

**PEMBANGUNAN POLYHEDRON DARI SKETSA NATURAL DENGAN
MEMINIMALKAN JUMLAH ELEMEN TIDAK TERLIHAT**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Teknik Industri



Oleh

Nama : Ade Candra Prasetyo

No. Mahasiswa : 00 522 010

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2009

PENGAKUAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Oktober 2009



Ade Candra Prasetyo

00522010



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

JURUSAN : TEKNIK INDUSTRI, TEKNIK KIMIA, TEKNIK INFORMATIKA, TEKNIK ELEKTRO, DAN TEKNIK MESIN

Kampus : Jalan Kaliburang Km. 14,4 Telp. (0274) 895287, 895007 Facs. (0274) 895007 Ext. 148; Kotak Pos 75 Sleman 55501 Yogyakarta

<http://www.uii.ac.id> atau <http://www.fti-uui.org> e-mail : fti@uui.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 111/ KALAB SIMAN/ 50/ LAB SIMAN/ X/ 2009

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa :

Nama : Ade Candra Prasetyo
Nomor Mahasiswa : 00 522 010
Tempat/ Tgl. Lahir : Semarang, 26 mei 1982
Alamat : Perum Permata Estate no.B-3 Klaseman, Ngaglik, Sleman

Adalah benar telah melakukan penelitian di Laboratorium Sistem Manufaktur, terhitung mulai tanggal 27 Juli s.d. 27 Agustus 2009. Dengan judul penelitian: "Pembangunan Polyhedron dari sketsa natural dengan meminimalkan jumlah elemen tidak terlihat".

Demikian surat ini dibuat dengan sebenarnya, dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jogjakarta, 26 Oktober 2009

LABORATORIUM SISTEM MANUFaktur

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Mengetahui,

Ka. Lab. Sistem Manufaktur

Rina Arifa Fitriyanti, ST, MT

**PEMBANGUNAN POLYHEDRON DARI SKETSA NATURAL DENGAN
MEMINIMALKAN JUMLAH ELEMEN TIDAK TERLIHAT**



Nama : Ade Candra Prasetyo

No. Mahasiswa : 00 522 010

Yogyakarta, Oktober 2009

Pembimbing,

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST, M.Sc

**PEMBANGUNAN POLYHEDRON DARI SKETSA NATURAL DENGAN
MEMINIMALKAN JUMLAH ELEMEN TIDAK TERLIHAT**

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Ade Candra Prasetyo

No. Mahasiswa : 00 522 010

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1

Teknik Industri

Yogyakarta, 30 Oktober 2009

Tim Penguji

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST, M.Sc.

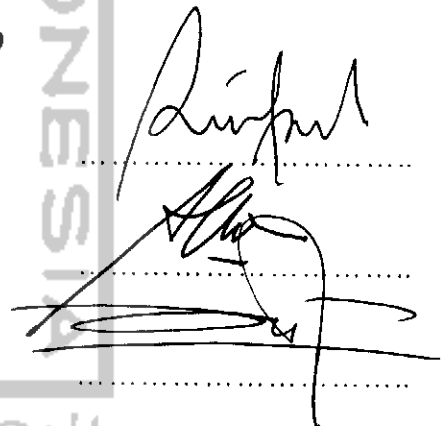
Ketua

Agus Mansur, ST, M.Eng.Sc.

Anggota I

Drs Imam Djati W, M.Eng.Sc

Anggota II



Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc





Kupersembahkan Karya Tulis ini Spesial Bagi DiriKu.

Serta Orang Orang yang Berarti Bagi KehidupanKu.

"Yes I Can".

MOTTO

Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan dari Allah dengan kesabaran dan Shalat. Sungguh Allah bersama orang-orang yang sabar
(Q.S. Al-Baqarah : 153)

Dialah yang membentangkan bumi dan menciptakan gunung-gunung dan sungai-sungai disana. Dia menjadikan semua jenis buah-buahan, masing-masing berpasangan. Dia pulalah yang menutup malam pada siang. Sungguh, dalam semua itu terdapat ayat-ayat bagi kaum yang mau berpikir.
(Q.S. Ar-Ra'd : 3)

Dan telah Kami tetapkan di Zabur juga dalam *Lauh Mahfuz*. Bahwa bumi akan diwarisi oleh hamba-hamba-Ku yang pantas memakmurkan.
(Q.S. Al-Anbiyaa' : 105)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan kasih yang senantiasa menyertai saya dalam menjalani laku hidup, pun didalamnya ada sebuah kerja sederhana yang menguji kesungguhan saya- penulisan karya ini. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah kepada yang terkasih Rasul Muhammad, SAW.

Skripsi ini disusun guna memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Pada halaman ini, Saya ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada beberapa pihak yang turut serta memberi warna, membantu dalam penulisan skripsi ini antara lain :

1. Kedua orang tua saya bapak dan ibu tercinta di rumah, maaf tidak dapat menjadi yang terbaik dan terima kasih atas kesabarannya dalam menunggu penulis menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST, M.Sc dan sebagai pembimbing skripsi saya, terimakasih atas pengarahan dan bimbinganya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc. Selaku ketua Prodi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Om Ahmad basuki, ST, MT. dan keluarga yang senantiasa membantu penulis dalam banyak hal, makasih om dan maaf apabila banyak merepotkan.
5. Lian Irmia yang senantiasa memberikan semangat untuk menjalani kehidupan ini.

6. Sahabatku Vany yang telah banyak memberi bantuan dalam proses penyusunan skripsi ini, tetap semangat bro insyaallah kita bisa.
7. Anak anak kost Etnic, Puguh, Lega, Oky, Mas Irvan, dan semua anak mantan penghuni kost Etnic. Semoga persaudaraan kita senantiasa terjaga sampai akhir.
8. Rekan-rekan dalam keseharian berkarya yang terus menerus memberi dorongan agar cepat menyelesaikan skripsi, tetap berkarya sampai mati.
9. Dan segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala perhatian serta bantuannya.

Penulis mengakui karya sederhana ini tidak sempurna, namun tetap saja ingin menyampaikan harapan semoga dapat memberi manfaat bagi pembaca di masa mendatang.

Yogyakarta, Oktober 2009

Penulis,

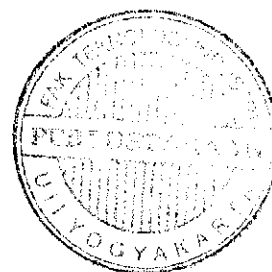


DAFTAR ISI

| | Hlm |
|--|------|
| Halaman Judul..... | i |
| Surat Pernyataan Keaslian TA..... | ii |
| Surat Keterangan Selesai Penelitian..... | iii |
| Halaman Pengesahan Pembimbing..... | iv |
| Halaman Pengesahan Dosen Penguji..... | v |
| Halaman Persembahan..... | vi |
| Halaman Motto..... | vii |
| Kata Pengantar..... | viii |
| Daftar Isi..... | x |
| Daftar Gambar..... | xiii |
| Daftar Tabel..... | xv |
| Abstrak..... | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3. Batasan masalah..... | 3 |
| 1.4. Tujuan penelitian..... | 3 |
| 1.5. Manfaat penelitian..... | 4 |
| 1.6. Sistematika Penulisan..... | 4 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | |
| 2.1. Pendahuluan..... | 6 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.2. | Teori Grafik (<i>Graph Teory</i>)..... | 8 |
| 2.3. | <i>Polyhedron</i> dan Sketsa natural..... | 9 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | |
| 3.1. | Identifikasi Masalah..... | 12 |
| 3.2. | Perumusan Masalah..... | 12 |
| 3.3. | Pengumpulan Data..... | 12 |
| 3.4. | Pemodelan..... | 14 |
| 3.5. | Estimasi Jumlah Elemen Tidak Terlihat..... | 15 |
| 3.6. | Membuat <i>Polyhedron</i> dari Sketsa Natural | 15 |
| 3.7. | Validasi <i>Polyhedron</i> yang Dihasilkan | 16 |
| BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA | | |
| 4.1. | Pengumpulan Data..... | 18 |
| 4.2. | Mencari Estimasi Jumlah Minimal elemen tidak terlihat..... | 20 |
| 4.3. | Membuat <i>polyhedron</i> dari Sketsa Natural yang digunakan..... | 23 |
| | A. Operasi pada Sketsa Natural 1..... | 24 |
| | B. Operasi pada Sketsa Natural 2..... | 28 |
| | C. Operasi pada Sketsa Natural 3..... | 33 |
| | D. Operasi pada Sketsa Natural 4..... | 38 |
| | E. Operasi pada Sketsa Natural 5..... | 42 |
| | F. Operasi pada Sketsa Natural 6..... | 46 |
| BAB V PEMBAHASAN | | |
| 5.1. | Analisa hasil Penelitian..... | 52 |
| 5.2. | Analisa Kelemahan Metode yang Digunakan..... | 53 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 6.1. Kesimpulan..... | 57 |
| 6.2. Saran..... | 57 |
| Daftar Pustaka..... | 59 |



DAFTAR GAMBAR

| | Hal |
|--|-----|
| Gambar 2.1. Contoh Sebuah Grafik..... | 8 |
| Gambar 2.2. (a) Sketsa Natural, (b) daerah R dan (c) Sketsa Kerangka..... | 10 |
| Gambar 3.1 Peta Alir penelitian | 13 |
| Gambar 3.2 Skema Pemodelan Penelitian..... | 14 |
| Gambar 3.3 Tahapan Proses Pembuatan <i>Polyhedron</i> | 17 |
| Gambar 4.1 (a) Sketsa natural 1, (b) Sketsa natural 2 dan (c) Sketsa natural 3 | 19 |
| Gambar 4.2 (a) Sketsa natural 4, (b) Sketsa natural 5 dan (c) Sketsa natural 6 | 20 |
| Gambar 4.3 Letak $L-L$ pada sketsa natural 1..... | 24 |
| Gambar 4.4. Garis bantu pada Sketsa Natural 1..... | 25 |
| Gambar 4.5. Sketsa kerangka awal dari sketsa natural 1..... | 26 |
| Gambar 4.6 Garis bantu pada daerah R | 27 |
| Gambar 4.7 Hasil operasi <i>Delete</i> pada R | 27 |
| Gambar 4.8 Sketsa Kerangka dari <i>Polyhedron</i> yang dihasilkan..... | 28 |
| Gambar 4.9 Letak $L-L$ dan $L-T$ pada Sketsa Natural 2..... | 29 |
| Gambar 4.10 Garis Bantu pada Sketsa Natural 2..... | 30 |
| Gambar 4.11 Sketsa Kerangka awal yang terbentuk..... | 31 |
| Gambar 4.12 Hasil operasi <i>Delete</i> pada R | 32 |
| Gambar 4.13 Hasil operasi <i>Merger</i> | 32 |
| Gambar 4.14 Sketsa Kerangka dari <i>Polyhedron</i> yang dihasilkan..... | 33 |
| Gambar 4.15. Letak $L-L$ pada Sketsa Natural 3..... | 34 |
| Gambar 4.16. Garis Bantu pada Sketsa Natural 3..... | 34 |
| Gambar 4.17 Sketsa Kerangka awal yang terbentuk..... | 35 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.18 | Garis Bantu pada Daerah R | 36 |
| Gambar 4.19 | Hasil operasi <i>Delete</i> pada daerah R | 37 |
| Gambar 4.20 | Sketsa Kerangka dari <i>Polyhedron</i> yang dihasilkan..... | 38 |
| Gambar 4.21 | Letak $L-L$ pada sketsa natural 4..... | 39 |
| Gambar 4.22 | Garis bantu pada sketsa natural 4..... | 39 |
| Gambar 4.23 | Sketsa Kerangka awal yang terbentuk..... | 40 |
| Gambar 4.24 | Hasil Operasi <i>Delete</i> pada R | 41 |
| Gambar 4.25 | Sketsa Kerangka dari <i>Polyhedron</i> yang dihasilkan..... | 42 |
| Gambar 4.26 | letak $L-L$ pada Sketsa Natural 5..... | 43 |
| Gambar 4.27 | Garis Bantu pada Sketsa Natural 5..... | 43 |
| Gambar 4.28 | Sketsa Kerangka awal yang terbentuk..... | 44 |
| Gambar 4.29 | Hasil operasi <i>Delete</i> pada R | 45 |
| Gambar 4.30 | Sketsa Kerangka dari <i>Polyhedron</i> yang dihasilkan..... | 46 |
| Gambar 4.31 | Letak $L-L$ dan $L-T$ pada Sketsa Natural 6..... | 46 |
| Gambar 4.32 | Garis Bantu pada Sketsa Natural 6..... | 47 |
| Gambar 4.33 | Sketsa Kerangka awal yang terbentuk..... | 48 |
| Gambar 4.34 | Hasil operasi <i>Delete</i> pada R | 49 |
| Gambar 4.35 | Operasi <i>Merger</i> pada daerah yang memiliki titik $L-T$ | 50 |
| Gambar 4.36 | Hasil operasi <i>Merger</i> pada elemen $L-T$ | 50 |
| Gambar 4.37 | Sketsa Kerangka dari <i>Polyhedron</i> yang dihasilkan..... | 51 |
| Gambar 5.1 | (a) Sketsa Natural 6 tampak depan dan (b) Sketsa Natural 6 tampak samping..... | 54 |
| Gambar 5.2 | (a) Sketsa Kerangka tampak depan dan (b) Sketsa Kerangka tampak samping..... | 56 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 4.1. | Sketsa Natural dengan <i>Jv</i> berjumlah genap..... | 22 |
| Tabel 4.2. | Sketsa Natural dengan <i>Jv</i> berjumlah ganjil..... | 23 |



ABSTRAK

Selama ini selalu timbul kesulitan dalam usaha untuk membangun polyhedron dari sebuah sketsa natural dengan benar menggunakan AutoCAD. Hal ini dikarenakan permasalahan yang ada selalu dipandang sebagai sebuah masalah "image processing" atau "computer vision". Padahal seharusnya masalah ini merupakan sebuah permasalahan dalam menggambarkan sebuah grafik. Akibat dari kesalahan inilah maka solusi yang diberikan selama ini menjadi kurang memuaskan, untuk alasan itulah penelitian ini dilakukan. Dimana dalam penelitian ini permasalahan yang ada digolongkan sebagai permasalahan grafik. Untuk itu metode yang digunakan adalah dengan menerapkan ilmu yang terdapat didalam teori grafik (grap teory). Didalam teori grafik masalah ini akan diselesaikan menggunakan metode meminimalkan sebuah grafik, yaitu melalui operasi "merger" dan "delete". Penelitian ini menggunakan metode baru yang berbeda dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan algoritma dari teori grafik yang digunakan untuk mencari jumlah elemen tidak terlihat yang terbentuk dari sebuah sketsa natural. Dimana hasilnya akan digunakan untuk meminimalkan sketsa kerangka awal yang dibuat. Selanjutnya sketsa kerangka yang dihasilkan akan divalidasi menggunakan hasil perhitungan yang dilakukan sebelumnya. Dari keenam sketsa natural yang menjadi obyek penelitian semuanya berhasil dibuat menjadi polyhedron yang solid, valid dan memiliki sifat natural. Ini membuktikan bahwa metode yang digunakan dapat menyelesaikan permasalahan yang ada dengan benar.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

CAD (*Computer Aided Design*) adalah salah satu alat dalam perancangan produk. Penggunaan CAD sejak awal sampai saat ini telah berkembang dengan pesat. Semula CAD hanya dapat digunakan untuk menggambar dalam dua dimensi (2D), untuk mengantisipasi kebutuhan yang semakin kompleks maka CAD dikembangkan menjadi tiga dimensi (3D). Berbagai bentuk pemodelan CAD telah dilakukan oleh banyak peneliti sehingga menjadi beberapa cabang ilmu tersendiri. Salah satu cabang ilmu di dalam CAD adalah *3D geometrik modeling*, yaitu sebuah desain obyek 3D yang berdasarkan atas asas-asas geometrik dari obyek tersebut.

