

## PENDEKATAN PENGOPTIMUMAN DALAM PENGHASILAN OBJEK TIGA DIMENSI DARIPADA LUKISAN GARISAN DUA DIMENSI

HABIBOLLAH HARON<sup>1</sup> & DZULKIFLI MOHAMED<sup>2</sup>

**Abstrak.** Kertas kerja ini membincangkan beberapa kajian lepas yang menggunakan pendekatan pengoptimuman dalam menghasilkan objek tiga dimensi daripada lukisan garisan dua dimensi. Kertas kerja ini juga menerangkan berbagai-bagai sumber dan jenis lukisan garisan, ulasan mengenai bagaimana lukisan ini diwakilkan dan dianalisis dan penerangan mengenai beberapa teknik pengoptimuman yang berkaitan. Perbincangan diakhiri dengan cadangan kaedah pengoptimuman yang sesuai untuk menterjemah lukisan garisan bagi objek padu dengan garisan terlindung disorokkan.

*Kata kunci:* Pengoptimuman, objek padu, penafsiran, penghasilan objek tiga dimensi, lukisan garisan

### 1.0 PENGENALAN

Pengoptimuman ditakrifkan sebagai pencarian penyelesaian terbaik masalah sebenar yang diwakili secara matematik. Proses terlibat ialah kriteria optimum masalah, menentukan kaedah penyelesaian, struktur kaedah, dan uji kaji berkomputer. [1–2] Kejayaan pengoptimuman bergantung kepada formula matematik dan algoritmanya. Masalah terjemahan lukisan garisan melibatkan penambahan berbagai-bagai artifak sebagai kriteria yang perlu diambil kira.

Terdapat banyak teknik dalam menterjemah lukisan garisan kepada objek tiga dimensi seperti pangaturcaraan linear, pendekatan tanggapan, pengenalpastian primitif, pendekatan lelaran kuasa dua terkecil, dan pendekatan berasaskan pengoptimuman. [1–4] Kertas kerja ini membincangkan algoritma pengoptimuman dalam menyelesaikan masalah terjemahan lukisan garisan.

Perbincangan dibahagikan kepada enam bahagian. Bahagian pertama menerangkan dengan ringkas beberapa jenis lukisan garisan dan kajian kes yang menggunakan pengoptimuman dalam menghasilkan objek tiga dimensi. Bahagian seterusnya ialah andaian umum mentafsir lukisan garisan dan ringkasan kajian kes dalam bentuk jadual perbandingan. Perbincangan diakhiri dengan memberikan kebaikan dan kelemahan setiap kajian kes serta cadangan senarai artifak dan algoritma pengoptimuman.

<sup>1</sup> & <sup>2</sup> Fakulti Sains Komputer & Sistem Maklumat, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor Darul Takzim, Malaysia.

