yang dimengerti oleh komputer atau dengan kata lain tahap implementasi ini merupakan tahapan lanjutan dari tahap perancangan yang sudah dilakukan.

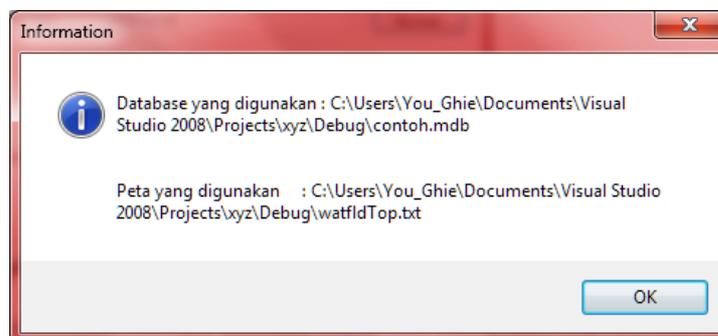
Dalam tahap implementasi ini akan dijelaskan mengenai perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang digunakan dalam membangun sistem ini, file-file yang digunakan dalam membangun sistem dan tampilan visualisasi beserta potongan potongan code yang digunakan dalam menggambarkan visualisasi

### 6.1. Implementasi *interface* halaman *Load* dan *Informasi*

Interface halaman *Load* merupakan interface yang muncul ketika program pertama kali dijalankan. Setelah selesai memilih file dan user melanjutkan dengan tombol *next* maka akan muncul window informasi tentang file yang dipilih tadi.



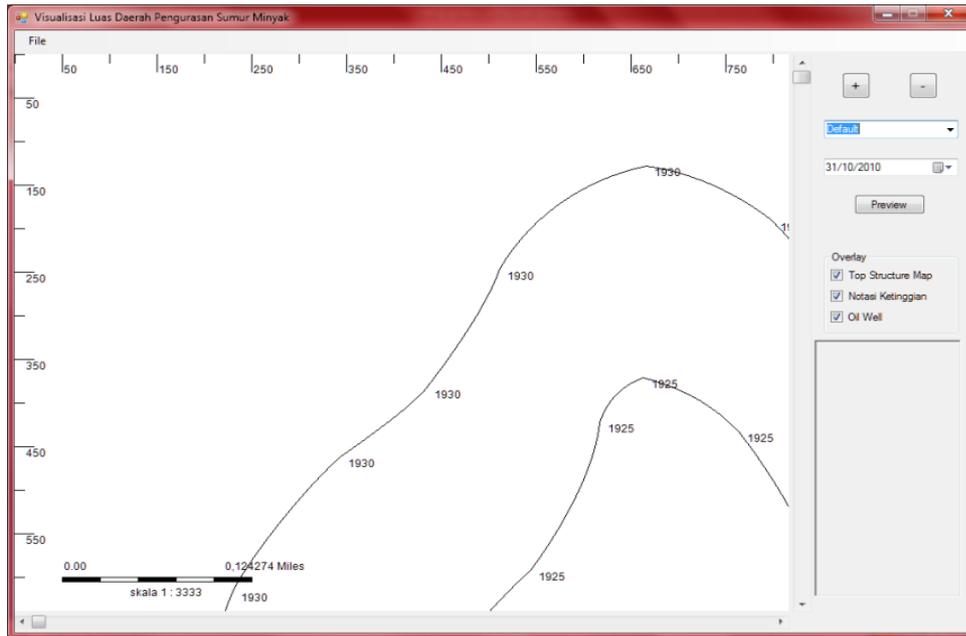
Gambar 3. Tampilan Map Loader



Gambar 4. Tampilan *window* informasi

### 6.2. Implementasi *interface* halaman utama user

Implementasi *interface* halaman utama user merupakan implementasi halaman utama yang digunakan dalam aplikasi visualisasi ini.

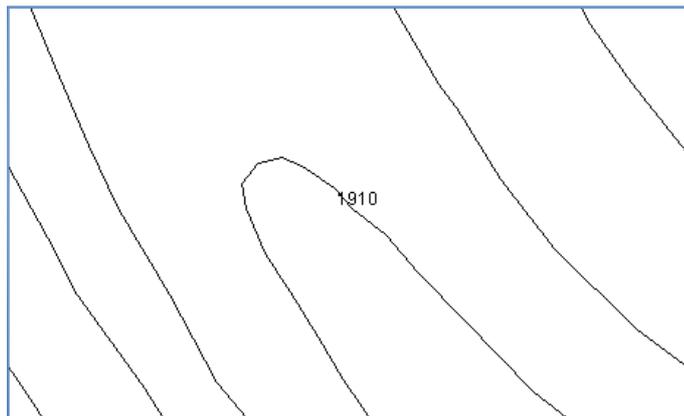


Gambar 5. Tampilan halaman utama user

Pada tampilan utama ini, terdapat beberapa fungsi seperti zoom in dan zoom out, terdapat juga date time picker untuk mengatur waktu atau tanggal yang ingin dilihat visualisasinya. Setelah tanggal dipilih, user dapat menekan tombol preview untuk melihat visualisasi dari tanggal yang dipilih. Terdapat pula satu kolom text box, yang berisi informasi dari sumur minyak. Pada window visualisasi, terdapat scrollbar horizontal dan vertikal. User dapat menggerakkan scrollbar ini untuk melihat bagian visualisasi yang lainnya.