Dalam beberapa tahun terakhir, telah banyak dilakukan penelitian untuk menyelesaikan masalah ini antara lain penelitian untuk mencoba membuat objek 3D solid dari sebuah sketsa 2D (Gristead dan Martin, 1995) yang telah memberikan bermacam solusi atas permasalahan, tetapi masih jauh dari yang diharapkan. Bahkan pada penelitian yang terbaru sekalipun metode yang digunakan masih melihat permasalahan ini sebagai kesalahan pada pemrosesan gambar atau tampilan komputer saja (Cao et al., 2008.). Permasalahan yang timbul ditekankan pada analisa fondasi sketsa menggunakan alat dan teknik untuk mengatasi kurang kuatnya dasar matematika. Penelitian yang lain menggunakan metode yang disebut dengan *line-labeling methodology*, yang mencoba mengasosiasikan sketsa garis dengan sebuah label, selanjutnya seluruh kumpulan label yang ada dapat digunakan dengan asumsi asumsi awal yang telah lebih dahulu ditetapkan, selanjutnya disebut dengan pelabelan.

Pada awalnya permasalahan yang timbul hanya dianggap sebagai permasalahan pemrosesan gambar atau tampilan pada komputer saja. Selanjutnya permasalahan ini berkembang menjadi permasalahan yang berkaitan dengan teori grafik sebagai analisa sketsa dan pemodelan 3D solid yang didasarkan pada pada objek geometri solid dengan permukaan datar dengan ujung yang lurus yang selanjutnya dapat disebut dengan "*polyhedron*". Sebuah *polyhedron* dapat dibentuk dari berbagai macam elemen, dimana pada masing-masing elemen diasosiasikan dengan berbagai jenis dimensi.

Dalam penelitian yang akan dilakukan adalah mencoba mengaplikasikan sebuah algoritma *polyhedron* keluar dari pengaruh "metodologi pemrosesan gambar", dengan peningkatan algoritma yang telah ada menjadi algoritma yang lebih kokoh (*robust*). Algoritma *robust* ini menggunakan pemodelan 3D solid, geometri *Euclidean* dan analisa topologi secara detail dari sketsa yang ada. Hasil yang diperoleh ini kemudian digunakan untuk membuat sebuah *polyhedron* yang memiliki jumlah minimal elemen yang tidak terlihat. Unsur ini yang akan menjadi landasan dalam penelitian ini.

Dasar teori yang dipergunakan berasal dari "*graph theory*" yang dikemukakan oleh Diestel (1997), dengan mengkombinasikan teori dari "*graph theory*" dengan konsep pemodelan 3D solid dan geometri *Euclidean* untuk didapatkan sebuah algoritma yang kokoh (*Robust algorithm*). Algoritma tersebut selanjutnya digunakan untuk meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat, sehingga didapatkan sebuah *polyhedron* yang solid dan valid. Berbeda dengan metode pelabelan garis dimana setiap garis akan diberi label (*convex, concave, occluding*), kemudian label yang telah dihasilkan akan digunakan untuk membuat sebuah *polyhedron*. Sehingga hasil yang didapatkan akan sangat bergantung dari asumsi label yang digunakan.

Persoalan yang akan dihadapi dalam penelitian adalah membuat sebuah *polyhedron* dari sebuah sketsa natural, dengan permasalahan konstruksi topologi sketsa kerangka dari sebuah sketsa natural sebelum dirubah menjadi *polyhedron*. Penggambaran sketsa di dalam CAD khususnya sketsa natural yaitu suatu sketsa tanpa banyak garis yang tak terlihat.

1.2. Rumusan masalah.

Dari uraian latar belakang yang telah dikemukakan diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang timbul dalam usaha menciptakan sebuah *polyhedron* dari sebuah sketsa natural yaitu :

- a. Bagaimanakah membuat *polyhedron* dari sebuah sketsa natural?
- b. Berapa banyak elemen (garis, sudut, titik temu, dan lain-lainnya) tidak terlihat yang terbentuk?

1.3. Batasan masalah.

Penelitian ini memiliki batasan batasan yaitu :

- a. Obyek adalah sebuah tetrahedral *polyhedron*.
- b. Obyek merupakan bentuk model 3D yang solid.
- c. Obyek hanya memiliki satu sudut pandang, sudut pandang yang digunakan adalah yang paling komplek .
- d. Dimensi objek (panjang, lebar dan tinggi) tidak diperhitungkan.

1.4. Tujuan penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah *polyhedron* yang dapat digunakan di dalam CAD, sebagai sebuah model 3D solid yang valid dengan meminimalkan

bagian yang tak terlihat. Sehingga *polyhedron* yang dihasilkan dapat diproses lebih lanjut.

1.5. Manfaat penelitian.

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk :

- a. Mengembangkan khasanah ilmu pengetahuan khususnya pada ruang lingkup CAD/CAM geometri desain.
- b. Menyelesaikan permasalahan yang selama ini terjadi dalam usaha membuat sebuah *polyhedron* dari sebuah natural sketsa.
- c. Membangun *polyhedron* dari sketsa natural agar dapat diproses lebih lanjut.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk lebih terstruktur penulisan tugas akhir ini maka selanjutnya sistematika penulisan ini disusun sebagai berikut :

Bab II KAJIAN PUSTAKA

Berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian. Disamping itu juga memuat uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN.

Mengandung uraian tentang, kerangka dan bagan alir penelitian, teknik yang dilakukan, model yang dipakai, pembangunan dan mengembangkan model, bahan atau materi, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai.

Bab IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.

Pada bab ini berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Yang dimaksud dengan pengolahan data juga termasuk analisis yang dilakukan terhadap hasil yang diperoleh. Pada bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada bab V yaitu pembahasan hasil.

Bab V PEMBAHASAN.

Melakukan pembahasan hasil yang diperoleh dalam penelitian, dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian. Sehingga dapat menghasilkan sebuah rekomendasi.

Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan direkomendasikan atau saran-saran atas hasil yang dicapai dan permasalahan yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian lanjutan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Usaha untuk menciptakan sebuah *polyhedron* dari sebuah sketsa natural telah dihasilkan bermacam-macam teori, dan interpretasi dengan berbagai macam metode penyelesaian. Salah satu teorinya dikemukakan oleh Wang dan Grimsten (1993). Mereka menjelaskan dan menilai tujuh belas pendekatan untuk menerjemahkan gambar 2D sebagai objek 3D. Selanjutnya mereka melakukan klasifikasi dari rekonstruksi obyek 3D dari 2D yang berupa gambar proyeksi garis. Dengan menggunakan dasar klasifikasi pada jumlah dari tampilan 2D pada objek 3D solid, tingkatan kebutuhan dari interaksi pengguna untuk rekonstruksi yang benar serta representasi internal yang digunakan di dalam proses rekonstruksi.

Sebelum itu terdapat penelitian yang dilakukan oleh Clowes (1971) dan Huffman (1971) dengan menggunakan metode pelabelan garis. Metode pelabelan garis adalah sebuah metode yang memberikan label pada setiap garis, dan seluruh kumpulan label yang ada dapat digunakan dengan asumsi awal yang telah lebih dahulu ditetapkan. Baik Clowes (1971) maupun Huffman (1971) mereka lebih tertarik pada masalah apakah sebuah gambar garis mempunyai sebuah interpretasi *polyhedral* daripada mencari interpretasi yang paling baik.

Waltz (1975) memperluas “pelabelan garis” Clowes-Huffman sehingga dapat digunakan untuk menginterpretasikan bayangan dan celah. Ini berguna untuk memproses gambar yang dihasilkan dari kamera, tetapi kurang berguna untuk interpretasi gambar sketsa tangan.

Nagendra dan Gujar (1988) menemukan 11 algoritma yang dilaporkan antara tahun 1973 dan 1984 untuk mengembalikan objek 3D dari tiga orthografi tampilan 2D (titik awal yang ideal). Tetapi pengembalian yang sempurna tidak selalu bisa dilakukan, sehingga penerapan dari metode ini sangat terbatas.

Lamb dan Bandopadhyay (1990) mengasumsikan permasalahan yang timbul sebagai masalah pemrosesan gambar pada tampilan komputer. Sehingga metode yang digunakan berdasar atas pemahaman yang baik atas hasil analisa gambar. Hasil tadi akan dikombinasikan dengan beberapa persepsi aturan untuk menggambarkan struktur 3D dari sebuah gambar garis 2D yang kasar. Mereka juga melaporkan adanya metode untuk menentukan topologi yang tidak terlihat, tetapi tidak menjelaskannya.

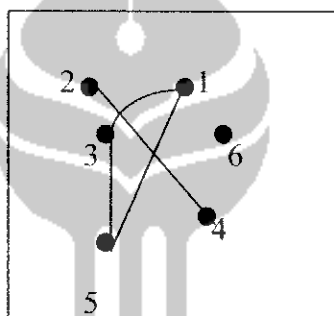
Hampir sebagian besar penelitian yang ada menggunakan metode pelabelan. Banyak peneliti yang telah mencoba mengembangkan metode ini sehingga metode pelabelan memiliki banyak versi. Dari semua versi pelabelan yang digunakan baik itu versi asli ataupun versi pengembangannya belum mampu memberikan sebuah solusi yang memuaskan. Hal ini dikuatkan juga oleh hasil penelitian Varley, et al.(2005) yang menyatakan bahwa metode pelabelan hanya menawarkan sedikit solusi saja untuk menyelesaikan masalah ini.

Sebuah kajian baru yang dimunculkan oleh Kyratzi dan Nickolas (2009) yang berdasarkan atas teori dari buku "*graph theory*" oleh Diestel (1997). Dengan mengkombinasikan teori dari "*graph theory*" dengan konsep pemodelan 3D solid dan geometri *Euclidean* maka didapatkan sebuah algoritma yang kokoh (*Robust algorithm*). Algoritma tersebut selanjutnya dikombinasikannya dengan analisa topologi yang mendetail dari sketsa natural yang digunakan. Serta menggunakan teknik untuk meminimalkan jumlah dari elemen tidak terlihat. Ketiga metode tersebut yang kemudian digunakan untuk membuat sebuah *polyhedron* dari sebuah sketsa natural.

Kajian inilah yang selanjutnya menjadi dasar dari penelitian ini, yaitu dengan mencoba menerapkannya pada obyek yang berbeda.

2.2. Teori grafik (*Graph Teory*)

Grafik (*graph*) adalah sepasang *vertex* (V) dan *edge* (E), dimana elemen E adalah elemen penghubung 2 elemen V . Elemen dari V adalah bagian puncak dari sebuah grafik yang berupa titik, sementara E adalah bagian tebing dari sebuah grafik yang berupa garis.



Gambar 2.1 Contoh dari sebuah Grafik

Gambar diatas merupakan contoh sebuah grafik dengan $V = 1, 2, 3, \dots, 6$ dengan $E = (1,3); (1,5); (3,5); (2,4)$.

Euler (1736) adalah seorang ilmuwan asal jerman yang pada tahun 1736 melakukan sebuah percobaan dengan berjalan berkeliling kota melalui semua jembatan yang ada di kota tersebut. Percobaan ini selanjutnya lebih dikenal dengan sebutan *euler tour*. Sebuah grafik yang terhubung disebut *eulerian* jika dan hanya jika setiap *vertex*nya memiliki tingkat yang genap.



Teori ini sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan multigraphs. Salah satu bentuk *multigraphs* adalah sketsa kerangka yang akan digunakan untuk membuat sebuah *polyhedron* dari sebuah sketsa natural.

Dalam teori grafik terdapat operasi yang digunakan untuk meminimalkan tampilan sebuah grafik. Operasi ini biasa disebut "*contraction*" dan "*deletion*" atau kadang orang menyebutnya sebagai operasi "*merger*" dan "*delete*". *Merger* atau penggabungan adalah operasi yang dilakukan untuk menghilangkan titik temu tidak terlihat yang tidak diinginkan dan memiliki derajat grafik 2. Operasi ini dilakukan dengan cara menggabungkan setiap titik tidak terlihat yang sesuai dengan syarat yang ada dengan titik lain yang ada disekitarnya. *Delete* atau penghapusan adalah operasi untuk menghilangkan daerah *n*-angular (dengan $n > 3$), dimana daerah yang dihilangkan merupakan daerah yang sepenuhnya tidak terlihat (*fully hidden regions*). Kedua operasi ini sangat berguna untuk proses meminimal jumlah elemen tidak terlihat dari sebuah sketsa kerangka.

2.3. *Polyhedron* dan Sketsa Natural

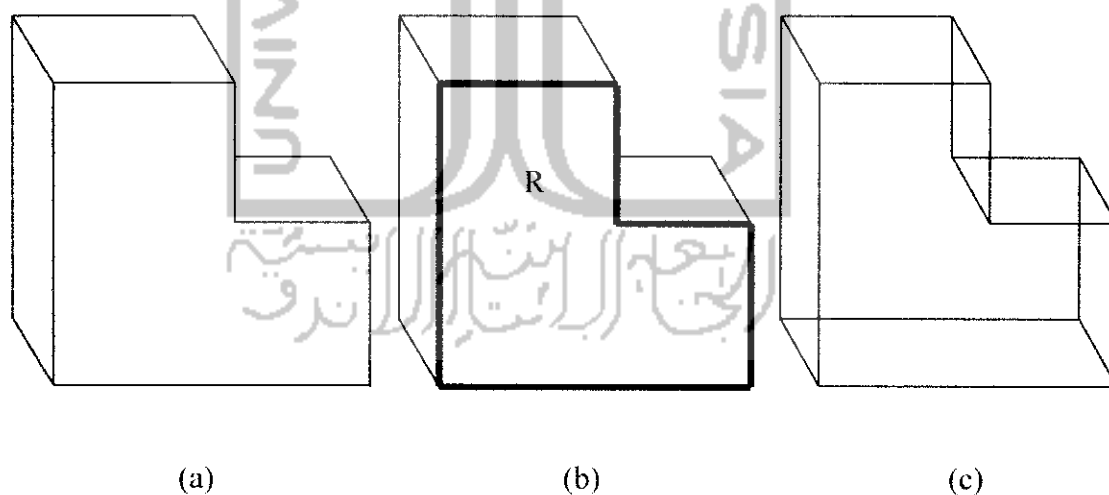
Polyhedron merupakan sebuah obyek geometri yang solid dengan permukaan yang datar dan ujung yang lurus. Sebuah *polyhedron* dapat dibentuk dari berbagai macam elemen, dimana pada masing-masing elemen diasosiasikan dengan berbagai jenis dimensi, yaitu :

- a) 3D: Bagian tubuhnya dibatasi oleh bagian mukanya.
- b) 2D: Mukanya berbentuk *Polygon* yang dikelilingi sebuah rangkaian (*Circuit*) sudut dan memiliki daerah yang datar (*Flat*) didalam wilayahnya.
- c) 1D: Gabungan dari sebuah *Edge* dan sebuah *Vertex*, dimana keduanya saling berhadap-hadapanan.

d) 0D: Sebuah *Vertex* sebagai sebuah sudut poin.

Karakter dasar dari hampir semua jenis *polyhedra* adalah dua muka bergabung sepanjang sudut yang sama. Ini memastikan bahwa permukaan *polyhedral* selalu terhubung dan tidak berakhir secara kasar atau terpisah ke arah yang berbeda. Sebuah *polyhedron* adalah sebuah contoh 3D dari bentuk umum sebuah *polytope* dalam berbagai macam dimensi.

