

# PROGRAM VISUALISASI ALINYEMEN JALAN SECARA TIGA DIMENSI BERDASARKAN PERHITUNGAN ALINYEMEN HORIZONTAL DAN ALINYEMEN VERTIKAL

**Rudy Setiawan, ST., MT.**

Staf Pengajar Fakultas  
Teknik Sipil & Perencanaan  
Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya, 60236  
(P):031-2983391(F):031-8417658  
rudy@peter.petra.ac.id

**Liliana, ST.**

Staf Pengajar Fakultas  
Teknologi Industri  
Jurusan Teknik Informatika  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya, 60236  
(P):031-2983452(F):031-8417658

**A. Arif Dwi N.**

Asisten Lab. Sistem Cerdas  
Fakultas Teknologi Industri  
Jurusan Teknik Informatika  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya, 60236  
(P):031-2983951(F):031-8417658

## Abstrak

Pembuatan program ini bertujuan untuk membantu perencana geometrik jalan dalam melakukan evaluasi keselarasan antara alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal dari suatu desain alinyemen jalan melalui visualisasi secara tiga dimensi sehingga dapat dihasilkan suatu desain yang aman dan nyaman.

Program ini dikhususkan untuk menghasilkan *output* berupa visualisasi desain alinyemen jalan secara tiga dimensi berdasarkan *input* berupa hasil perhitungan alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal. Ada dua macam jenis masukan (*input*): yang pertama dengan cara membaca *file output* yang berisi hasil perhitungan dengan program *H-Curve* (program perhitungan alinyemen horisontal) dan *V-Curve* (program perhitungan alinyemen vertikal), dan yang kedua dengan cara memasukkan secara manual hasil perhitungan alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal.

Program yang dihasilkan berbasis *Windows* dengan mempergunakan bahasa pemrograman *Delphi* dan *OpenGL* karena relatif mudah dipakai dan menghasilkan tampilan (*interface*) yang bagus. Dengan mempergunakan program komputer proses evaluasi desain alinyemen jalan menjadi lebih menarik dan lebih mudah untuk dilakukan.

**Kata-kata kunci:** Alinyemen Jalan, Visualisasi Tiga Dimensi, Program Komputer.

## 1. PENDAHULUAN

Desain geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang difokuskan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dihasilkan jalan yang dapat melayani lalu lintas secara optimal dan memberikan kenyamanan serta keamanan bagi para pengguna jalan.

Software *3D Highway Visualization (3DHV)* dibuat dengan tujuan untuk membantu perencana geometrik jalan dalam melakukan evaluasi keselarasan antara alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal dari suatu desain alinyemen jalan melalui visualisasi secara tiga dimensi sehingga dapat dihasilkan suatu desain yang aman dan nyaman.

Software *3DHV* yang dibuat mempunyai batasan sebagai berikut:

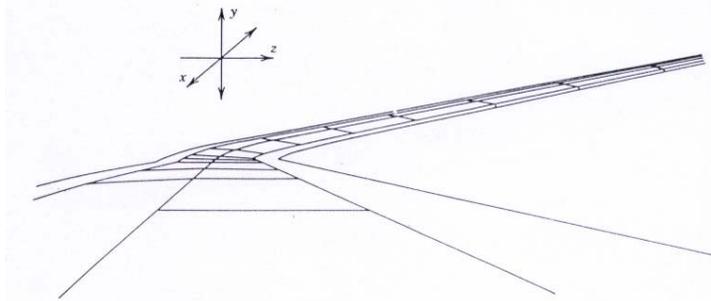
- ♦ Output hanya dapat menampilkan geometrik pada bagian ruas jalan (tidak termasuk persimpangan sebidang dan persimpangan tidak sebidang).
- ♦ Input yang dapat diproses adalah berupa hasil desain alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal baik secara manual (memasukkan hasil perhitungan) maupun membaca output dari software *H-Curve* dan *V-Curve*.
- ♦ Semua data yang dipergunakan sebagai input dianggap benar (software tidak melakukan pemeriksaan hasil perhitungan).
- ♦ Jumlah maksimal untuk masing-masing *Point of Intersection (PI)* dan *Point of Vertical Intersection (PVI)* adalah sepuluh buah.
- ♦ Panjang jalan yang dapat divisualisasikan maksimum 10km (mulai dari STA 0+000 s/d STA 10+000).