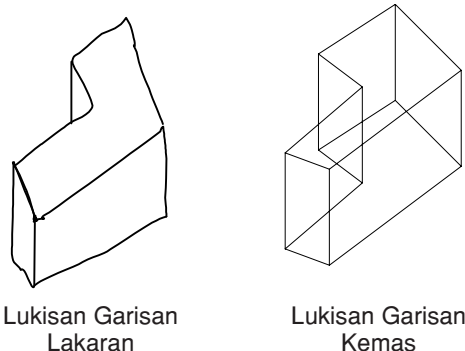
## 2.0 LUKISAN GARISAN

Untuk memahami kajian kes yang akan dibincangkan, elok diterangkan dengan ringkas kategori dan jenis lukisan garisan yang berkaitan. Terdapat dua kategori lukisan garisan, iaitu lukisan lakaran dan lukisan kemas. Kategori pertama ialah lukisan garisan asli yang dilakar menggunakan pensel atau pen di atas helaian kertas oleh jurutera atau jurupelan. Kategori kedua ialah lukisan yang dilukis menggunakan alat bantu seperti tetikus, pen cahaya, pendigit dan perisian Rekabentuk Berbantuan Komputer (CAD). Bagi lukisan lakaran, pengemaskinian oleh prapemproses mesti dilakukan supaya penafsiran dan pembinaan semula boleh dilakukan dengan mudah oleh komputer. Proses terlibat termasuklah menyambung sebarang dua garisan yang sepatutnya bertemu di atas satu titik, membuang titik-titik yang tidak berguna dan meluruskan garisan yang sepatutnya lurus. Berbanding dengan lukisan kemas, ia tidak perlu dikemaskinikan kerana semua lakaran telah dikemaskinikan oleh perisian yang digunakan.

Terdapat tiga jenis lukisan garisan yang akan dibincangkan, iaitu lukisan rangka dawai, lukisan rangka dan lukisan garisan terlindung disorokkan. Unjuran yang terhasil di atas satah paparan dua dimensi ini berbeza juga bergantung kepada jenis objek yang diunjurkan sama ada objek padu atau objek rangka. Seksyen 2.1 menerangkan kategori lukisan garisan, manakala Seksyen 2.2 menerangkan jenis lukisan garisan dan sumber objek yang diunjurkan oleh lukisan tersebut.

### 2.1 Kategori Lukisan Garisan

Lukisan kemas memudahkan proses penterjemahan kerana semua garisan telah diluruskan dan disambung kepada garisan yang lain untuk membentuk satu kawasan, tiada titik lebih dan kita jelas sama ada garisan ialah lurus atau lengkung. Garisan ini bersambung untuk membentuk unjuran dua dimensi objek yang diperhatikan. Dua masalah biasa lukisan garisan ialah garisan lurus sepatutnya lurus tetapi tidak lurus dalam lakaran asal, dan keduanya ialah dua titik sepatutnya bersambung untuk



**Rajah 1** Kategori lukisan garisan

membentuk satu garis dan satu titik sahaja yang menyambungkan dua garisan. Oleh itu, masalah biasa ialah terdapat lebih titik dan garisan yang tidak bertemu pada satu titik.

Marill [4] dan Leclerc [3] menerima input lukisan garisan kemas manakala Lipson [1] dan Grimstead [2] menerima input lukisan garisan lakaran. Kes kemudian memerlukan prapemproses untuk mengemaskinikan lukisan. Rajah 1 menunjukkan dua kategori lukisan garisan.

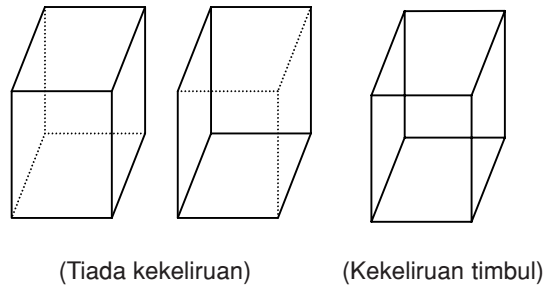
## 2.2 Jenis Lukisan Garisan

Sistem Penglihatan Manusia (Human Vision System) dan dibantu oleh psikologi individu menghasilkan penafsiran yang berbeza-beza terhadap satu lukisan garisan atau seringkali diungkapkan dengan bidalan sekeping lukisan yang memberikan seribu makna. Perbezaan ini bergantung kepada pengalaman, usia dan pengetahuan individu. Seksyen ini menerangkan tiga jenis lukisan garisan serta objek sumber yang menghasilkan lukisan tersebut.

Seperti juga HVS, algoritma dan andaian dalam menjemah lukisan garisan juga berbeza-beza bergantung kepada jenis dan sumber lukisan garisan. Sebagai contoh, Lipson [1], Marill dan Leclerc [3–4] menerima kedua-dua jenis lukisan garisan rangka dawai dan lukisan rangka manakala Grimstead [2] menerima hanya lukisan garisan dengan garisan terlindung disorokkan bagi sumber objek padu. Hanya Lipson [1] menerima lengkung sebagai input terjemahan.