Sketsa natural adalah sebuah sketsa tanpa banyak elemen yang tak terlihat seperti terlihat pada Gambar 2.2 (a). Dari sebuah sketsa natural selalu terdapat sebuah bidang yang menjadi area terlihatnya, seperti bidang *R* pada Gambar 2.2. (b). Pada setiap sketsa natural memiliki sketsa kerangka yang merupakan sebuah sketsa natural dengan menampilkan elemen tidak terlihatnya. Seperti terlihat pada Gambar 2.2 (c).



Gambar 2.2(a). Sketsa natural, (b). Area dari natural sketsa, (c). Sketsa kerangka

Dari ketiga gambar diatas dapat dibedakan mana yang merupakan sebuah sketsa natural dan mana yang merupakan sketsa kerangka. Serta dapat diketahui manakah daerah yang merupakan daerah terlihat dan mana daerah yang tidak terlihat.

Biasanya sketsa kerangka yang terbentuk selalu memiliki banyak elemen tidak terlihat, karena ini sangat bergantung pada penilaian dari masing-masing individu. Elemen tidak terlihat yang timbul menjadi sesuatu yang tidak diinginkan, elemen inilah yang dapat diminimalkan. Elemen yang termasuk kedalamnya adalah elemen yang tidak memiliki hubungan secara langsung dengan daerah yang terlihat.



BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan sesuai dengan peta alir yang telah dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

3.1. Identifikasi Masalah

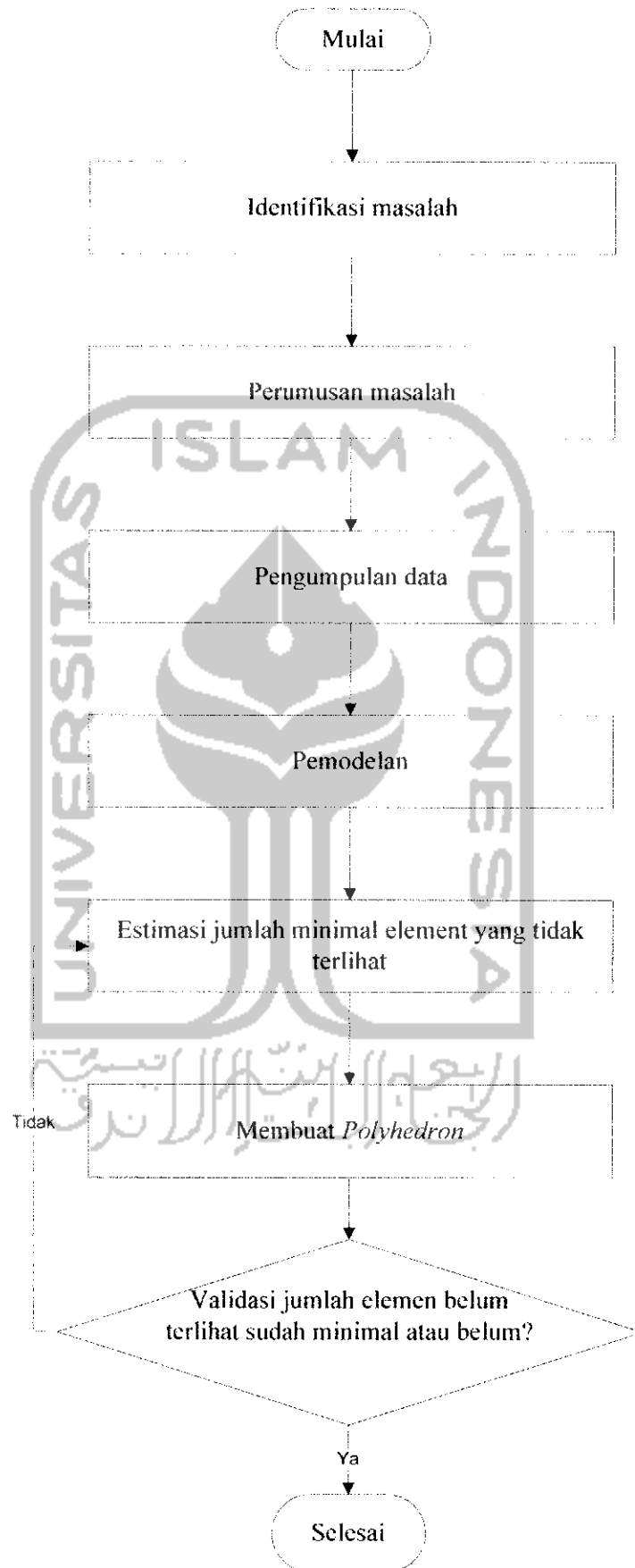
Mengidentifikasi masalah yang timbul dalam membuat sebuah *polyhedron* dari sebuah sketsa natural. *Polyhedron* yang dihasilkan harus valid dan bersifat natural. Selama ini permasalahan yang timbul telah dipandang secara keliru, yaitu dipandang sebagai masalah "*image processing*" atau "*computer vision*". Penelitian ini mencoba untuk keluar dari pandangan yang keliru tersebut.

3.2. Perumusan Masalah

Merumuskan masalah yang dihadapi hasil dari proses identifikasi masalah yang telah dilakukan. Dari identifikasi masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi dan akan diselesaikan secara lebih spesifik pada bab IV.

3.3. Pengumpulan Data.

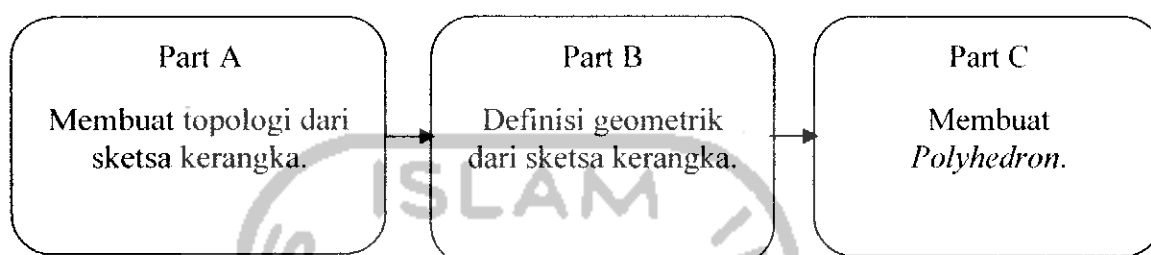
Dalam penelitian ini data didapat dari 6 model sketsa natural yang digunakan sebagai obyek penelitian. Selain itu data juga diperoleh dari input para pakar berupa model matematis yang telah dihasilkan dari penelitian sebelumnya.



Gambar 3.1 Peta Alir Penelitian.

3.4. Pemodelan

Untuk membuat sebuah *Polyhedron* terdapat tiga tahapan yang memiliki bentuk skema pemodelan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema pemodelan penelitian.

Dasar teori dari pemodelan diatas yaitu :

- Teori 1 Garis dan titik temu dari sebuah $L-I/L-T$ terdapat pada bagian tidak terlihat yang sama dari sketsa kerangka.
- Teori 2 Jumlah dari titik temu L dari sebuah sketsa natural adalah genap/ganjil, jika dan hanya jika jumlah dari titik temu pada sketsa natural itu genap /ganjil.
- Teori 3 Jumlah titik temu di dalam sebuah sketsa natural adalah genap/ganjil, jika dan hanya jika jumlah dari titik temu yang tidak terlihat di dalam sketsa kerangka yang dihasilkan adalah genap/ganjil
- Teori 4 Jumlah dari garis yang tidak terlihat (L_h) dan titik temu yang tidak terlihat (J_h) di dalam sebuah sketsa kerangka S yang berasal dari sebuah sketsa natural (S_v) adalah:

$$L_h = (3J_h + 2N_T + N_L) / 2$$

dimana N_T / N_L mewakili jumlah titik temu T dan L dari S_v .

- Teori 5 Jumlah dari $3J_h + 2N_T + N_L$ adalah selalu sama.
- Teori 6 Pada waktu nilai dari k naik maka L_h , J_h dan R_h juga naik.

- Teori 7 Jika k mengambil nilai integer terkecil sesuai dengan persamaan

$$k \begin{cases} \frac{2N_{HR} - \Gamma - 2A}{2}, & \text{jika } J_v \text{ berjumlah genap.} \\ \frac{2N_{HR} - \Gamma - 2A - 1}{2}, & \text{jika } J_v \text{ berjumlah ganjil.} \end{cases}$$

maka L_h , J_h dan R_h juga berada pada nilai terkecilnya.

Keterangan :

A : persamaan dari $L_v - J_v - R_v + 2$.

J_v : jumlah dari titik temu yang terlihat.

N_{HR} : jumlah daerah yang tidak terlihat yang terhubung dengan daerah dari sketsa natural.

Γ : persamaan dari $2N_l + N_l$.

3.5. Estimasi Jumlah Elemen Tidak Terlihat.

Mencari estimasi jumlah elemen tidak terlihat yang mungkin terbentuk pada *Polyhedron* yang dihasilkan. Menggunakan model matematis yang didapatkan dari peneliti sebelumnya (Kyratzi dan Spidis, 2009) untuk menghitung jumlah elemen tidak terlihat yang terbentuk. Sekaligus dapat digunakan untuk mencari jumlah minimal dari elemen tersebut. Hasil dari perhitungan model matematis digunakan untuk menguji apakah *Polyhedron* yang dihasilkan sudah benar.

3.6. Membuat *Polyhedron* dari Sketsa Natural.

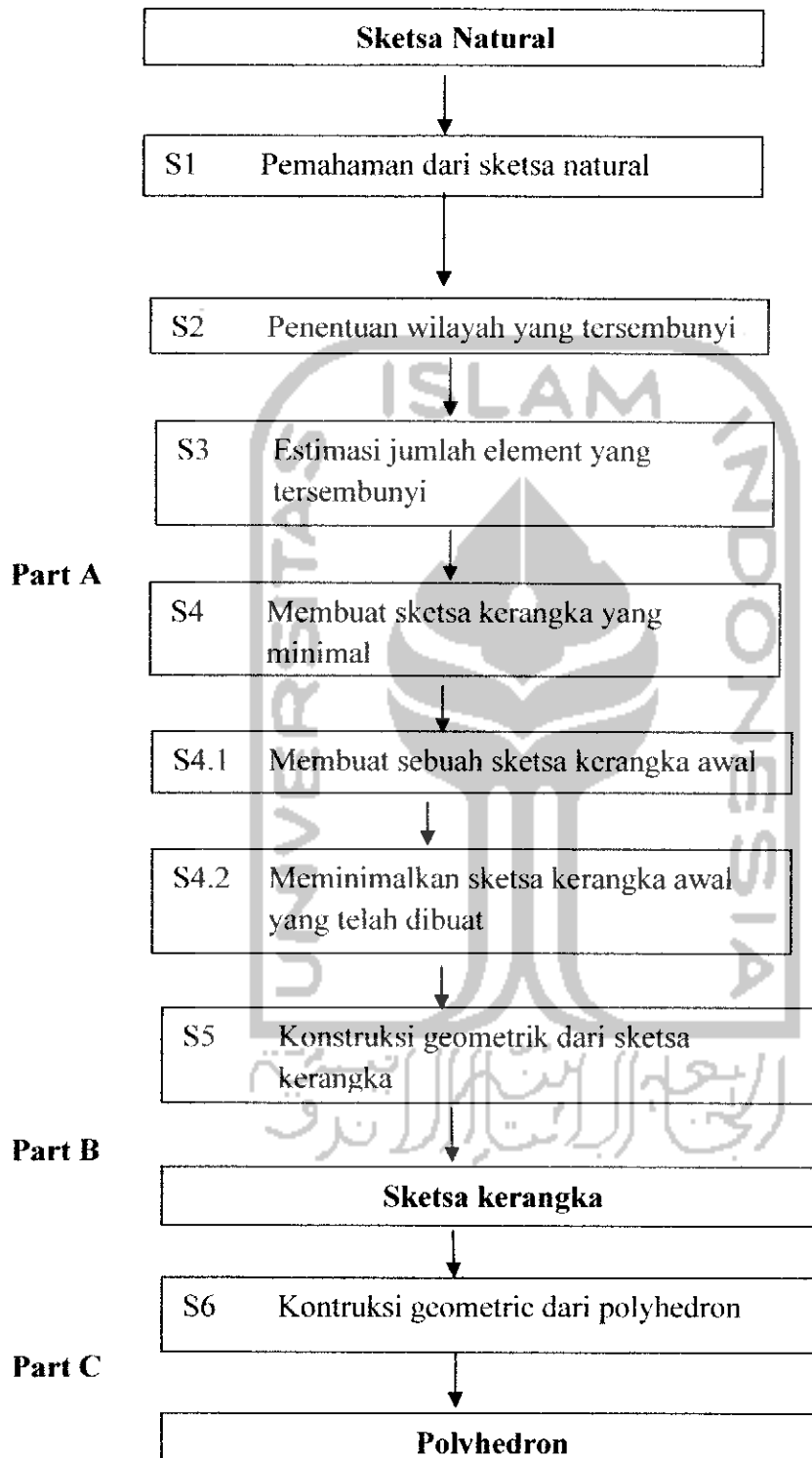
Membuat *Polyhedron* menggunakan *AutoCAD 2008* yang dikombinasikan dengan *Graph Theory* serta asas geometri dari *Polyhedron*. Prosesnya diawali dengan menentukan bagian tidak terlihat dari sketsa natural. Kemudian membuat sketsa

kerangka awal, selanjutnya meminimalkan jumlah elemen tidak terlihatnya. Diakhiri dengan terciptanya sketsa kerangka dari *Polyhedron* yang terbentuk, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.

3.7. Validasi *Polyhedron* yang Dihasilkan.

Polyhedron yang dihasilkan selanjutnya akan divalidasi dengan menggunakan hasil perhitungan model matematis yang telah didapat. Dari proses validasi ini akan diketahui apakah *Polyhedron* yang dihasilkan sudah memiliki jumlah elemen tidak terlihat yang minimal. Sebagai syarat supaya *Polyhedron* yang dihasilkan memiliki sifat yang natural dan valid.





Gambar 3.3. Diagram Alir Proses Pembuatan *Polyhedron* dari Sebuah Sketsa Natural.