- ♦ Spesifikasi minimum *hardware* dan *software* yang dibutuhkan adalah: *Processor Pentium IV 2.0 Ghz.*, *Memory 256 Mb*, *VGA Card Nvidia GeForce 256 Mb*

## 2. LANDASAN TEORI

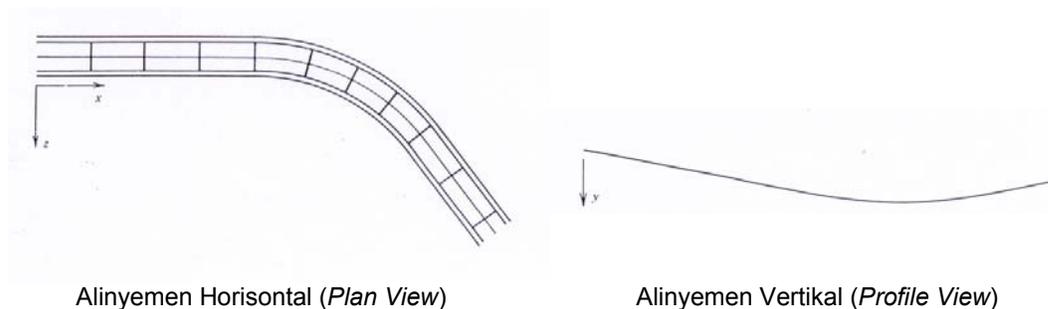
### 2.1 Keselarasan Alinyemen Jalan

Alinyemen jalan merupakan suatu masalah tiga dimensi yang dinyatakan dalam ukuran terhadap sumbu x, y, dan z sebagaimana terlihat pada Gambar 1 yang merupakan perspektif garis pandang pengemudi.



Gambar 1 Alinyemen jalan dalam tiga dimensi (sumber: Mannering & Kilareski, 1990)

Pada kenyataannya perhitungan desain alinyemen jalan secara tiga dimensi tidak mudah untuk dilakukan. Sebagai konsekuensinya desain secara tiga dimensi diturunkan menjadi dua dimensi yaitu alinyemen horisontal (berkaitan dengan tikungan pada jalan) dan alinyemen vertikal (berkaitan dengan tanjakan dan turunan pada jalan raya) sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Alinyemen Horisontal (*Plan View*)

Alinyemen Vertikal (*Profile View*)

Gambar 2 Alinyemen jalan dalam dua dimensi (sumber: Mannering & Kilareski, 1990)

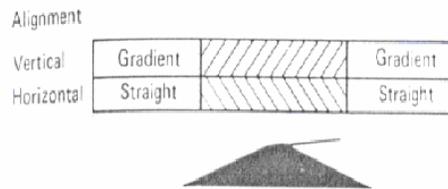
Kedua alinyemen tersebut saling berhubungan satu dengan yang lain, sebab jalan yang didesain merupakan komponen tiga dimensi yang merupakan kombinasi dari komponen horisontal dan komponen vertikal.

Selanjutnya sebagai suatu penyederhanaan posisi jalan tidak lagi dinyatakan dalam sumbu x dan z, melainkan berdasarkan jarak sesungguhnya yang diukur pada as jalan pada bidang horisontal dari suatu titik acuan tertentu. Jarak tersebut umumnya dinyatakan dalam station (STA), dimana setiap STA mewakili jarak sebesar 100m panjang alinyemen jalan.

Konsep STA ini jika digabungkan dengan arah dari alinyemen jalan berdasarkan *plan view* (alinyemen horisontal) dan *profile view* (alinyemen vertikal) memberikan suatu identifikasi dari semua titik pada jalan yang sebenarnya sama dengan mempergunakan koordinat pada sumbu x, y, dan z. (Mannering & Kilareski, 1990).

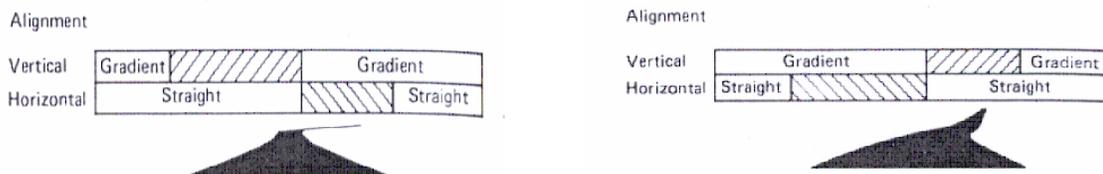
Keselarasan yang baik antara alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal merupakan suatu hal yang sangat penting karena berkaitan dengan estetika bentuk jalan, biaya yang ekonomis,

dan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan (TRRL, 1991 dan Banks, 2002) seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Contoh keselarasan yang baik antara alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal (sumber:TRRL, 1991)