### 2.2.1 Lukisan Rangka Dawai

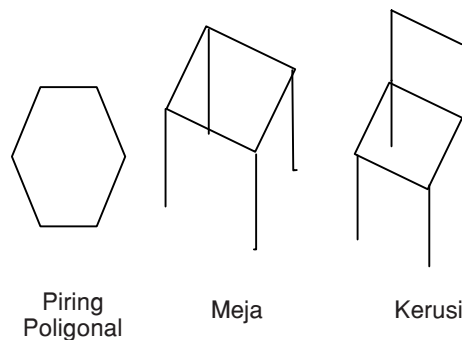
Lukisan rangka dawai ialah unjuran dua dimensi model padu tetapi dipamerkan sebagai lukisan garisan rangka dengan mempamerkan garisan terlindung. Tujuan lukisan jenis ini ialah untuk mengelak salah faham terhadap bahagian terlindung. Masalah ini juga dikenali sebagai masalah kiub Necker [5]. Terdapat dua jenis lukisan rangka dawai. Jenis pertama ialah di mana bahagian terlindung diwakili oleh garisan putus-putus manakala jenis kedua menggunakan jenis garisan yang sama dengan bahagian tidak terlindung. Bagi jenis pertama, memahami lukisan tidak menjadi masalah kerana kita tahu pinggir yang manakah yang berhampiran dengan titik pemerhatian. Kes kedua menimbulkan kekeliruan kerana tidak pasti pinggir manakah yang hampir dengan pemerhati. Namun demikian, model padu yang diwakili oleh lukisan masih sama sungguhpun penafsirannya berbeza. Rajah 2 menunjukkan contoh 3 lukisan rangka dawai.



**Rajah 2** Lukisan rangka dawai

### 2.2.2 Lukisan Rangka

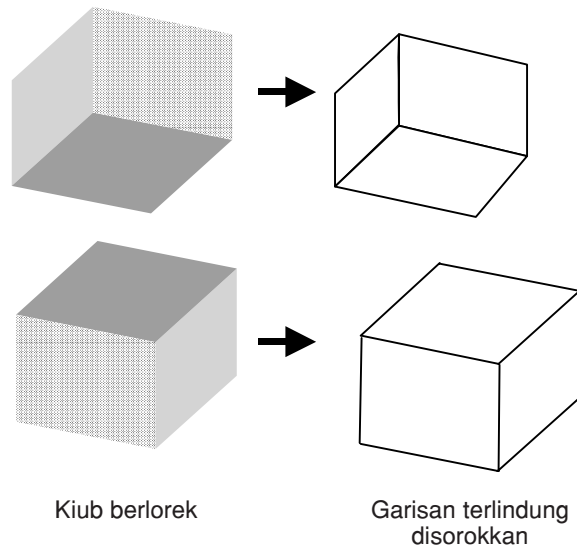
Objek padu dibangunkan oleh permukaan. Di atas permukaan objek padu, dua muka bertemu membentuk satu pinggir dan tiga pinggir bertemu membentuk satu bucu. Jika pinggir dibangunkan oleh item seperti wayar atau batang mancis dan dilihat oleh mata, kita akan dapat melihat semua pinggir objek tersebut. Lukisan bagi model jenis ini dipanggil lukisan rangka [2]. Rajah 3 menunjukkan lukisan rangka bagi model wayar. Berbeza dengan model padu, perhatikan bahawa kekeliruan timbul dalam mengenalpasti bucu manakah hampir dengan pemerhati. Masalah ini serupa dengan masalah lukisan rangka dawai yang dikenali sebagai masalah kiub Necker.