BAB IV

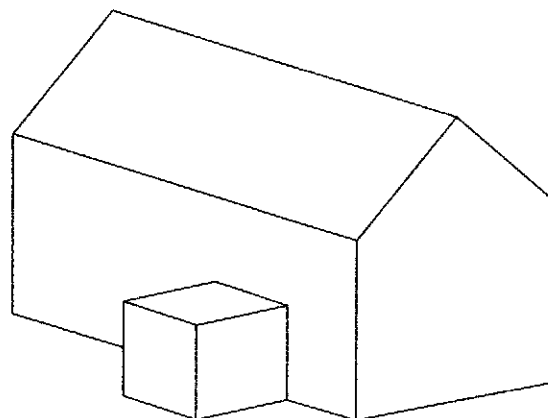
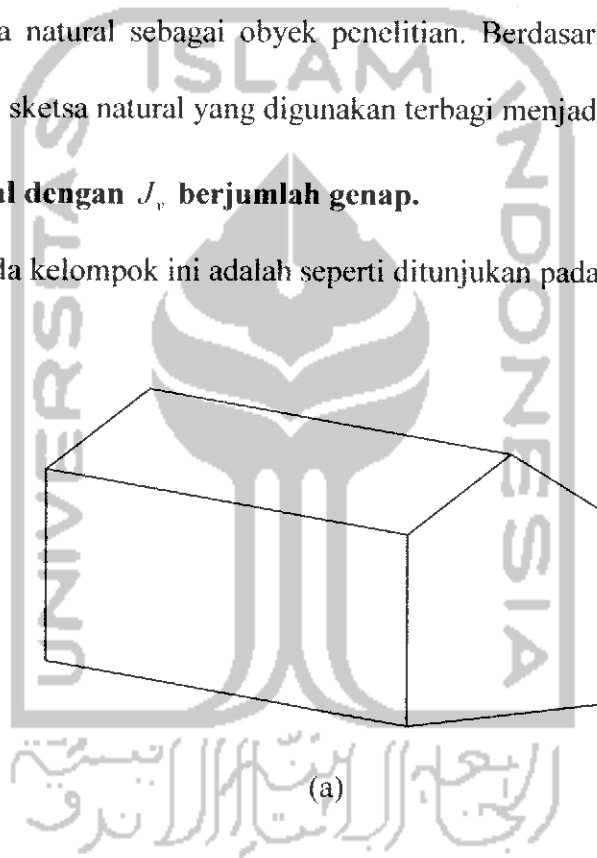
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Pengumpulan Data

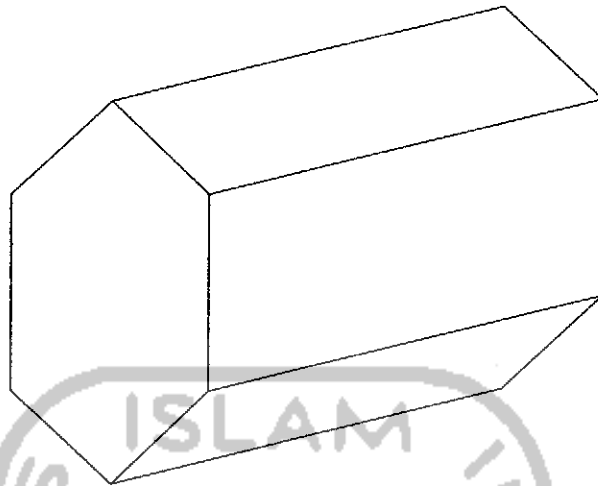
Untuk menguji algoritma yang digunakan maka pada penelitian ini akan digunakan enam buah sketsa natural sebagai obyek penelitian. Berdasarkan jumlah titik temu yang terlihat (J_v) sketsa natural yang digunakan terbagi menjadi dua kelompok, yaitu:

a. Sketsa natural dengan J_v berjumlah genap.

Sketsa natural pada kelompok ini adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



(b)

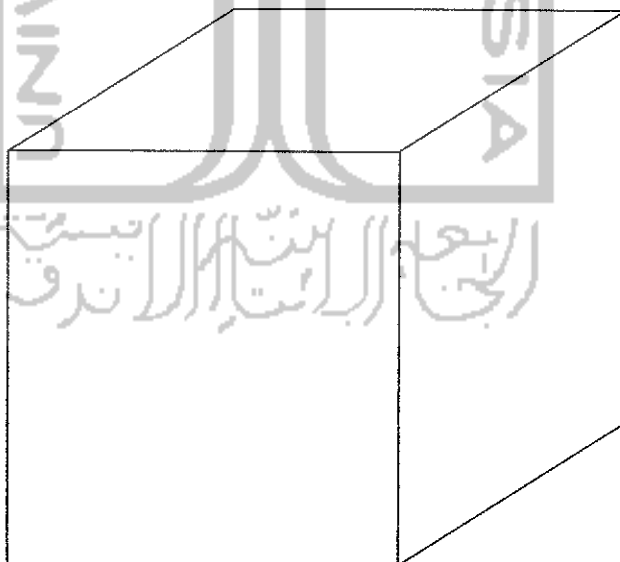


(c)

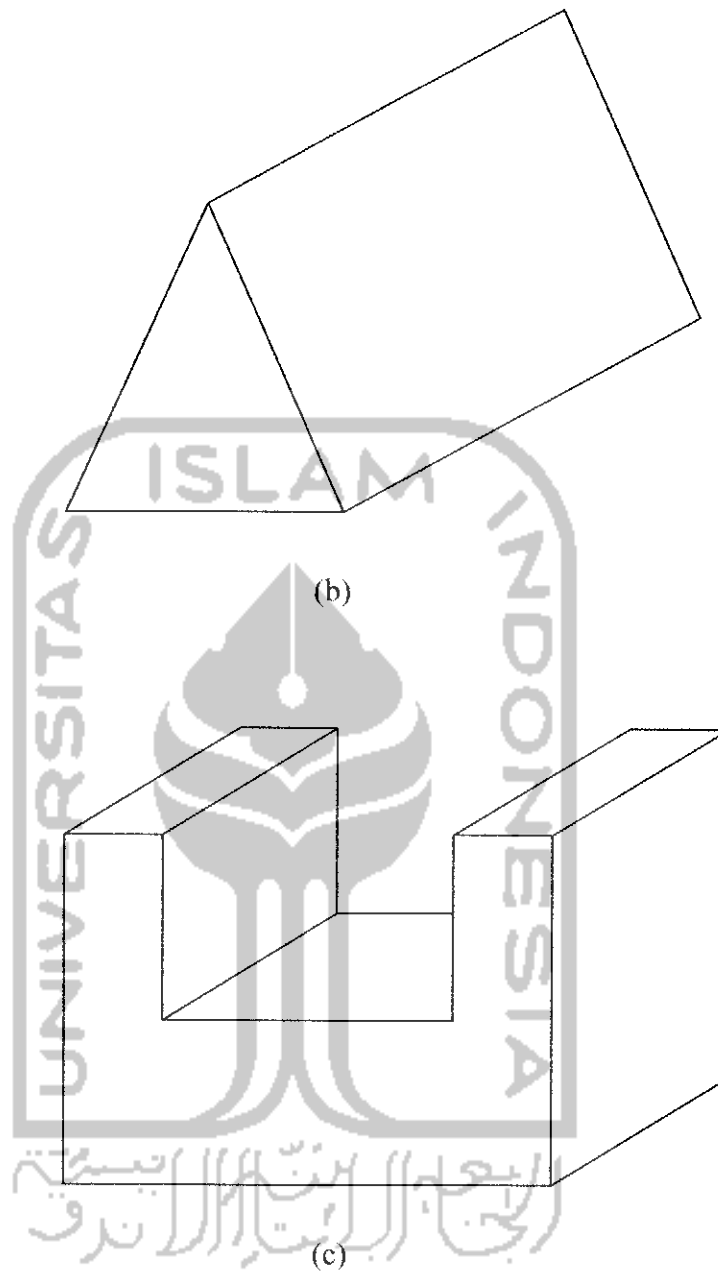
Gambar 4.1 (a) Sketsa natural 1 (b) Sketsa natural 2 dan (c) Sketsa natural 3.

b. Sketsa natural dengan J_v berjumlah ganjil.

Sketsa natural pada kelompok ini adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



(a)



Gambar 4.2 (a) Sketsa natural 4 (b) Sketsa natural 5 dan (c) Sketsa natural 6.

4.2. Mencari Estimasi Jumlah Minimal Elemen yang Tidak Terlihat

Pada penelitian ini digunakan model matematik yang telah ditemukan oleh peneliti sebelumnya (Kyratzi dan Sapidis). Dengan menggunakan algoritma yang didapatkan pada penelitian sebelumnya dapat diketahui jumlah minimal elemen yang tidak terlihat dari *polyhedron* yang akan dibuat. Selanjutnya jumlah minimal elemen yang telah

didapatkan akan digunakan sebagai acuan sekaligus pembanding untuk membuat sebuah *polyhedron*, sehingga akan didapatkan sebuah *polyhedron* yang solid dan valid. Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam mencari nilai minimal dari jumlah elemen tidak terlihat adalah sebagai berikut:

Langkah 1 mencari persamaan dari N_T dan N_L . (Γ).

$$\Gamma = 2N_T + N_L$$

dengan, :

- N_T adalah jumlah titik temu T dari sketsa natural.
- N_L adalah jumlah titik temu L dari sketsa natural.

Langkah 2 mencari persamaan dari L_v , J_v dan R_v . (A).

$$A = L_v - J_v - R_v + 2$$

dengan, :

- L_v adalah jumlah garis yang terlihat pada sketsa natural.
- J_v adalah jumlah titik temu yang terlihat pada sketsa natural.
- R_v adalah jumlah daerah (*region*) yang terlihat pada sketsa natural.

Langkah 3 mencari nilai konstanta (k).

$$k \begin{cases} \frac{2N_{HR} - \Gamma - 2A}{2}, & \text{jika } J_v \text{ berjumlah genap.} \\ \frac{2N_{HR} - \Gamma - 2A - 1}{2}, & \text{jika } J_v \text{ berjumlah ganjil.} \end{cases}$$

dengan, :

- N_{HR} adalah jumlah daerah yang tidak terlihat yang terhubung dengan sketsa natural.

Langkah 4 mencari jumlah titik temu yang tidak terlihat (J_h).

$$J_h = 2k, \quad \text{jika } J_v \text{ berjumlah genap.}$$

$$J_h = 2k + 1, \quad \text{jika } J_v \text{ berjumlah ganjil.}$$

Langkah 5 mencari jumlah garis yang tidak terlihat (L_h).

$$L_h = (3J_h + 1)/2$$

Langkah 6 mencari jumlah daerah (*region*) yang tidak terlihat (R_h).

$$R_h = \frac{(3J_h + \Gamma + 2A)}{2}$$

Estimasi jumlah minimal elemen yang tidak terlihat dari sketsa natural yang digunakan dengan menggunakan 6 langkah yang telah disebutkan diatas. Dengan satu ketentuan apabila dihasilkan solusi lebih dari satu maka akan dipilih volume yang paling besar. Kedua kelompok sketsa natural akan dihitung sesuai dengan urutan langkah yang digunakan. Sebelumnya menghitung jumlah elemen terlihat dari masing masing sketsa, yang akan digunakan sebagai *input* dalam model matematik yang digunakan. Hasil yang didapatkan dari dua kelompok sketsa natural yang digunakan tertuang dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.1. Sketsa natural dengan J_v berjumlah genap.

| Objek | Sketsa Natural | | | | | | | | | Jumlah Minimal | | |
|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|----------|-----|----------------|-------|-------|
| | J_v | L_v | R_v | N_T | N_L | N_{HR} | A | Γ | k | J_h | L_h | R_h |
| 1 | 8 | 10 | 3 | 0 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | 5 | 4 |
| 2 | 16 | 20 | 6 | 1 | 6 | 5 | 0 | 8 | 1 | 2 | 7 | 5 |
| 3 | 10 | 13 | 4 | 0 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | 5 | 4 |

Tabel 4.2 Sketsa natural dengan J_v berjumlah ganjil

| Objek | Sketsa Natural | | | | | | | | | Jumlah Minimal | | |
|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|----------|-----|----------------|-------|-------|
| | J_v | L_v | R_v | N_T | N_L | N_{HR} | A | Γ | k | J_h | L_h | R_h |
| 4 | 7 | 9 | 3 | 0 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 3 |
| 5 | 5 | 6 | 2 | 0 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 3 |
| 6 | 15 | 19 | 6 | 1 | 5 | 4 | 0 | 7 | 0 | 1 | 5 | 4 |

Keterangan :

J_v : Jumlah titik temu yang terlihat dari sketsa natural.

L_v : Jumlah garis yang terlihat dari sketsa natural.

R_v : Jumlah daerah yang terlihat dari sketsa natural.

N_T : Jumlah titik temu T dari sketsa natural.

N_L : Jumlah titik temu L dari sketsa natural.

N_{HR} : Jumlah daerah yang tidak terlihat yang terhubung dengan sketsa natural.

J_h : Estimasi jumlah titik temu yang tidak terlihat dari *polyhedron*.

L_h : Estimasi jumlah garis yang tidak terlihat dari *polyhedron*.

R_h : Estimasi jumlah daerah yang tidak terlihat dari *polyhedron*.

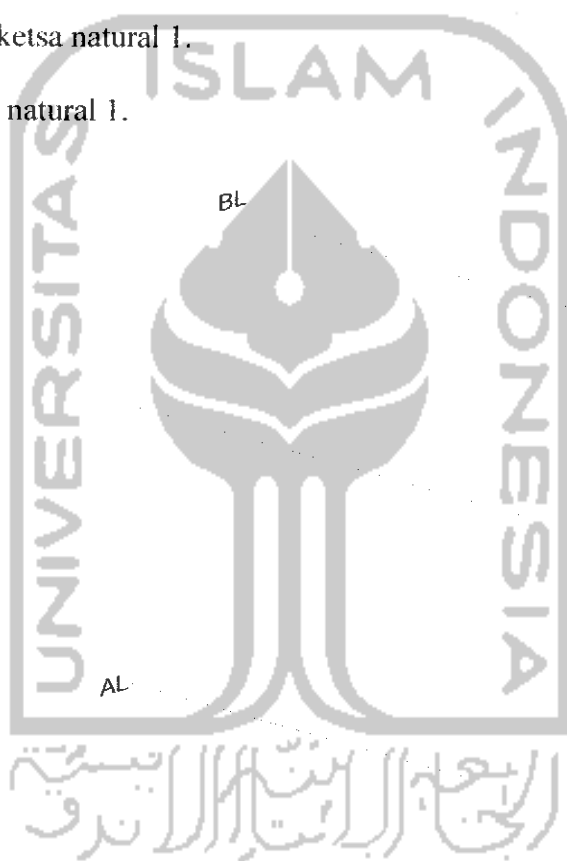
4.3. Membuat *Polyhedron* dari Sketsa Natural yang Digunakan.

Dari sketsa natural yang ada dibuat sebuah sketsa kerangka awal berdasarkan hasil analisa dari elemen $L-L$ dan $L-T$ dari sketsa natural tersebut. Selanjutnya dari sketsa kerangka awal yang terbentuk akan diminimalkan jumlah elemen yang tidak

terlihatnya, dengan menggunakan prosedur "*Merger*" dan "*Delete*" yang ada dalam teori grafik (*grap Theory*). Sehingga akan didapatkan sebuah sketsa kerangka dengan jumlah elemen yang tidak terlihat dengan jumlah terkecil. Hasil yang ada akan divalidasi dengan menggunakan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendapatkan sebuah *polyhedron* yang valid dan solid. Langkah-langkah ini diuraikan sebagai berikut, :

A. Operasi pada sketsa natural 1.

a) Bentuk sketsa natural 1.

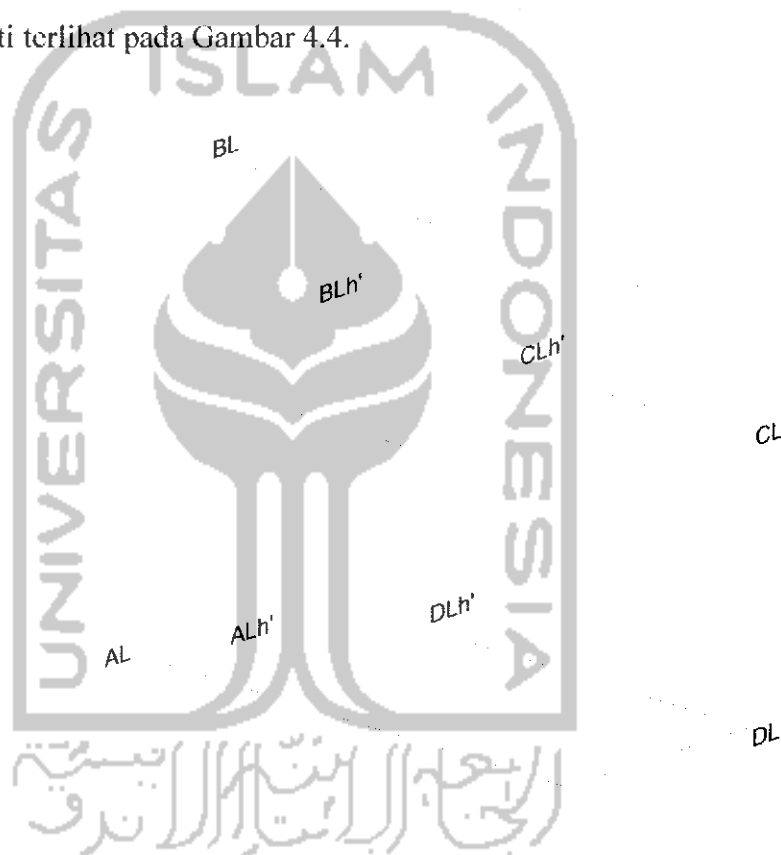


Gambar 4.3 Letak *L-L* pada Sketsa Natural 1.