Keselarasan alinyemen jalan yang buruk mengakibatkan timbulnya efek visual yang membingungkan pengemudi sehingga memperbesar peluang terjadinya kecelakaan seperti terlihat pada Gambar 4. Pengemudi bisa salah menafsirkan bentuk jalan ketika lengkung horisontal dan vertikal dengan panjang yang berbeda terletak pada suatu bagian jalan yang sama. Semisal pengemudi yang telah memutuskan untuk menyesuaikan kecepatannya pada saat sedang melintasi sebuah lengkung vertikal cembung akan dikejutkan dengan terlihatnya lengkung horisontal pendek ditengah lengkung vertikal; situasi tersebut sangatlah berbahaya (TRRL, 1991).



Gambar 4 Contoh keselarasan yang buruk antara alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal (sumber:TRRL, 1991)

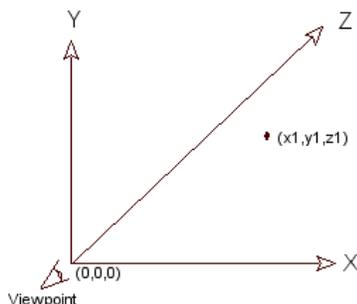
Penyajian informasi yang menyesatkan bagi pengemudi akibat buruknya keselarasan alinyemen jalan dapat dihindari dengan membuat perubahan lengkung horisontal dan lengkung vertikal bertepatan pada satu titik (TRRL, 1991) seperti terlihat pada Gambar 3. Namun jika seandainya upaya tersebut tidak memungkinkan untuk dilaksanakan dan baik lengkung horisontal maupun lengkung vertikal tidak dapat dipisahkan, maka:

- ♦ Sebaiknya lengkung vertikal terletak seluruhnya didalam lengkung horisontal atau seluruhnya diluar lengkung horisontal.
- ♦ Lengkung horisontal yang tajam sebaiknya tidak ditempatkan pada atau dekat bagian tertinggi dari suatu lengkung vertikal cembung, karena pengemudi akan mengalami kesulitan untuk merasakan perubahan alinyemen horisontal terutama pada malam hari.
- ♦ Lengkung horisontal yang tajam sebaiknya tidak ditempatkan pada atau dekat bagian terendah dari suatu lengkung vertikal cekung, karena bagian jalan yang didepan akan terlihat memendek.
- ♦ Alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal sebaiknya dibuat selurus dan sedatar mungkin pada saat berada di persimpangan sebidang maupun persimpangan tidak sebidang karena tersedianya jarak pandang yang memadai antar jalan yang perpotongan sangatlah penting.

## 2.2 3D Computer Graphics

3D computer graphics adalah pengembangan dari 2D computer graphics (gambar digital yang dihasilkan oleh komputer yang berbentuk dua dimensi karena hanya mempunyai sumbu

koordinat X dan Y saja). *3D computer graphics* mempunyai tiga sumbu koordinat yaitu X, Y, Z yang datanya disimpan pada komputer namun untuk representasi hasil dari *3D computer graphics* harus dilakukan kalkulasi untuk mengubah tiga sumbu koordinat menjadi dua sumbu koordinat (Gambar 5).