**Rajah 3** Lukisan rangka

### 2.2.3 Lukisan Garisan Terlindung Disorokkan

Objek padu dikenali juga sebagai dunia blok. Unjuran bagi objek padu ke atas satah dua dimensi akan menyorokkan permukaan dan pinggir yang dihadang oleh objek depan. Oleh itu, hanya pinggir yang tidak tersorok akan wujud dalam satah paparan. Tanggapan manusia ke atas lukisan garisan objek padu mudah difahami kerana bahagian terlindung disorokkan. Rajah 4 menunjukkan dua kiub yang mudah



**Rajah 4** Lukisan garis terlindung disorokkan  
(Dua kiub serupa tetapi orientasi berbeza)

dikenalpasti bucu manakah hampir dengan pemerhati. Masalah dengan lukisan jenis ini ialah kita tidak mempunyai maklumat mengenai permukaan terlindung, oleh yang demikian ini akan memberikan seribu tafsiran seperti lengkung atau lubang. Andaian seperti konsep simetri perlu diterapkan supaya kita mendapat idea mengenai bahagian terlindung. Bagi setiap permukaan, satu sisi adalah padu, manakala satu sisi lagi ialah ruang kosong.

### 3.0 KAJIAN KES

Seksyen ini membincangkan penyelidikan-penyelidikan yang lepas. Empat kertas kerja dibincangkan. Perbincangan dibahagikan kepada tiga bahagian iaitu semasa penafsiran, bilangan artifak terlibat dalam pengoptimuman dan akhirnya ialah perwakilan matematik dan linguistik dalam menterjemah imej. Jadual 1 meringkaskan perbincangan. Ia menunjukkan bilangan artifak bertambah, jenis lukisan garisan yang berbagai-bagai dan terdapat beberapa jenis perwakilan data dalam proses terjemahan ini.

#### 3.1 Andaian

Untuk meringkaskan proses terjemahan, suatu andaian harus dilakukan. Terdapat tiga andaian sepunya yang digunakan oleh penyelidikan yang lepas. Andaian pertama ialah setiap lukisan garisan tidak mengandungi corak, bayang-bayang dan warna

tetapi semata-mata garisan. Andaian kedua ialah titik pemerhatian umum di mana tiada garisan yang selari dengan unjuran.

Andaian ketiga adalah unik bagi setiap kes. Marill [4] dan Leclerc [3] mengandaikan lukisan ialah rangka dawai bagi objek umum sama ada pancarongga atau tiada pancarongga atau gabungan kedua-duanya. Lipson [1] pula menganggap lukisan sebagai rangka dawai tetapi bukan garisan semata-mata, garisan boleh jadi lengkung. Grimstead [2] pula mengandaikan lukisan ialah model padu bagi objek khusus iaitu objek penjuru trihedron dengan garisan terlindung disorokkan.

### 3.2 Artifak Kenalaran Imej

Kajian menunjukkan bahawa bilangan artifak dalam proses pengotimunan bertambah. Pembangunan perkakasan menyumbang hebat kepada penambahan ini. Bermula dengan satu artifak oleh Marill [4] iaitu sudut, Leclerc [3] kemudiannya menambah satu lagi artifak iaitu kesatahan. Secara drastik, Lipson [6] pada tahun 1995, iaitu selepas 4 tahun penyelidikan oleh Leclerc [3], telah menggunakan 12 artifak tambahan. Pertambahan ini tidak menjejaskan masa pemprosesan dan ketepatan hasil terjemahan kerana perkembangan perkakasan yang hebat. Seterusnya, Grimstead [2] menggunakan hanya empat daripada 14 artifak yang telah digunakan dalam penyelidikannya. Ini disebabkan andaian objek khusus serta penekanan falsafah bersahaja yang hendak dikekalkan dalam tahap konsepsualisasi rekabentuk produk.

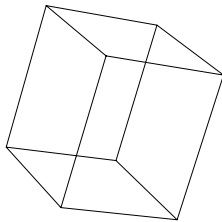
### 3.3 Perwakilan Data

Seksyen ini membincangkan perwakilan data yang digunakan dalam terjemahan. Tiga perwakilan data terbabit ialah garisan dan titik, graf pinggir-bucu, dan graf garisan berlabel yang digunakan oleh Leclerc [3] dan Marill [4], Lipson [1] dan Grimstead [2] masing-masing. Graf garisan berlabel adalah lebih bersistematik, memenuhi bahasa penghuraian gambar, berorientasikan komputer dan mampu menyemak kesahihan lukisan gambar.