Pada gambar diatas ditunjukkan sebuah sketsa natural yang memiliki 4 titik (elemen) *L-L* dan tidak memiliki titik (elemen) *L-T*. Selanjutnya pada setiap titik yang merupakan titik *L-L* diberi notasi *AL*, *BL*, *CL* dan *DL*. Dengan menentukan dimana titik *L-L* dan *L-T* dari sketsa natural dapat ditentukan daerah yang tidak terlihat dari sketsa natural tersebut.

b) Memberi garis bantu pada setiap titik $L-L$ dan $L-T$.

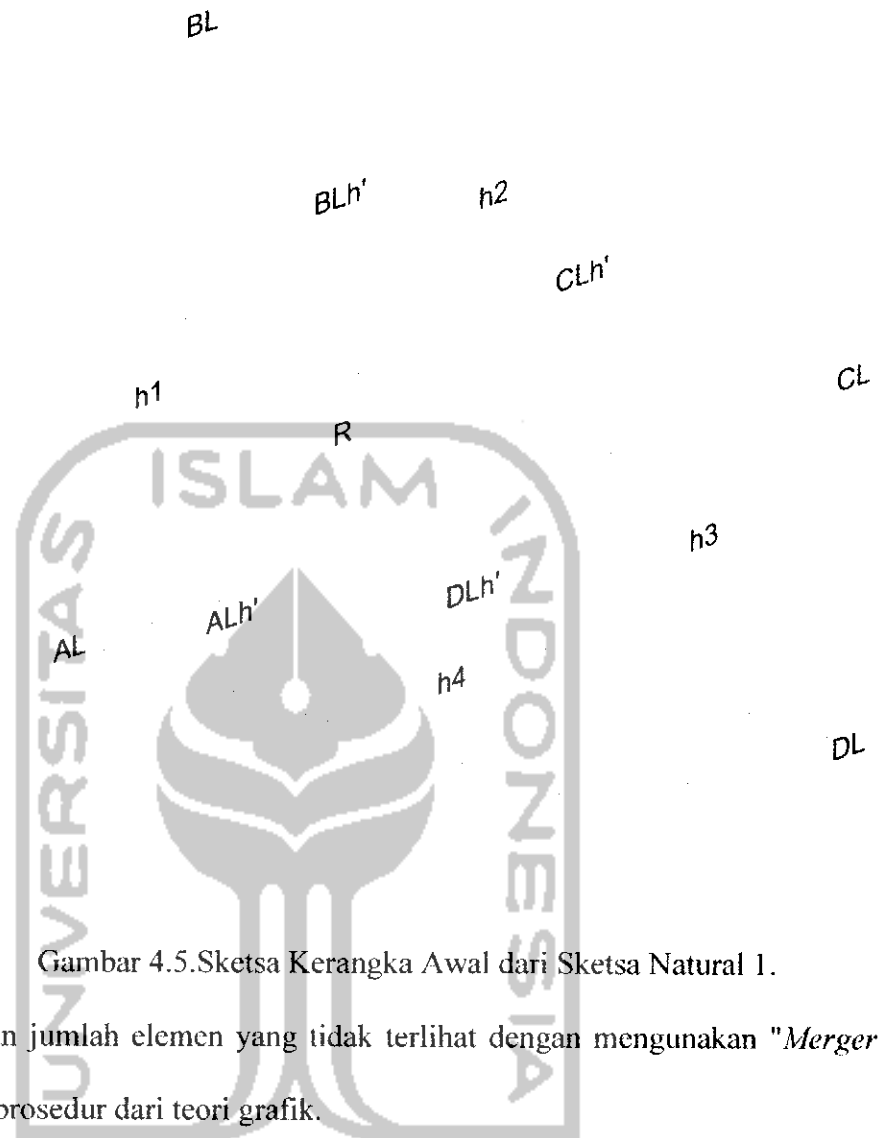
Untuk setiap titik $L-L$ yang ada diberi satu garis bantu dengan panjang dan arah garis tidak ditentukan, tetapi masih berada didalam sketsa natural tersebut. Sedangkan untuk setiap titik $L-T$ diberi dua garis bantu. Karena pada sketsa natural A hanya terdapat empat buah titik $L-L$, maka hanya akan digunakan empat buah garis bantu. Selanjutnya garis bantu yang ada diberi notasi ALh' (AL), BLh' (BL), CLh' (CL) dan DLh' (DL), seperti terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Garis Bantu pada Sketsa Natural 1.

c) Menghubungkan garis bantu yang ada sehingga didapatkan sketsa kerangka awal.

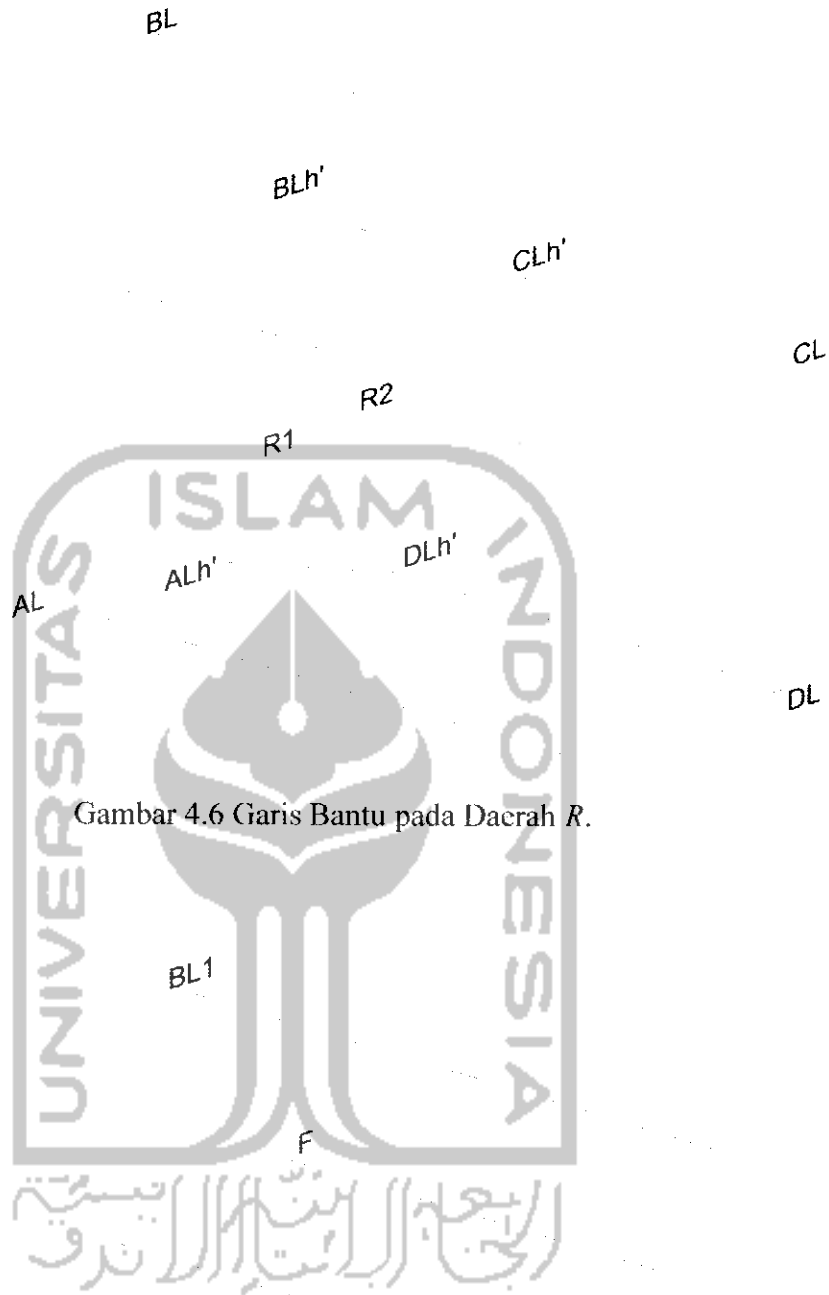
Dari masing masing garis bantu yang ada kemudian saling dihubungkan, sehingga akan didapatkan bentuk sketsa kerangka awal. Operasi kali ini dihasilkan sebuah daerah baru yang disebut daerah yang sangat tidak terlihat (*totally hidden area*) yang diberi notasi R . Terdapat empat daerah yang tidak terlihat diberi notasi $h1$, $h2$, $h3$ dan $h4$. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



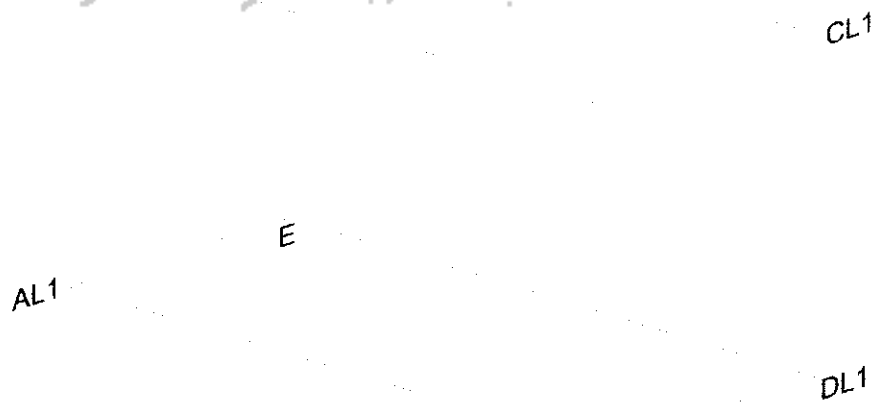
Gambar 4.5. Sketsa Kerangka Awal dari Sketsa Natural 1.

- d) Meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat dengan menggunakan "*Merger*" dan "*Delete*" prosedur dari teori grafik.

Untuk meminimalkan sketsa kerangka awal seperti diatas dapat dilakukan sebuah "*Delete*" prosedur. Langkah awal yang dilakukan dalam melakukan "*Delete*" prosedur adalah dengan membuat sebuah garis bantu yang akan membagi daerah R menjadi berbentuk dua buah segitiga. Selanjutnya daerah yang terbentuk diberi notasi $R1$ dan $R2$ seperti terlihat pada Gambar 4.6. Pada daerah $R1$ dan $R2$ dilakukan "*Delete*" prosedur dengan menghilangkan daerah $R1$ dan $R2$. Sehingga akan dihasilkan sebuah garis baru yang diberi notasi EF seperti terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Garis Bantu pada Daerah R.



Gambar 4.7 Hasil Operasi Delete pada R.

e) Bentuk sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan.

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa jumlah elemen yang tidak terlihat yang dihasilkan telah mendekati estimasi jumlah yang diharapkan. Sehingga sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan dari sketsa natural 1 akan berbentuk seperti pada Gambar 4.8.

Dari semua langkah yang telah dilakukan akan didapatkan sebuah *polyhedron* yang berasal dari sketsa natural 1 yang solid dan valid. *Polyhedron* yang dihasilkan benar topologinya dan sesuai dengan asas geometri dari sebuah *polyhedron*



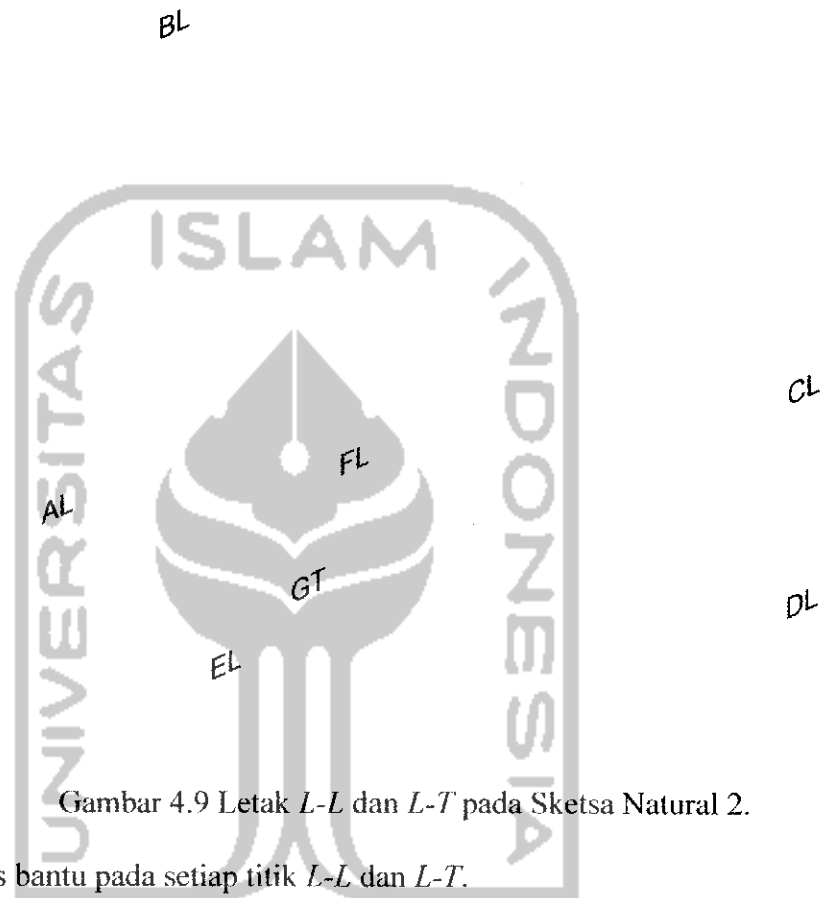
Gambar 4.8 Sketsa Kerangka *Polyhedron* yang Dihasilkan.

B. Operasi pada sketsa natural 2.

a) Bentuk sketsa natural 2.

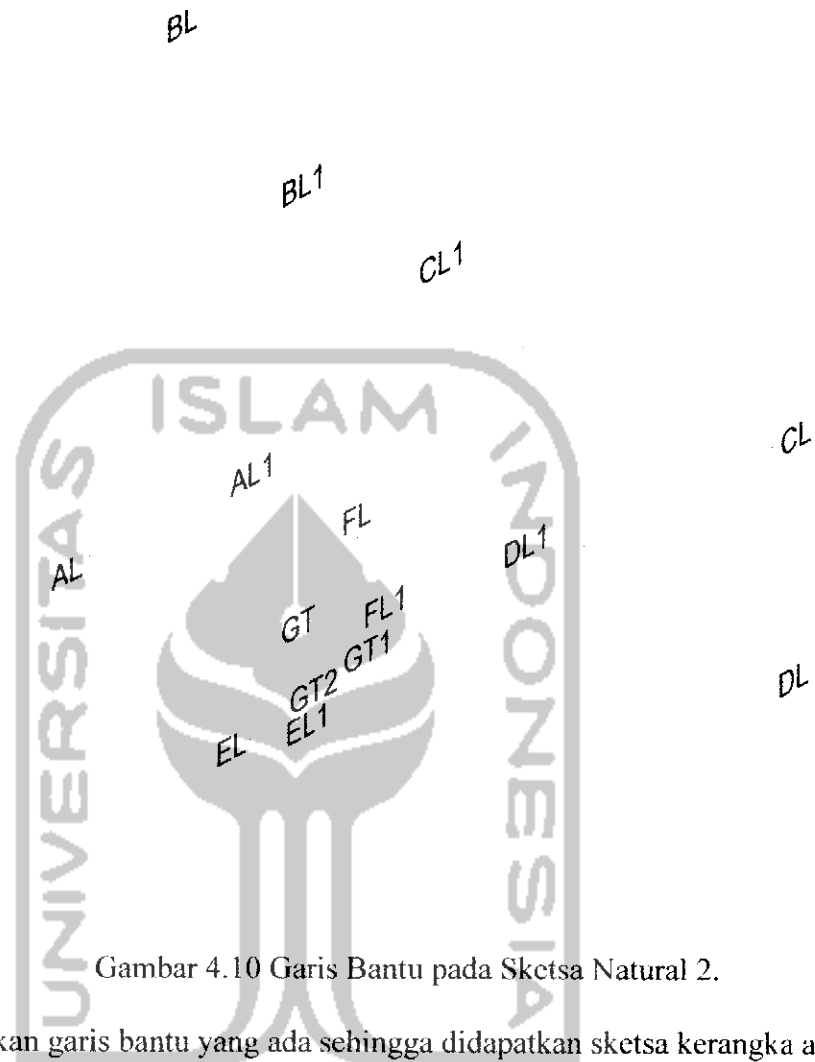
Pada Gambar 4.9 ditunjukkan sebuah sketsa natural yang memiliki 6 titik (elemen) *L-L* dan memiliki satu titik (elemen) *L-T*. Selanjutnya pada setiap titik yang merupakan titik *L-L* diberi notasi *AL*, *BL*, *CL*, *DL*, *EL* dan *FL*. Sementara titik *L-T* diberi notasi

GT. Dengan menentukan dimana titik *L-L* dan *L-T* dari sketsa natural dapat ditentukan daerah yang tidak terlihat dari sketsa natural tersebut.



b) Memberi garis bantu pada setiap titik *L-L* dan *L-T*.