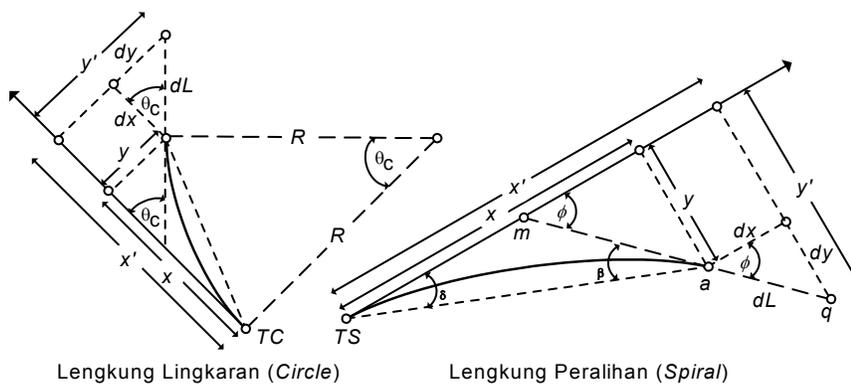


Gambar 5 Sumbu koordinat tiga dimensi

Pada dasarnya komputer hanya dapat menampilkan gambar dalam bentuk dua dimensi. Oleh karena itu diperlukan adanya proyeksi garis pandang untuk mengubah kumpulan *array* titik yang mempunyai 3 sumbu menjadi 2 sumbu koordinat agar dapat ditampilkan di layar monitor. Setelah proyeksi garis pandang selesai ditentukan, kumpulan *array* dengan 2 sumbu dapat ditampilkan dengan *pixel plotting* di layar monitor.

*OpenGL* adalah sebuah *software interface* untuk menggunakan *graphics hardware* yang memiliki sekitar 150 perintah yang berbeda yang dapat digunakan untuk membentuk obyek tertentu dan operasi-operasi yang diperlukan untuk menghasilkan aplikasi *computer graphics* tiga dimensi yang interaktif (Angel, 2002).

Tampilan 3D dalam *OpenGL* digambar dari koordinat station saat ini sampai 1000 *pixel* (meter) ke depan (dari STA X s/d STA X + 1000m), sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan letak proyeksi garis pandang terutama pada alinyemen horisontal; baik pada lengkung lingkaran (*circle*) maupun lengkung peralihan (*spiral*) sebagaimana terlihat pada Gambar 6 dengan memperpergunakan persamaan (1) s/d (15).



Gambar 6 Proyeksi garis pandang pada lengkung circle dan lengkung spiral

Persamaan untuk menghitung proyeksi garis pandang pada lengkung lingkaran (Underwood, 1991) sebagaimana terlihat pada Gambar 6 adalah:

$$X = R \sin \theta_c \tag{1}$$

$$Y = R (1 - \cos \theta_c) \tag{2}$$

$$d_x = d_L \cos \theta_c \tag{3}$$

$$d_y = d_L \sin \theta_c \tag{4}$$

$$X' = X + d_x \quad (5)$$

$$Y' = Y + d_y \quad (6)$$

dimana:

R = jari-jari tikungan (m)

$\theta_c$  = sudut segmen lengkung lingkaran ( $^\circ$ )

X = absis segmen lengkung lingkaran (m)

Y = ordinat segmen lengkung lingkaran (m)

$d_L$  = panjang proyeksi garis pandang (m)

$d_X$  = pertambahan absis segmen lengkung lingkaran akibat garis pandang  $d_L$  (m)

$d_Y$  = pertambahan ordinat segmen lengkung lingkaran akibat garis pandang  $d_L$  (m)

$X'$  = absis segmen lengkung lingkaran akibat garis pandang  $d_L$  (m)

$Y'$  = ordinat segmen lengkung lingkaran akibat garis pandang  $d_L$  (m)

Persamaan untuk menghitung proyeksi garis pandang pada lengkung lingkaran (Shahani, 1975 & Sukirman, 1999) sebagaimana terlihat pada Gambar 6 adalah:

$$\delta = \frac{1800l^2}{\pi RL} \quad (7)$$

$$\beta = 2\delta \quad (8)$$

$$\phi = 3\delta \quad (9)$$

$$X = L \left[ 1 - \frac{L^4}{40R^2l} + \frac{L^8}{3456R^4l} \right] \quad (10)$$

$$Y = \frac{L3}{6Rl} \left[ 1 - \frac{L^4}{56R^2l} + \frac{L8}{7040R^4l} \right] \quad (11)$$

$$d_X = d_L \cos \phi \quad (12)$$

$$d_Y = d_L \sin \phi \quad (13)$$

$$X' = X + d_X \quad (14)$$

$$Y' = Y + d_Y \quad (15)$$

dimana:

l = panjang segmen lengkung peralihan (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

L = panjang lengkung peralihan (m)

$\delta$  = sudut antara sumbu X dan tali busur segmen lengkung peralihan ( $^\circ$ )

$\beta$  = sudut antara tali busur segmen lengkung peralihan dan proyeksi garis pandang ( $^\circ$ )

$\phi$  = sudut antara sumbu X dan proyeksi garis pandang ( $^\circ$ )

X = absis segmen lengkung peralihan (m)