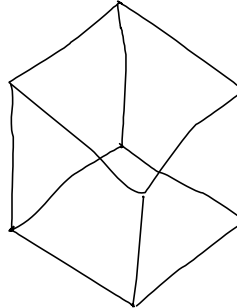
#### 3.3.1 Himpunan Titik dan Garis

Secara umum, lukisan garisan diwakili oleh garisan dan titik. Setiap titik dilabelkan oleh nombor 0, 1, 2 dan seterusnya. Garisan pula dilabelkan oleh pasangan dua nombor titik yang ditakrifkan sebelumnya. Rajah 5 menunjukkan contoh sebuah kiub yang diwakili oleh himpunan garis dan titik. Terdapat 8 titik dan 12 garisan. Maklumat ini ialah asas kepada penafsiran lukisan garisan tanpa penyemakan kesahihan lukisan.

LUKISAN-GARISAN-A  
 TITIK: ((-2.89 -1.62) (0.57 -1.62) (0.92 2.32)  
 (-2.54 2.32) (-0.92 -2.32) (2.54 -2.32)  
 (2.89 1.62) (-0.57 1.62))  
 GARISAN: ((0 1) (1 2) (2 3) (3 0) (4 5) (4 5) (5 6)  
 (6 7) (7 4) (0 4) (1 5) (2 6) (3 7))



**Rajah 5** Himpunan titik dan garis



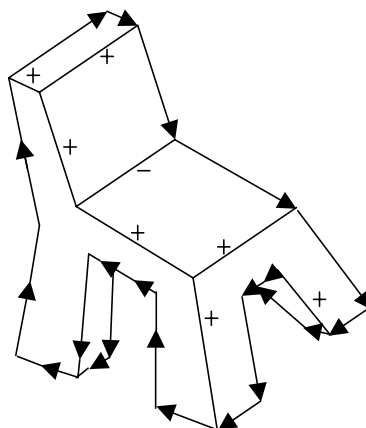
**Rajah 6** Graf pinggir-bucu

### 3.3.2 Graf Pinggir-Bucu

Kaedah ini mewakili unjuran dua dimensi topologi objek. Lukisan akan diwakili oleh graf pinggir-bucu dalam dua dimensi. Tiada penyemakan kesahihan lukisan. Rajah 6 menunjukkan graf pinggir-bucu bagi sebuah kiub di mana garisan terlindung tidak disorokkan. Tiada tatatanda matematik khas atau nahu yang mewakili graf. Ia semata-mata graf biasa yang digunakan dalam kajian teori graf, iaitu yang mengandungi pinggir dan bucu.

### 3.3.3 Graf Garisan Berlabel

Graf ini diwakili oleh garisan berlabel. Terdapat 16 label terlibat. Pelabelan secara automatik menolak lukisan yang tidak sah seperti objek mustahil atau objek tidak lengkap seperti tiada gelung garisan yang sempurna atau tidak cukup permukaan. Rajah 7 menunjukkan sebuah kerusi berlabel. Kajian menyeluruh ke atas pelabelan



**Rajah 7** Graf garisan berlabel

ini menghasilkan juga label garisan bagi lengkung, tetapi ia di luar skop perbincangan kita.

#### 4.0 KESIMPULAN

Jadual 1 meringkaskan jenis-jenis lukisan garisan, output penafsiran, dan artifak terlibat dalam pengoptimuman. Kajian ke atas teknik pengoptimuman untuk menterjemah lukisan garisan menunjukkan bahawa bilangan artifak dan sumber lukisan garisan bertambah. Kemajuan perkakasan memainkan peranan penting untuk membolehkan penafsiran yang pantas, tepat dan dipercayai serta mempelbagaikan sumber lukisan garisan.