Untuk setiap titik *L-L* yang ada diberi satu garis bantu dengan panjang dan arah garis tidak ditentukan, tetapi masih berada didalam sketsa natural tersebut. Sedangkan untuk setiap titik *L-T* diberi dua garis bantu. Pada sketsa natural 2 terdapat enam buah titik *L-L* dan satu titik *L-T*, maka akan digunakan delapan buah garis bantu. Garis bantu untuk titik *L-L* diberi notasi *ALI* (*AL*), *BLI* (*BL*), *CLI* (*CL*), *DLI* (*DL*), *ELI* (*EL*) dan *FLI* (*FL*). Sedangkan untuk titik *L-T* garis bantunya diberi notasi *GT1* dan *GT2*. Seperti terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Garis Bantu pada Sketsa Natural 2.

c) Menghubungkan garis bantu yang ada sehingga didapatkan sketsa kerangka awal.

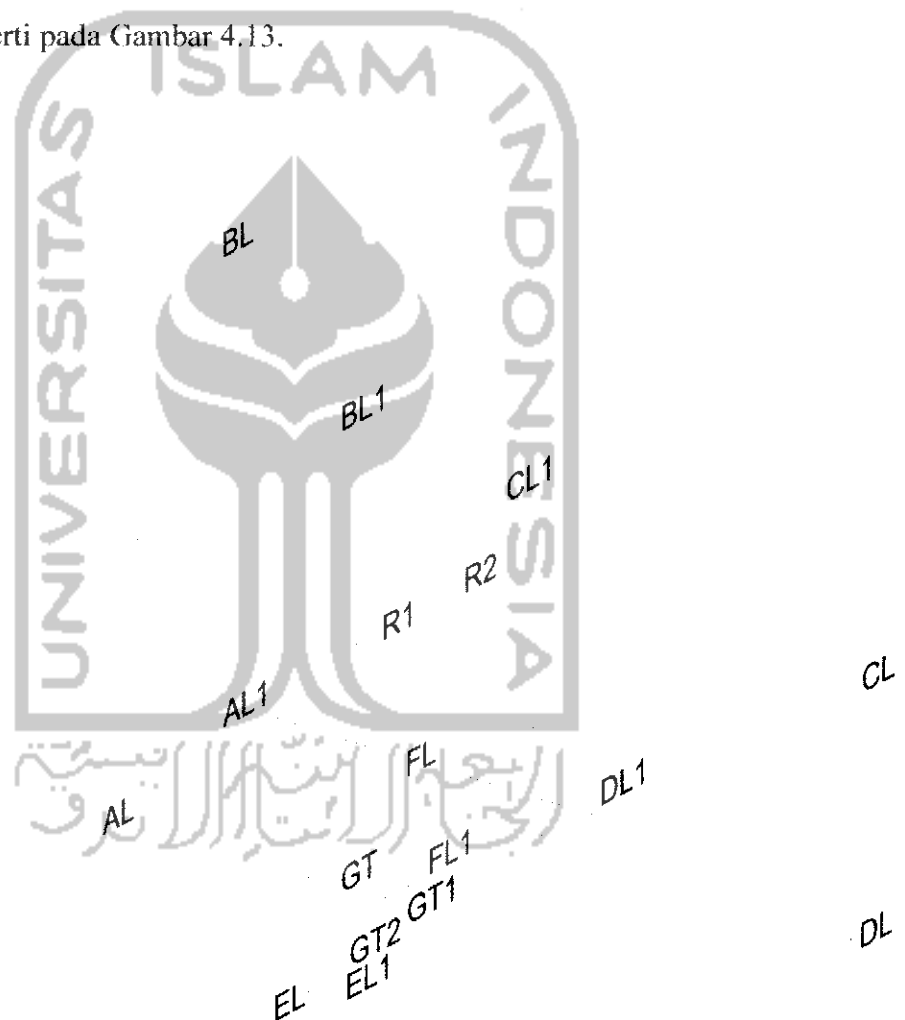
Dari masing masing garis bantu yang ada kemudian saling dihubungkan, sehingga akan didapatkan bentuk sketsa kerangka awal. Operasi kali ini dihasilkan sebuah daerah baru yang disebut daerah yang sangat tidak terlihat (*totaly hidden area*) yang diberi notasi R ($R1$ dan $R2$). Seperti yang terlihat pada Gambar 4.11.

d) Meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat dengan menggunakan "Merger" dan "Delete" prosedur dari teori grafik.

Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan operasi "Delete" pada bidang R ($R1$ dan $R2$), seperti yang dilakukan pada sketsa natural 1. Dengan menghilangkan daerah

$R1$ dan $R2$ akan didapatkan sebuah garis baru yang diberi notasi garis IH , seperti terlihat pada Gambar 4.12.

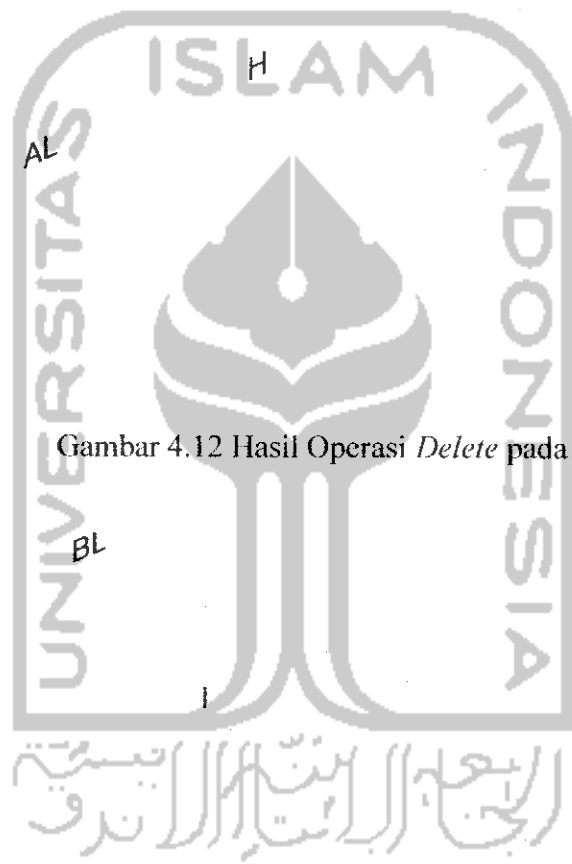
Sementara pada bagian yang terdapat unsur $L-T$ yaitu pada garis $FL-FL1-GT1-GT$ dan garis $GT-GT2-EL1-EL$ akan dilakukan operasi "Merger". Operasi ini dilakukan dengan menggabungkan titik $FL1$ dengan FL , $GT1$ dan $GT2$ dengan GT dan $EL1$ dengan EL . Sehingga akan didapatkan sebuah garis baru yaitu garis $FL-GT$ dan garis $GT-EL$. seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4.11 Sketsa Kcrangka Awal yang Terbentuk.

BL

I



Gambar 4.12 Hasil Operasi *Delete* pada R.

CL

DL

BL

I

CL

H

FL

AL

GT

DL

EL

Gambar 4.13 Hasil Operasi *Merger* .

e) Bentuk sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan.

Pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa jumlah elemen yang tidak terlihat yang dihasilkan telah mendekati estimasi jumlah yang diharapkan. Sehingga sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan dari sketsa natural 2 akan berbentuk seperti pada Gambar 4.14. Dari semua operasi yang telah dilakukan baik operasi *Merger* maupun *Delete* akan didapatkan sebuah *polyhedron* yang berasal dari sketsa natural B yang solid dan valid. *Polyhedron* yang dihasilkan juga benar secara topologi dan sesuai dengan asas geometri dari sebuah *polyhedron*.

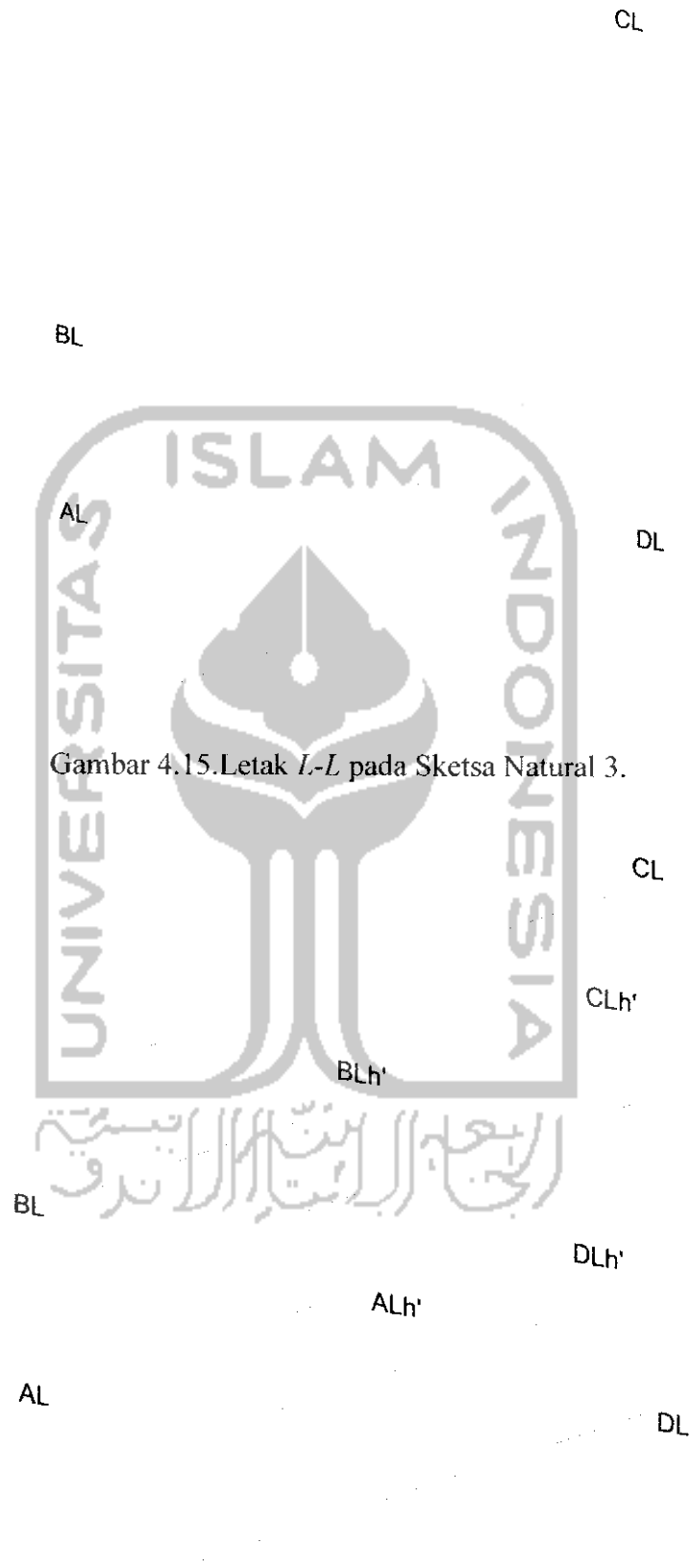


Gambar 4.14 Sketsa Kerangka *Polyhedron* yang Dihasilkan.

C. Operasi pada sketsa natural 3.

a) Bentuk sketsa natural 3.

Gambar 4.15 menunjukkan sebuah sketsa natural dengan 4 titik (elemen) *L-L* dan tidak memiliki titik (elemen) *L-T*. Pada setiap titik yang merupakan titik *L-L* diberi notasi *AL*, *BL*, *CL* dan *DL*. Dengan menentukan dimana titik *L-L* dan *L-T* dari sketsa natural dapat ditentukan daerah yang tidak terlihat dari sketsa natural tersebut.



Gambar 4.15. Letak *L-L* pada Sketsa Natural 3.

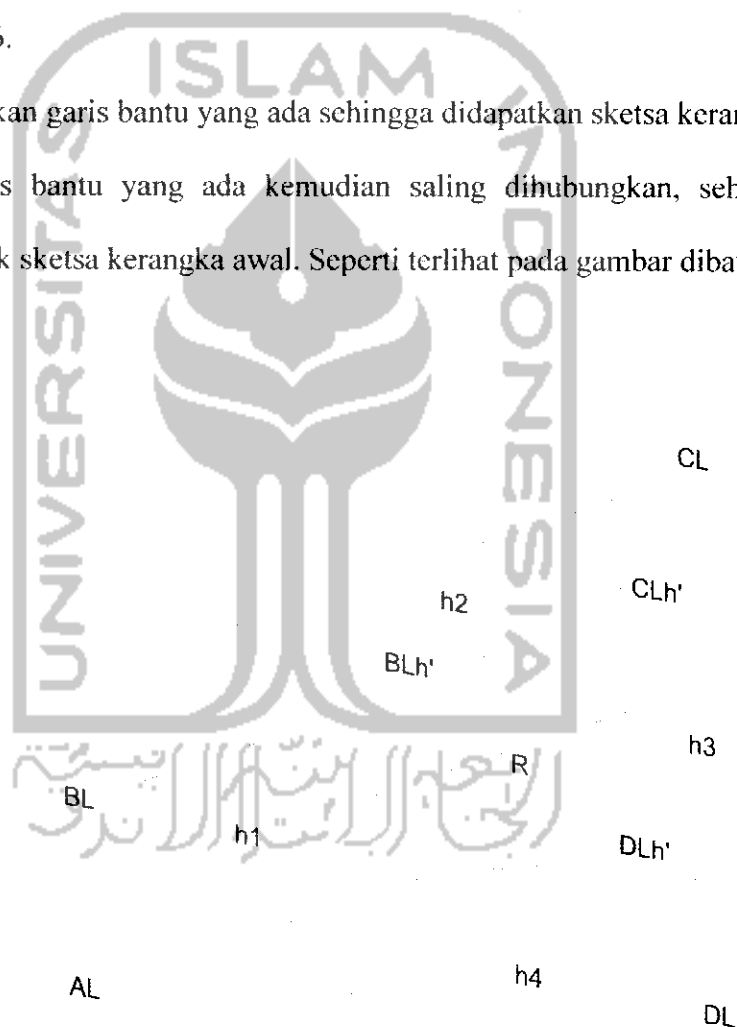
Gambar 4.16. Garis Bantu pada Sketsa Natural 3.

b) Memberi garis bantu pada setiap titik $L-L$ dan $L-T$.