Y = ordinat segmen lengkung peralihan (m)

$d_L$  = panjang proyeksi garis pandang (m)

$d_X$  = pertambahan absis segmen lengkung peralihan akibat garis pandang  $d_L$  (m)

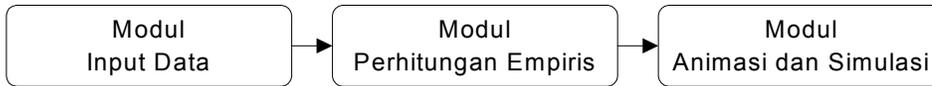
$d_Y$  = pertambahan ordinat segmen lengkung peralihan akibat garis pandang  $d_L$  (m)

$X'$  = absis segmen lengkung peralihan akibat garis pandang  $d_L$  (m)

$Y'$  = ordinat segmen lengkung peralihan akibat garis pandang  $d_L$  (m)

### 3. PERENCANAAN PROGRAM

Secara garis besar program dapat dibagi dalam tiga modul, yaitu Modul Input Data, Modul Perhitungan Empiris, dan Modul Animasi dan Simulasi.



Gambar 7 Diagram hubungan tiga modul dalam sistem

### 3.1 Modul Input Data

Input data dari program dibagi menjadi dua macam, yaitu: data utama dan data pelengkap. Data utama adalah data hasil perhitungan dengan program *VCurve* dengan format *verticalfiles* (.v3d) dan hasil perhitungan dengan program *HCurve* dengan format *textfile* (.txt). Program akan membaca dan memasukkan data tersebut ke variabel yang sesuai. Program juga menyediakan pilihan untuk memasukkan data secara manual. Data pelengkap adalah data tambahan yang diperlukan oleh program untuk melengkapi tampilan tiga dimensi dari desain jalan raya, misalnya lebar lajur, jumlah lajur, dan sebagainya.

### 3.2 Modul Perhitungan Empiris

Modul perhitungan empiris memproses data input dua dimensi dari desain alinyemen vertikal dan desain alinyemen horisontal untuk menghasilkan data yang dibutuhkan untuk visualisasi tiga dimensi.

*Looping* untuk perhitungan koordinat alinyemen horisontal dilakukan sebanyak jumlah tikungan/*Point Of Intersection (PI)*, dan untuk setiap tikungan dibedakan berdasarkan tipe tikungan yaitu *Full Circle*, *Spiral-Circle-Spiral*, atau *Spiral-Spiral*.

Perhitungan koordinat untuk alinyemen vertikal lebih sederhana, karena sekalipun lengkung vertikal dibedakan menjadi 2 tipe yaitu *Crest* dan *Sag* tetapi perhitungan empiris yang dilakukan sama. *Looping* untuk perhitungan koordinat alinyemen vertikal dilakukan sebanyak jumlah *Point Of Vertical Intersection (PVI)*.

### 3.3 Modul Animasi dan Simulasi

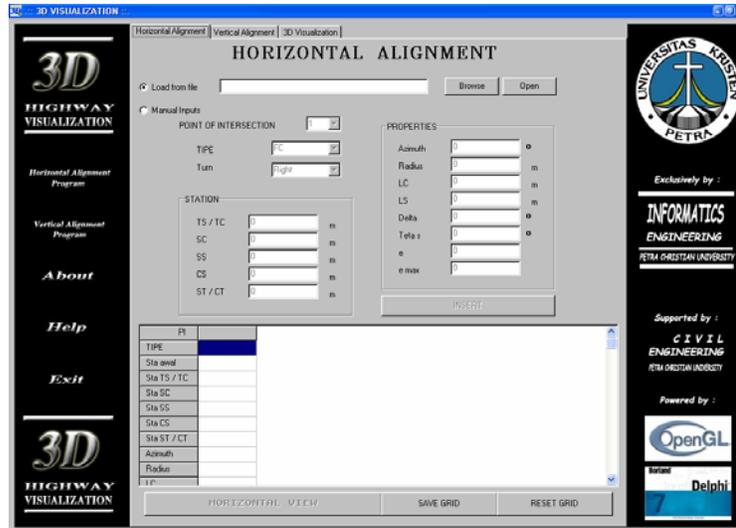
Output dari program adalah visualisasi tiga dimensi dari data hasil perhitungan geometri dua dimensi. Visualisasi yang utama yaitu berupa animasi atau gambar bergerak, dimana sistem melakukan *looping* dengan acuan *station* dari desain jalan. Pada setiap *looping* posisi mata dan arah pandang akan di-*update* sesuai dengan koordinat *station* yang sesuai.