Dari segi bilangan artifak, Lipson [1] menggunakan 12 artifak manakala Grimstead [2] menggunakan hanya 4. Ini disebabkan falsafah penyelidikan bersahaja beliau serta had ke atas jenis objek sumber. Lipson [1] memperbaiki penyelidikan oleh Marill [4] dan Leclerc [3] dengan menerima input garisan lengkung.

Dari segi teknik pengoptimuman, Lipson [1] menggunakan teknik minima Brent kerana ia membenarkan campuran berbagai operasi. Grimstead [2] menggunakan kaedah kuasa dua terkecil kerana lebih tepat di samping kemudahan menambah persamaan dalam set persamaan. Pengoptimuman oleh Marill [4] dan Leclerc [3] pula ialah meminimumkan sisihan piawai sudut atau prinsip *Minimum Standard Deviation Angle* (MSDA). Berdasarkan teknik ini, pengoptimuman oleh Lipson [1] dan Grimstead menghasilkan kedalaman  $z$  yang lebih tepat berbanding dengan prinsip MSDA. Faktor sampingan ialah bilangan artifak yang bertambah.

Dari segi sumber lukisan garisan, Lipson [1] menghadkan sumber objek kepada objek rangka dawai manakala Leclerc [3] menerima semua jenis lukisan garisan kecuali garisan lengkung. Grimstead [2] pula menghadkan input kepada model padu trihedron kerana penekanan kepada falsafah bersahaja beliau.

Dari segi perwakilan data, kelemahan utama Marill [4] dan Leclerc [3] ialah tataatanda yang digunakan tidak berorientasikan komputer atau berstruktur. Ia mengandungi senarai titik dan garis, dan tentu sekali sukar untuk diwakili oleh graf atau sebarang struktur data dalam bahasa pengaturcaraan. Berbanding dengan perwakilan oleh Grimstead [2] dan Lipson [1], ia lebih bersistematik dan mudah diwakili oleh bahasa pengaturcaraan berstruktur.

Oleh itu gabungan 12 artifak yang digunakan oleh Lipson [1] serta 4 artifak oleh Grimstead [2] akan menghasilkan keputusan yang lebih tepat. Namun begitu, objek umum tidak sesuai untuk Grimstead [2] kerana ia akan bercangah dengan falsafah bersahaja beliau.

Gabungan ketiga-tiga item di bawah akan menghasilkan objek tiga dimensi yang lebih tepat, pantas dan dipercayai. Pertama ialah input merupakan unjuran dua dimensi lukisan di mana garisan terlindung disorokkan. Kedua ialah kesemua 16 artifak kenalaran imej digunakan dalam pengoptimuman. Ketiga ialah graf diwakili oleh garisan berlabel untuk memudahkan penyemakan.



**Jadual 1** Ringkasan kajian terjemahan lukisan garisan berasaskan pengoptimuman

Pengarang	Tahun	Input Lukisan Garisan	Perwakilan data	Artifak Kenalaran Imej
Marill	1991	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garisan terlindung tidak disorokkan</li> <li>2. Lukisan rangka dawai</li> <li>3. Lukisan rangka</li> <li>4. Polihedron sahaja</li> </ol>	Himpunan titik dan garis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sudut</li> </ol>
Leclerc	1992	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garisan terlindung tidak disorokkan</li> <li>2. Lukisan rangka dawai</li> <li>3. Lukisan rangka</li> <li>4. Objek polihedron</li> <li>5. Objek piring</li> </ol>	Himpunan titik dan garis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sudut</li> <li>2. Kesatahan</li> </ol>
Lipson	1995	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lukisan rangka dawai</li> <li>2. Garisan legkung</li> <li>3. Objek polihedron</li> </ol>	Graf pinggir-bucu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kesatahan permukaan</li> <li>2. Keselarian garisan</li> <li>3. Kecancangan garisan</li> <li>4. Keortogonan penjuru</li> <li>5. Keortogonan muka pencong</li> <li>6. Simetri muka pencong</li> <li>7. Keortogonan garisan</li> <li>8. Sisihan piawai minima sudut</li> <li>9. Keserenjangan permukaan</li> <li>10. Permukaan prismatik</li> <li>11. Kolinear garisan</li> <li>12. Kesatahan siri pencong</li> </ol>
Grimstead	1995	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garisan terlindung disorokkan</li> <li>2. Trihedron</li> <li>3. Objek padu</li> </ol>	Garis berlabel	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Keselarian</li> <li>2. Simetri pencong</li> <li>3. Padanan sudut tegak</li> <li>4. Kecerunan anggaran</li> </ol>