Untuk setiap titik $L-L$ yang ada diberi satu garis bantu dengan panjang dan arah garis tidak ditentukan, tetapi masih berada didalam sketsa natural tersebut. Sedangkan untuk setiap titik $L-T$ diberi dua garis bantu. Pada sketsa natural C terdapat empat buah titik $L-L$, maka akan digunakan empat buah garis bantu. Garis bantu untuk titik $L-L$ diberi notasi Alh' (AL), BLh' (BL), CLh' (CL) dan DLh' (DL). Seperti terlihat pada gambar 4.16.

c) Menghubungkan garis bantu yang ada sehingga didapatkan sketsa kerangka awal.

Pada setiap garis bantu yang ada kemudian saling dihubungkan, sehingga akan didapatkan bentuk sketsa kerangka awal. Seperti terlihat pada gambar dibawah ini.

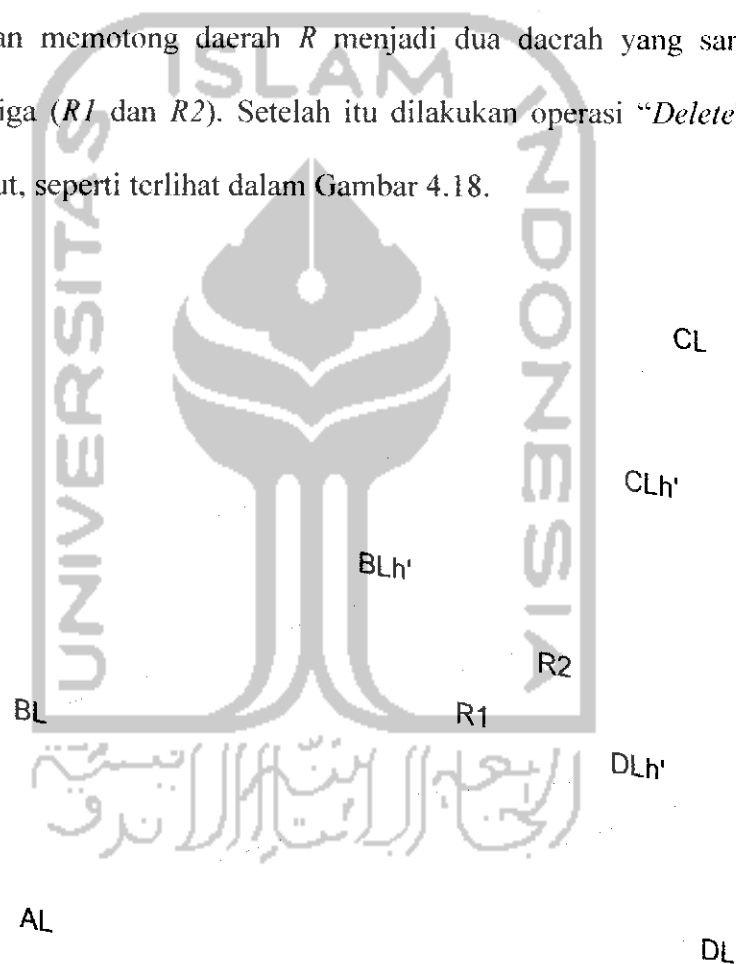


Gambar 4.17 Sketsa Kerangka Awal yang Terbentuk.

Operasi kali ini dihasilkan sebuah daerah baru yang disebut daerah yang sangat tidak terlihat (*totally hidden area*) yang diberi notasi R .

- d) Meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat dengan menggunakan "Merger" dan "Delete" prosedur dari teori grafik.

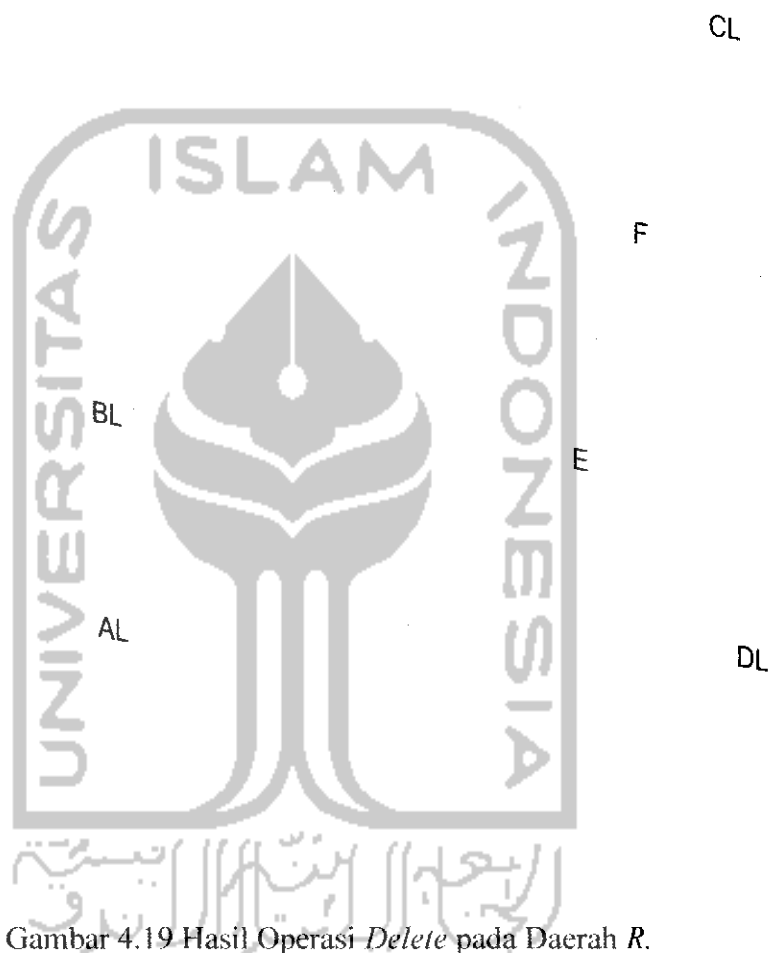
Untuk sketsa natural 3 akan dilakukan operasi "Delete" pada daerah R . Cara yang digunakan seperti pada dua sketsa sebelumnya yaitu dengan menggunakan sebuah garis bantu yang akan memotong daerah R menjadi dua daerah yang sama besar dan berbentuk segitiga (R_1 dan R_2). Setelah itu dilakukan operasi "Delete" pada kedua daerah R tersebut, seperti terlihat dalam Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Garis Bantu pada Daerah R .

Selanjutnya akan didapatkan sebuah garis baru yang menggantikan R yang diberi notasi garis EF , seperti ditunjukkan pada Gambar 4.19. Dari operasi yang telah

dilakukan dapat dihilangkan daerah R yang merupakan daerah sepenuhnya tidak terlihat. Daerah ini termasuk daerah tidak terlihat yang tidak diharapkan, sehingga seringkali menjadi fokus utama untuk dihilangkan.



Gambar 4.19 Hasil Operasi *Delete* pada Daerah R .

e) Bentuk sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan.

Gambar 4.19 memiliki jumlah elemen yang tidak terlihat yang sama dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Sehingga dapat dikatakan sketsa kerangka yang dihasilkan sudah minimal jumlah elemen yang tidak terlihatnya.

Selanjutnya diaplikasikan asas geometri dari *polyhedron* pada sketsa kerangka tersebut (Gambar 4.19), sehingga akan dihasilkan sketsa kerangka seperti Gambar

4.20. *Polyhedron* yang dihasilkan sesuai dengan asas geometri dari *polyhedron*, sehingga dapat dikatakan *polyhedron* tersebut solid dan valid.

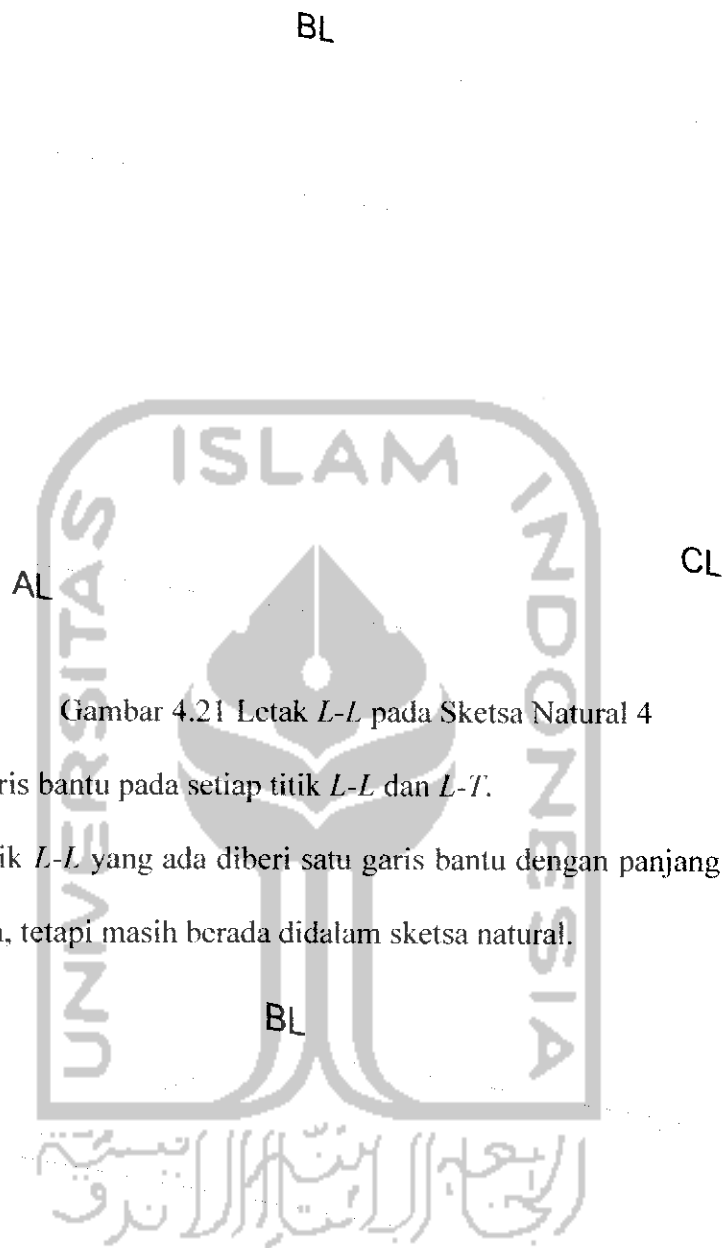


Gambar 4.20 Sketsa Kerangka *Polyhedron* yang Dihasilkan.

D. Operasi pada sketsa natural 4.

a) Bentuk sketsa natural 4.

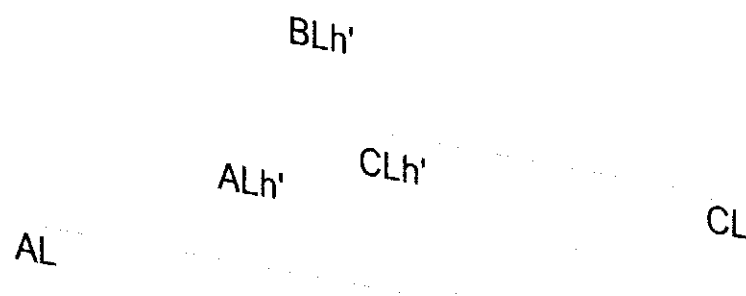
Gambar 4.21 menunjukkan sebuah sketsa natural dengan tiga titik (elemen) $L-L$ dan tidak memiliki titik (elemen) $L-T$. Pada setiap titik yang merupakan titik $L-L$ diberi notasi AL , BL dan CL . Dengan menentukan dimana titik $L-L$ dan $L-T$ dari sketsa natural dapat ditentukan daerah yang tidak terlihat dari sketsa natural tersebut.



Gambar 4.21 Letak $L-L$ pada Sketsa Natural 4

b) Memberi garis bantu pada setiap titik $L-L$ dan $L-T$.

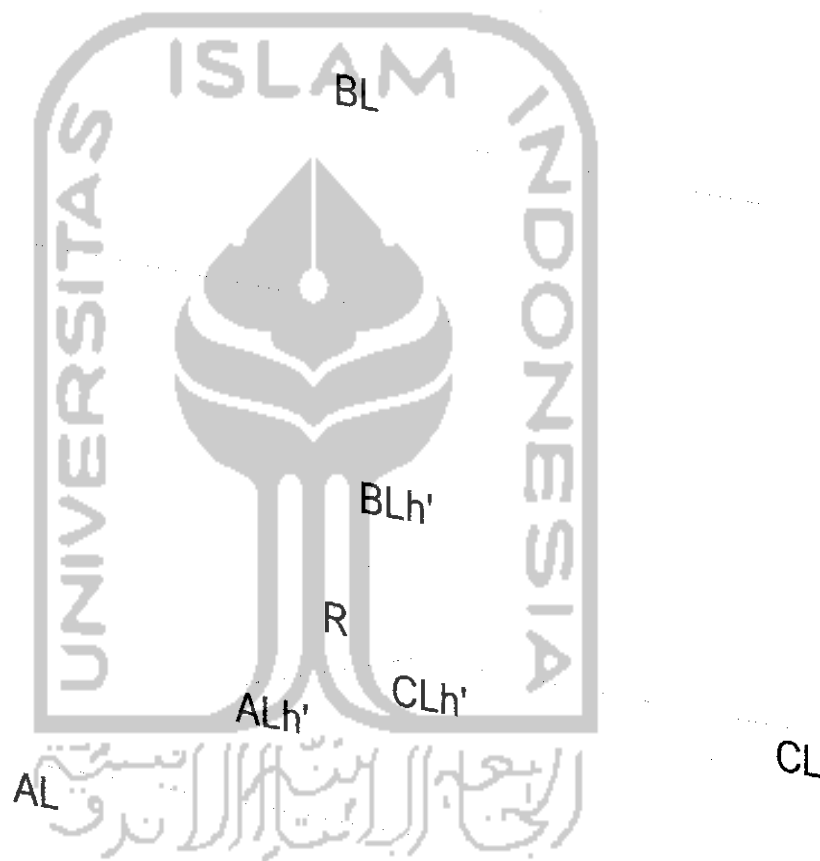
Untuk setiap titik $L-L$ yang ada diberi satu garis bantu dengan panjang dan arah garis tidak ditentukan, tetapi masih berada didalam sketsa natural.



Gambar 4.22 Garis Bantu pada Sketsa Natural 4.

Sedangkan untuk setiap titik $L-T$ diberi dua garis bantu. Pada sketsa natural 4 terdapat tiga buah titik $L-L$, maka akan digunakan tiga buah garis bantu. Garis bantu untuk titik $L-L$ diberi notasi Alh' (AL), Blh' (BL) dan Clh' (CL). Seperti terlihat pada Gambar 4.22.

c) Menghubungkan garis bantu yang ada sehingga didapatkan sketsa kerangka awal.