### 6.3. Proses Penggambaran *Top Structure Map*

Pada proses penggambaran *Top Structure Map* dilakukan dengan cara membaca data peta dari file `watfldtop.txt` kemudian data tersebut disimpan ke dalam array. Setelah itu baru dilakukan pemanggilan terhadap array tersebut untuk dilakukan penggambaran.



Gambar 6. Tampilan *Top Structure Map* beserta Notasi ketinggian

Dari array data yang telah ada, dilakukan perulangan untuk mengecek kondisi array. Setelah dilakukan pengecekan akan diketahui letak koordinat X dan Y terletak pada array ke berapa. Setelah itu array yang menyimpan koordinat X dan Y dimasukkan ke dalam fungsi `DrawLine`, untuk dilakukan penggambaran. Untuk notasi ketinggian peta, akan dibuat setiap selesai menggambarkan satu garis, akan digambarkan satu notasi ketinggian. Proses penggambaran peta ini dapat dilihat pada modul program 1.

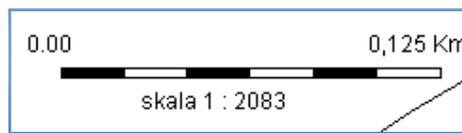
```

int rite;int p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8;
int bc=0;
for(int zz=0;zz<(i-10);zz){ if(mapptr[zz+2]==d){ zz=zz+3;rite=0; d++;}
else { if(mapptr[zz+5]!=d){ if(mapptr[zz+8]!=d){ if(mapptr[zz+11]!=d){
p1=zz;p2=zz+1;p3=zz+3;p4=zz+4;p5=zz+6;p6=zz+7;p7=zz+9;p8=zz+10;
rite=4; zz=zz+9;}
else { p1=zz;p2=zz+1;p3=zz;p4=zz+1;p5=zz+3;p6=zz+4;p7=zz+6;p8=zz+7; rite=3; zz=zz+6;}}
else { p1=zz;p2=zz+1;p3=zz;p4=zz+1;p5=zz+3;p6=zz+4;p7=zz+3;p8=zz+4; rite=2; zz=zz+3;}}
else{
rite=1; zz=zz+3;}}
if(rite>1){
progressBar1->PerformStep();
if(cbTS->Checked==true){
g->DrawBezier( System::Drawing::Pens::Black, mapptr[p1]*skala- hScrollBar2->Value,mapptr[p2]*skala-
vScrollBar1->Value,mapptr[p3]*skala- hScrollBar2->Value,mapptr[p4]*skala-vScrollBar1-
>Value,mapptr[p5]*skala- hScrollBar2->Value,mapptr[p6]*skala-vScrollBar1->Value,mapptr[p7]*skala-
hScrollBar2->Value,mapptr[p8]*skala-vScrollBar1->Value);}
if(cbNot->Checked==true){
g->DrawString( " "+mapptr[p1+2],gcnew
System::Drawing::Font( "Arial",9 ), System::Drawing::Brushes::Black, Point(mapptr[p1]*skala-
hScrollBar2->Value,mapptr[p2]*skala-vScrollBar1-
>Value );}}