Selain visualisasi secara animasi, program juga mampu menampilkan skets alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal dalam bidang dua dimensi, fasilitas ini sebagai pelengkap bagi *user* untuk mempermudah dalam membandingkan antara visualisasi dua dimensi dan tiga dimensi.

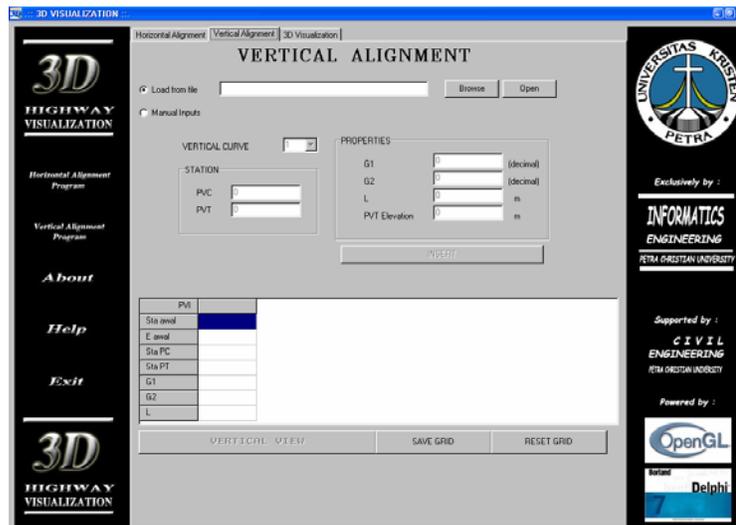
## 4. PERENCANAAN USER INTERFACE

Program memiliki 2 unit *user interface*, yaitu satu unit untuk form input dan satu unit untuk perhitungan dan menghasilkan tampilan dalam *window OpenGL*. *User interface* untuk form input dibagi menjadi 3, yaitu *Tab Horizontal Alignment*, *Tab Vertical Alignment*, dan *Tab 3D Visualization* seperti terlihat pada Gambar 8 s/d 10.

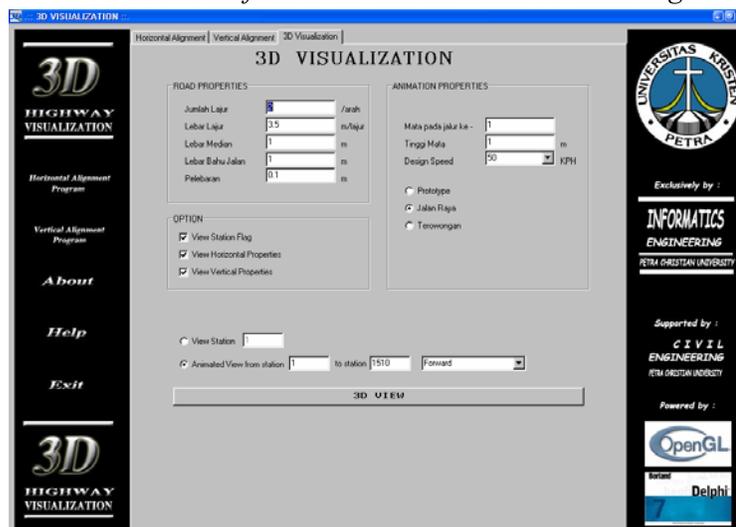
Selain model jalan, model visualisasi tiga dimensi yang disediakan program adalah model terowongan (Gambar 11). Dalam model terowongan menampilkan dinding tinggi beratap di samping kanan kiri jalan sehingga terkesan seperti di terowongan. Selain itu *user* juga dapat memilih jumlah lajur, posisi kendaraan pada lajur ke-n, tinggi pengamatan, lebar median, lebar bahu, dan pelebaran perkerasan pada tikungan.