### 5.0 KAJIAN MASA DEPAN

Kita telah melihat bahawa bilangan artifak kenalaran imej, teknik pengoptimuman terbaik, kepelbagaian jenis lukisan garisan dan perwakilan data yang lebih sistematik merupakan faktor penting untuk penghasilan objek tiga dimensi dengan lebih pantas, dipercayai dan lebih tepat.

Cadangan kajian masa depan ialah objek padu trihedron sebagai sumber objek yang diunjurkan dengan garisan terlindung disorokkan, pengoptimuman menggunakan kaedah Newton Raphson dengan 16 bilangan artifak kenalaran imej, dan

graf garisan berlabel Huffman-Clowes sebagai skema perwakilan data. Justifikasi cadangan ini ialah kehadiran pemproses yang lebih berkuasa, memenuhi falsafah bersahaja dalam tahap konsepsualisasi rekabentuk produk dan teknik pengoptimuman berasaskan lelaran.

Isu sama ada lukisan ialah lukisan garisan lakaran atau kemas sepatutnya tidak dibangkitkan kerana penyelidikan oleh Lipson [1] dan Jenkins [7] memberikan penyelesaian masalah ini. Sebagai pilihan, fail input dalam bentuk imej tersurih boleh digunakan dalam terjemahan. Lukisan kemas tidak dipertimbangkan kerana ia bercanggah dengan falsafah bersahaja yang diperkenalkan oleh Grimstead [2] dan Jenkins [7].

## PENGHARGAAN

Setinggi penghargaan kepada rakan sekerja Prof. Madya Dr Ab. Rahman Ahmad yang telah menyumbangkan idea dan kritikan untuk penulisan kertas kerja ini.

## RUJUKAN

- [1] Lipson, H., and M. Shpitalni. 1996. Optimization-based reconstruction of a 3D object from a single freehand line drawing. *Journal of Computer Aided Design*. 28(8): 651 – 663.
- [2] Grimstead, I. J., and R. R. Martin. 1995. Creating solid models from single 2D sketches. *Proceeding Third Symposium on Solid Modeling Applications*, ACM SIGGRAPH p.p. 323 – 337.
- [3] Leclerc, Y. G., and M. A. Fischler. 1992. An Optimization-Based Approach to the Interpretation of Single Line Drawings as 3D Wire Frames. *International Journal of Computer Vision*. 9(2): 113 – 136.
- [4] Marill, T. 1991. Emulating the Human Interpretation of Line Drawings as three-dimensional Objects. *International Journal of Computer Vision*. 6(2): 147 – 161.
- [5] Necker, L. A. Observations on an optical phenomenon which occurs on viewing a figure of crystal or geometrical solid. *Philosophical Magazine*. 1: 329 – 329, 1832.
- [6] Lipson, H., and M. Shpitalni. 1995. An Interface for 3D Conceptual Design Based on Freehand Sketching. *Annals of the CIRP*. 44(1): 139 – 148.
- [7] Jenkins, D. L., and R. R. Martin. 1992. Applying constraints to enforce users' intentions in freehand 2D sketches. *Intelligent Systems Engineering*. 1(1): 32 – 49.