```

**Modul Program 1.** Penggambaran *TopStructureMap*

#### 6.4. Proses Penggambaran Skala



**Gambar 7.** Tampilan Skala

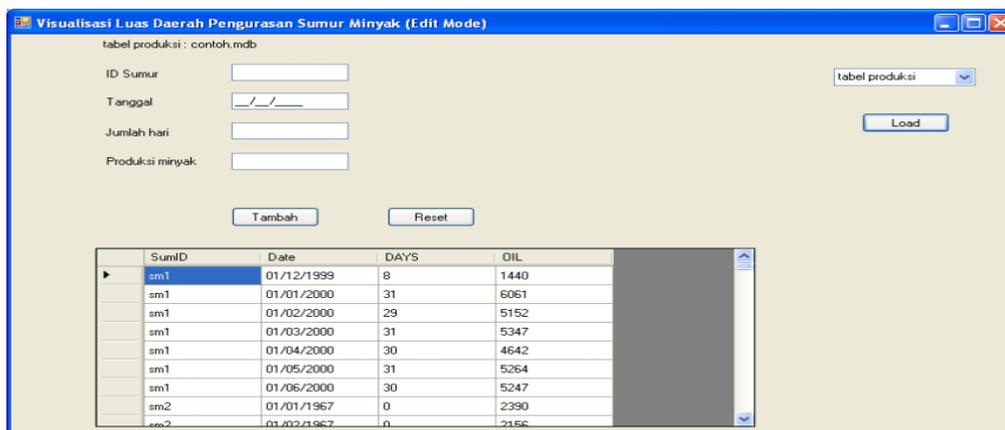
Proses penggambaran skala terjadi pada fungsi `pictureBox_Detail` berhubungan dengan proses yang terjadi pada tombol zoom in dan zoom out. Setiap tombol zoom in atau zoom out ditekan, akan dilakukan penambahan variabel untuk skala, sehingga skala akan selalu berubah setiap tombol tersebut ditekan. Proses penggambaran skala dapat dilihat pada modul program 2.

```

sk=100/skm;
skh=100*sk;
gg->DrawString( "0.00",gcnew System::Drawing::Font( "Arial",9 ), System::Drawing::Brushes::Black,
Point(50,580));
gg->DrawString( (6*(sk/1000))*0.62137+" Miles",gcnew System::Drawing::Font( "Arial",9 ),
System::Drawing::Brushes::Black, Point(220,580));
gg->DrawString( "skala 1 : "+skh,gcnew
System::Drawing::Font( "Arial",9 ), System::Drawing::Brushes::Black, Point(120,610));

```

**Modul Program 2.** Penggambaran skala



**Gambar 7.** Tampilan halaman Edit Data table produksi

tabel sumur minyak :

ID Sumur  ketebalan  tabel sumur minyak

Nama Sumur  Porositas

Koordinat X  Saturasi air awal  Load

Koordinat Y  Faktor Volume formasi minyak

Tambah Reset

SumiD	Nama_Sumur	PosX	PosY	Ketebalan
sm1	BLUE_1-Ge_6	2172,127	2560,436	10
sm2	BLUE_1-Li_1C	1805,829	2560,436	10
sm3	BLUE_12-Ad_4	1422,165	2496,201	10
sm4	BLUE_16-Ad_4	1250,905	2731,577	10
sm5	BLUE_17-Te_0	1275,703	3336,699	10
sm6	BLUE_2-Ge_2A	1798,829	2700,813	10
sm7	BLUE_2-Ge_3	1809,888	2940,151	10
sm8	BLUE_2-Ge_4A	1248,563	2073,164	10

Gambar 8. Tampilan halaman Edit Data table sumur minyak

## 7. KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dari penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibangun aplikasi visualisasi luas daerah pengurasan sumur minyak.
2. Aplikasi Visualisasi ini dapat membantu reservoir engineer untuk melihat perkiraan batas – batas daerah pengurasan sumur minyak.
3. Membantu Drilling Enggineer untuk menentukan titik pengeboran berikutnya.

### 7.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan aplikasi ini selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. User Interface dikembangkan lebih luas, sehingga memudahkan bagi user untuk berinteraksi dengan Program.
2. Peta yang bisa di-load bukan hanya top structure map saja.
3. Koneksi database yang lebih baik, sehingga proses kalkulasi data tidak memakan banyak Waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir & Heriyanto. 2005. *Algoritma Pemrograman Menggunakan C++*, Andi.
- Abdul Kadir. 2004. *Panduan Pemrograman Visual C++*, Andi.
- Bambang Hariyanto. 2000. *Buku Teks Ilmu Komputer Struktur Data*, Informatika
- Bruno, R.Preiss. 1999. *Data Structures and Algorithms with object-oriented design patterns in C++*, John Wiley & Sons.
- David Wells. 2005 *Prime Numbers: The Most Mysterious Figures in Math*. John Wiley & Sons. Inc., ISBN 0-471-46234-9.
- Eko Budi Purwanto. 2008. *Perancangan & Analisis Algoritma*, Graha ilmu.
- Gudono. 1995. *Pemrograman C dan C++*, Andi offset
- Hanugra Abidianto. (2009, Januari 04). Re : *Bilangan Prima dan Aplikasinya dalam Bidang Informatika*. [Online]. Available: [that.kid.is.sherlock@gmail.com](mailto:that.kid.is.sherlock@gmail.com) [2009, Januari 04].
- John R.Hubbard. 2000. *Data Structures With C++*, McGraw-hill Companies.
- Mehta, Dp . and Sahni, S. 2005. *Handbook of DATA STRUCTURES and APPLICATIONS*, Chapman & Hall/CRC Computer and information Science.
- Mc Millan, M. 2007. *Data Structures and Algoritms Using C#*, Cambridge. University Press.
- Munir, Rinaldi. 2008. *Diktat Kuliah IF2091 Struktur Diskrit*. Bandung : Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung. Hal. V-19 – V-21.