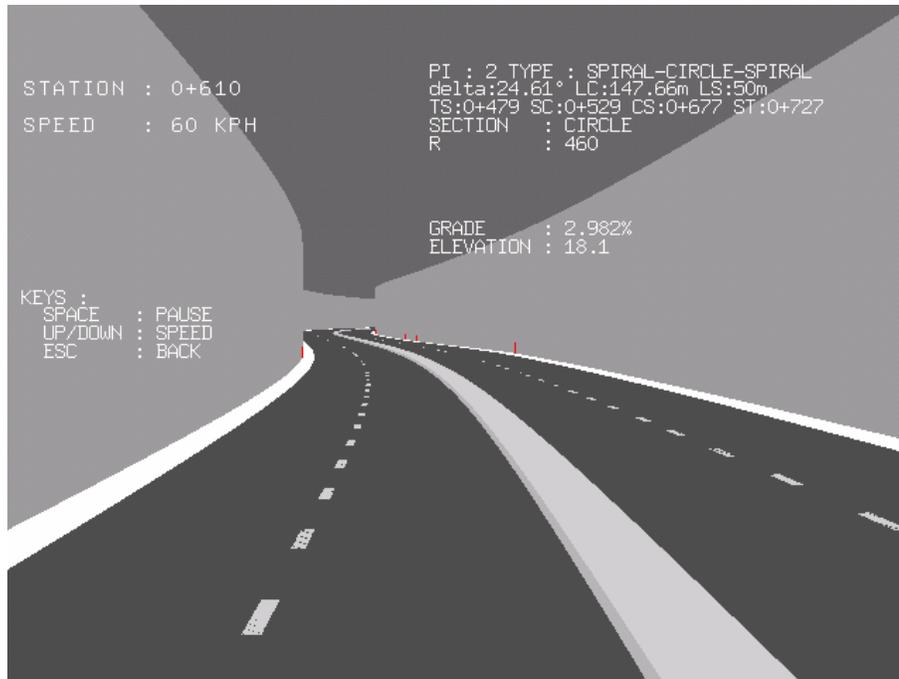
Gambar 8 User interface untuk tab dan view horizontal alignment



Gambar 9 User interface untuk tab dan view vertical alignment



Gambar 10 User interface untuk tab 3D visualization dan tampilan 3D OpenGL



Gambar 11 Visualisasi tiga dimensi model terowongan

### 5. PENGUJIAN PROGRAM

Pengujian program *3DHV* dilakukan terhadap contoh kasus berupa desain alinyemen horisontal dengan tiga *PI* dan desain alinyemen vertikal dengan dua *PVI* dengan data hasil perhitungan seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data hasil desain alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal

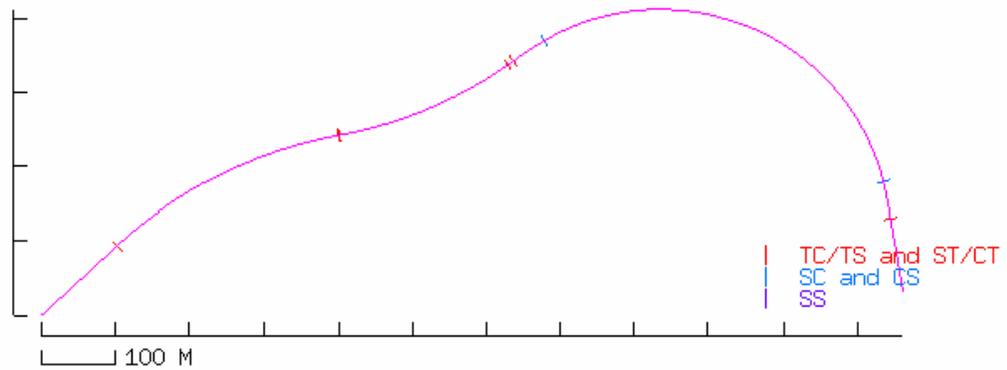
|           |        |        |        |           |       |       |
|-----------|--------|--------|--------|-----------|-------|-------|
| PI        | 1      | 2      | 3      | G 1       | 0.07  | -0.08 |
| Delta     | 35     | 24.63  | 24.63  | G 2       | -0.08 | 0.1   |
| Type      | FC     | SCS    | SS     | L         | 350   | 200   |
| R         | 600    | 390    | 390    | Sta PVC   | 200   | 750   |
| LS        |        | 50     | 50     | Sta PVT   | 550   | 950   |
| Teta s    |        | 3.675  | 3.675  | Elevation | 12.25 | -1.75 |
| Turn      | Right  | Left   | Right  |           |       |       |
| LC        | 366.67 | 117.72 | 117.72 |           |       |       |
| Sta TS/TC | 0+011  | 0+478  | 0+878  |           |       |       |
| Sta SC    |        | 0+528  | 0+928  |           |       |       |
| Sta SS    |        |        |        |           |       |       |
| Sta CS    |        | 0+646  | 1+046  |           |       |       |
| Sta ST/CT | 0+377  | 0+696  | 1+096  |           |       |       |
| e         | -0.02  | -0.02  | -0.02  |           |       |       |
| e maks    | 0.02   | 0.02   | 0.02   |           |       |       |
| Azimuth   | 44.63  | 79.63  | 55     |           |       |       |

Gambar 12 s/d 14 memperlihatkan hasil pengujian dengan program *3DHV* berupa visualisasi dua dimensi alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal, serta visualisasi tiga dimensi dari kedua alinyemen tersebut.

Jika dilihat secara terpisah atau dua dimensi nampak bahwa desain alinyemen horisontal (Gambar 12) maupun alinyemen vertikal (Gambar 13) sudah memadai. Namun setelah dilakukan penggabungan atau tiga dimensi nampak bahwa desain tersebut mempunyai keselarasan yang buruk terutama pada STA 0+300 jalan terlihat putus (Gambar 14).

HORIZONTAL ALIGNMENT  
( Example 1.txt )

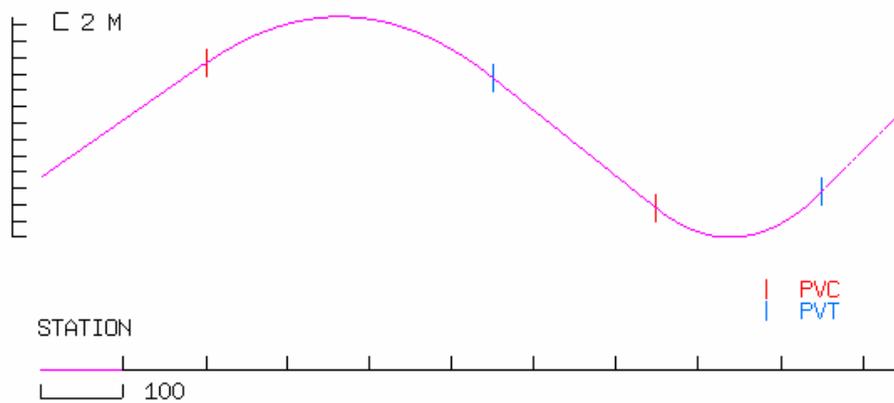
PRESS 1 - 3



Gambar 12 Visualisasi dua dimensi alinyemen horisontal

VERTICAL ALIGNMENT  
( Vertical2.v3d )

PRESS 1 - 2



Gambar 13 Visualisasi dua dimensi alinyemen vertikal



Gambar 14 Visualisasi keselarasan alinyemen yang buruk pada STA 0+300

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Output sistem berupa visualisasi geometrik jalan secara tiga dimensi dapat dipergunakan sebagai evaluasi terhadap keselarasan antara alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal.

### 6.2 Saran

- ♦ Software *3DHV* masih tergantung pada software lain yaitu *H-Curve* (Program Perhitungan Alinyemen Horisontal) dan *V-Curve* (Program Perhitungan Alinyemen Vertikal) untuk memberikan input berupa hasil desain geometrik jalan, sehingga perlu diupayakan melakukan pengembangan software yang lebih terintegrasi.
- ♦ Perlu dilakukan penyempurnaan dalam akurasi kecepatan pada tampilan mengingat spesifikasi hardware yang berbeda memberi pengaruh yang signifikan terhadap *refresh rate* pada software *3DHV*.
- ♦ Perlu dilakukan pengembangan software agar visualisasi dapat pula dipergunakan pada desain persimpangan tidak sebidang (*highway interchange*).

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- ♦ Angel, E., 2002, **OpenGL: A Primer**, Addison-Wesley, New York.
- ♦ Banks, J.H., 2002, **Introduction to Transportation Engineering**, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw – Hill, New York.
- ♦ Mannering, F.L., & Kilareski, W.P., 1990, **Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis**, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- ♦ Shahani, P.B., 1975, **Road Techniques**, Khanna Publishers, Delhi.
- ♦ Sukirman, S., 1999, **Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan**, Nova, Bandung.
- ♦ TRRL, 1991, **Toward Safer Roads in Developing Countries**,
- ♦ Underwood, R.T., 1991, **The Geometric Design of Roads**, Macmilan Company, Melbourne.