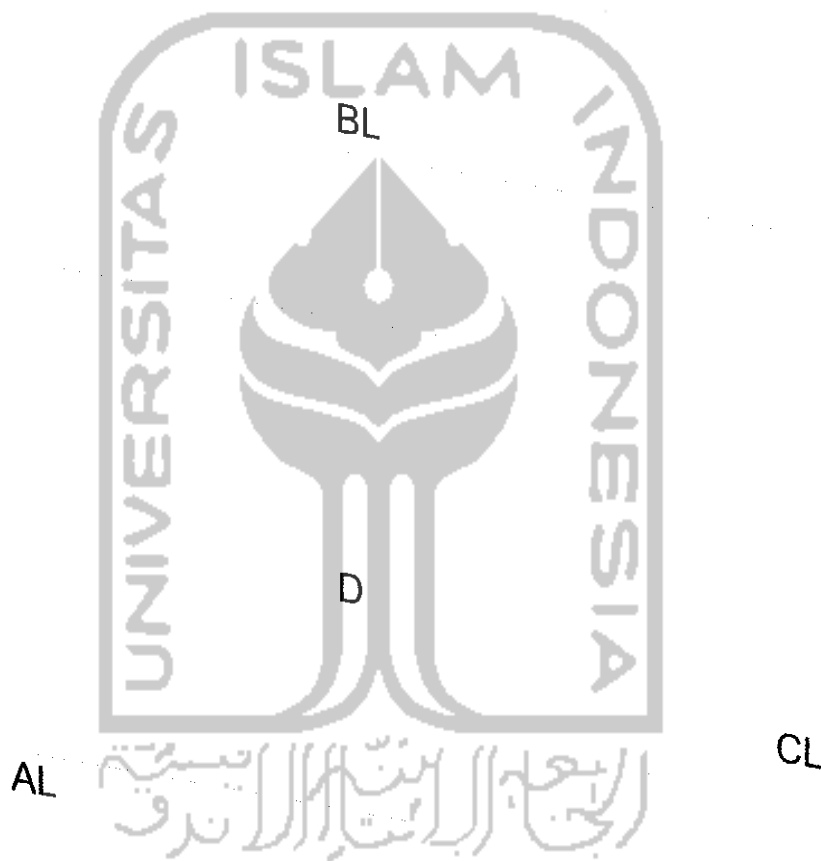


Gambar 4.23 Sketsa Kerangka Awal yang Terbentuk.

Pada setiap garis bantu yang ada kemudian saling dihubungkan, sehingga akan didapatkan bentuk sketsa kerangka awal. Operasi kali ini dihasilkan sebuah daerah baru yang disebut daerah yang sangat tidak terlihat (*totally hidden area*) yang diberi notasi R . Seperti yang terlihat pada Gambar 4.23.

- d) Meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat dengan menggunakan "*Merger*" dan "*Delete*" prosedur dari teori grafik.

Untuk sketsa natural 4 akan dilakukan operasi "*Delete*" pada daerah R . Karena daerah R pada sketsa ini telah berbentuk segitiga sesuai dengan syarat untuk dilakukannya operasi "*Delete*", maka R dapat langsung dihilangkan diubah menjadi satu titik baru yaitu titik D . Sketsa kerangka yang didapatkan akan berbentuk seperti Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Hasil Operasi *Delete* pada R .

- e) Bentuk sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan.

Gambar diatas memiliki jumlah elemen yang tidak terlihat yang sama dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Dapat dikatakan sketsa kerangka yang dihasilkan sudah minimal jumlah elemen yang tidak terlihatnya. Selanjutnya dimasukan asas geometri dari *polyhedron* pada sketsa kerangka tersebut (Gambar 4.24), yang akan menghasilkan sketsa kerangka seperti gambar berikut ini:

Gambar 4.25 Sketsa Kerangka *Polyhedron* yang Dihasilkan.

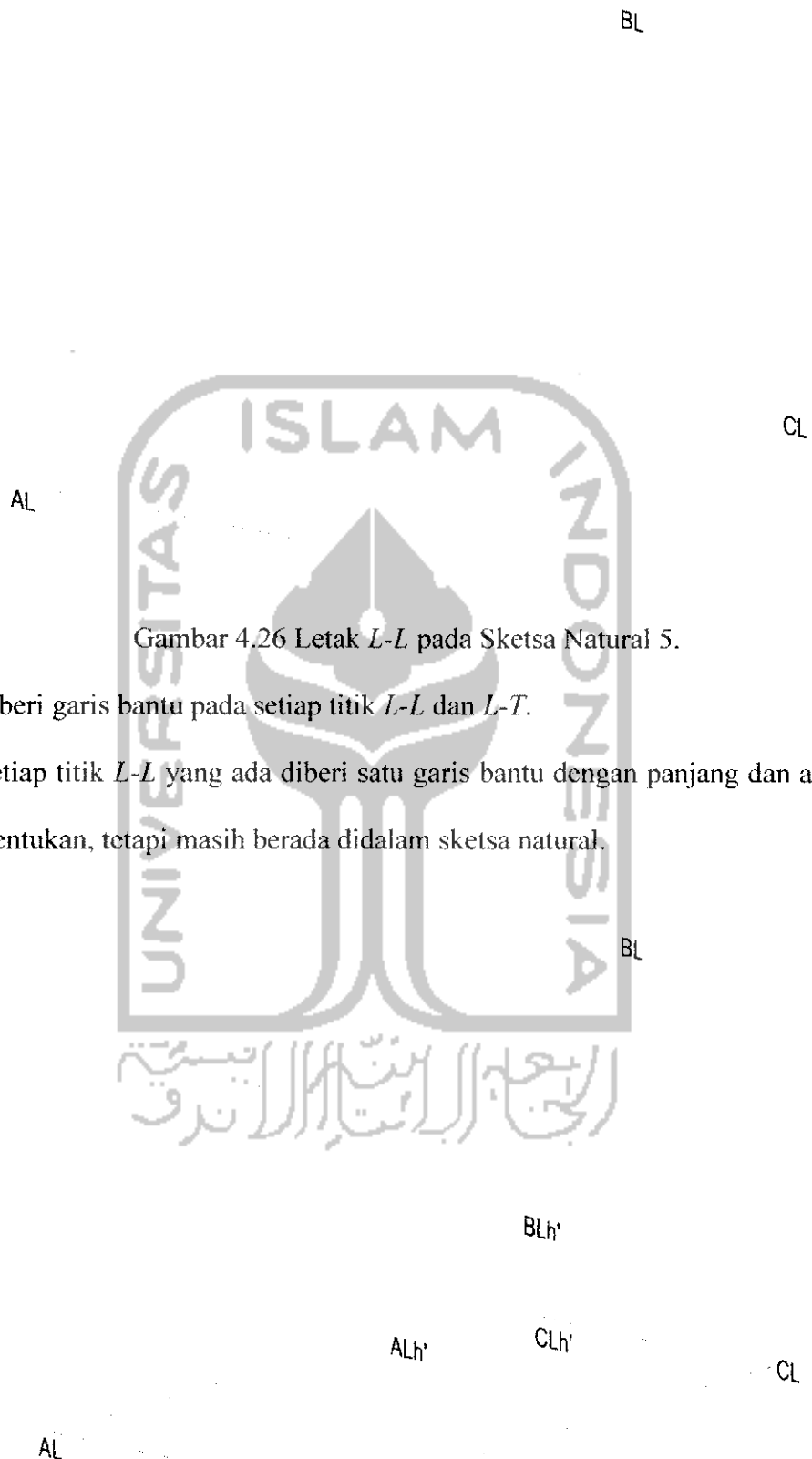
Gambar diatas merupakan gambar dari sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan dari sebuah sketsa natural 4. *Polyhedron* yang dihasilkan sesuai dengan asas geometri dari *polyhedron*, sehingga dapat dikatakan *polyhedron* tersebut solid dan valid.

E. Operasi pada sketsa natural 5.

a) Bentuk sketsa natural 5

Sketsa natural 5 yang memiliki tiga titik (elemen) $L-L$ dan tidak memiliki titik (elemen) $L-T$. Selanjutnya pada setiap titik yang merupakan titik $L-L$ diberi notasi AL , BL dan CL , seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.26 Dengan menentukan dimana titik $L-L$ dan $L-T$ dari sketsa natural dapat ditentukan daerah yang tidak terlihat dari sketsa natural tersebut.





Gambar 4.26 Letak *L-L* pada Sketsa Natural 5.

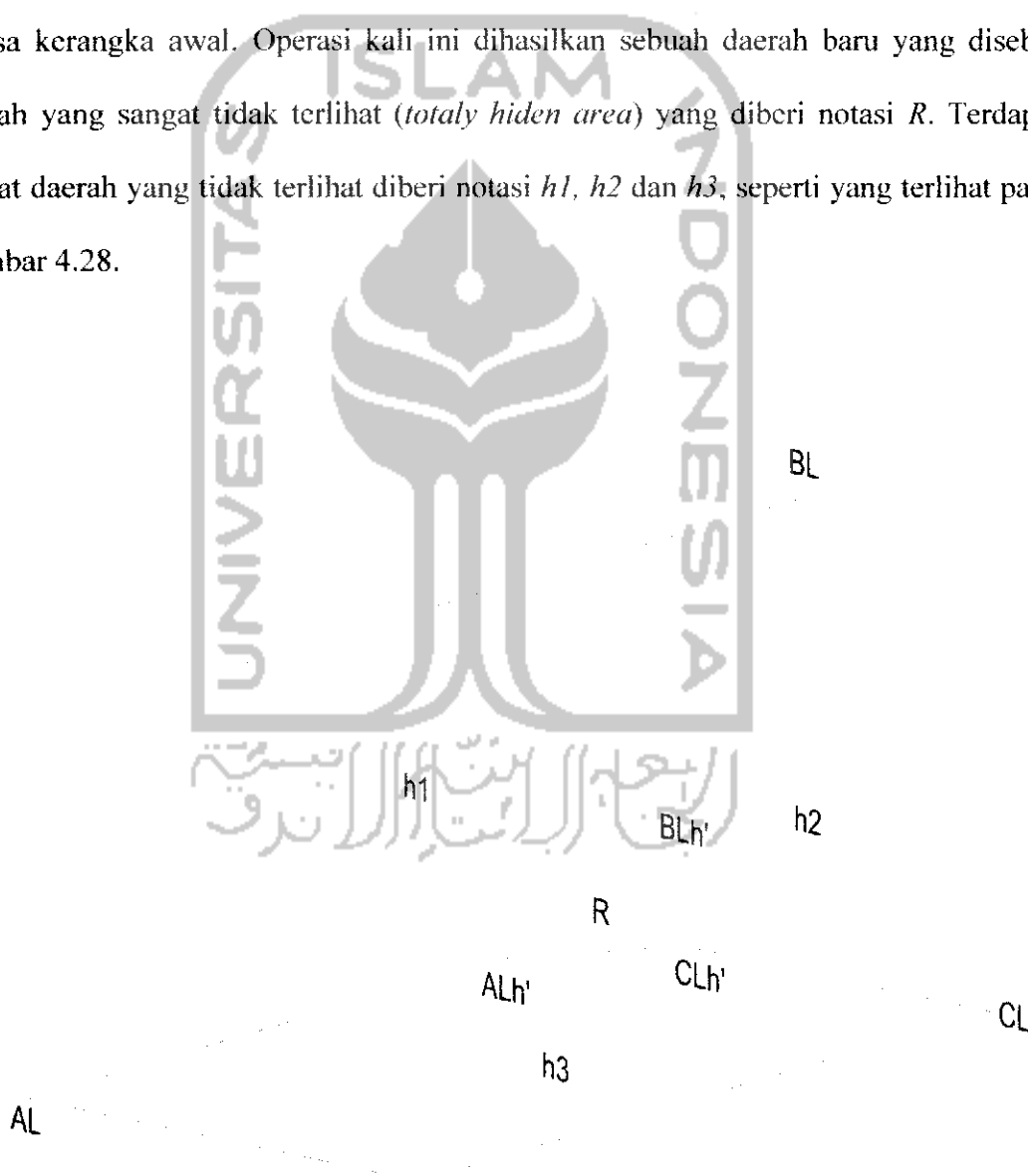
b) Memberi garis bantu pada setiap titik *L-L* dan *L-T*.

Untuk setiap titik *L-L* yang ada diberi satu garis bantu dengan panjang dan arah garis tidak ditentukan, tetapi masih berada didalam sketsa natural.

Gambar 4.27 Garis Bantu pada Sketsa Natural 5.

Sedangkan untuk setiap titik $L-T$ diberi dua garis bantu. Karena pada sketsa natural 5 hanya terdapat tiga buah titik $L-L$, maka hanya akan digunakan tiga buah garis bantu. Selanjutnya garis bantu yang ada diberi notasi ALh' (AL), BLh' (BL) dan CLh' (CL), seperti terlihat pada Gambar 4.27.

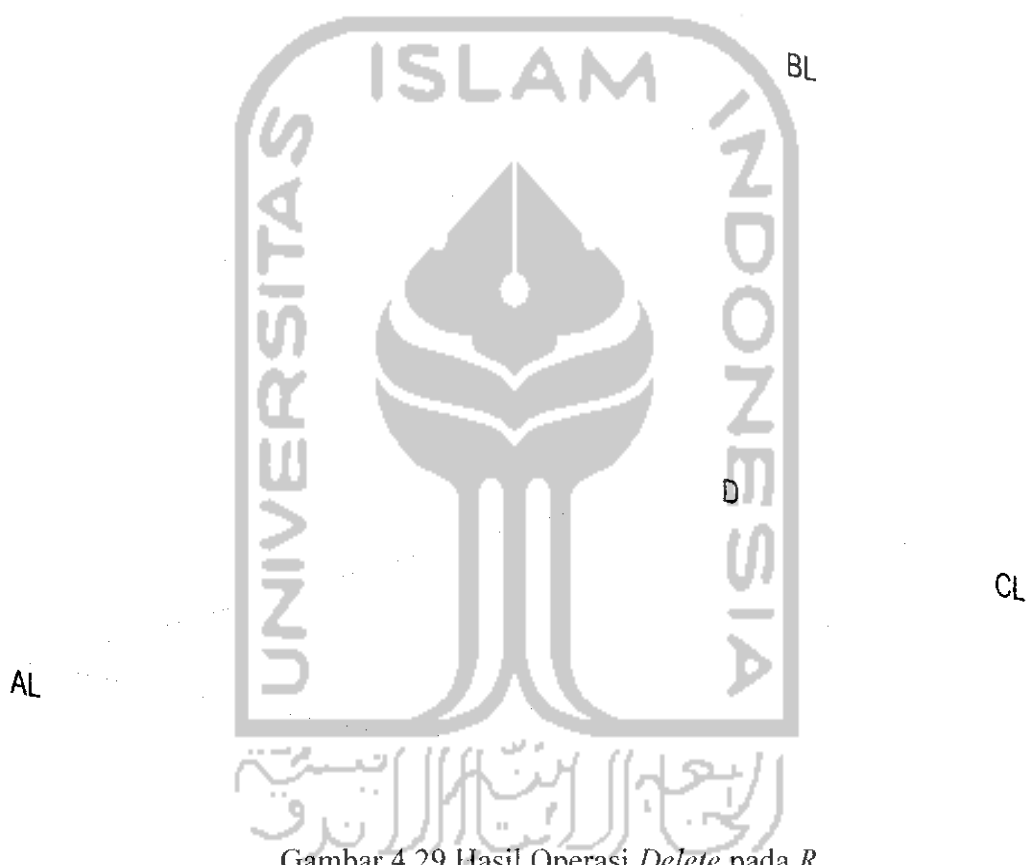
c) Menghubungkan garis bantu yang ada sehingga didapatkan sketsa kerangka awal. Garis bantu yang ada kemudian saling dihubungkan, sehingga akan didapatkan bentuk sketsa kerangka awal. Operasi kali ini dihasilkan sebuah daerah baru yang disebut daerah yang sangat tidak terlihat (*totally hidden area*) yang diberi notasi R . Terdapat empat daerah yang tidak terlihat diberi notasi $h1$, $h2$ dan $h3$, seperti yang terlihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Sketsa Kerangka Awal yang Terbentuk.

- d) Meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat dengan menggunakan "*Merger*" dan "*Delete*" prosedur dari teori grafik.

Seperti pada sketsa natural 4 maka daerah R yang terbentuk dapat langsung dihilangkan, karena R berbentuk segitiga. Dengan dihilangkannya R didapatkan sebuah titik temu baru yang selanjutnya diberi notasi D . Seperti digambarkan dalam gambar dibawah ini:



Gambar 4.29 Hasil Operasi *Delete* pada R .

- e) Bentuk sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan.

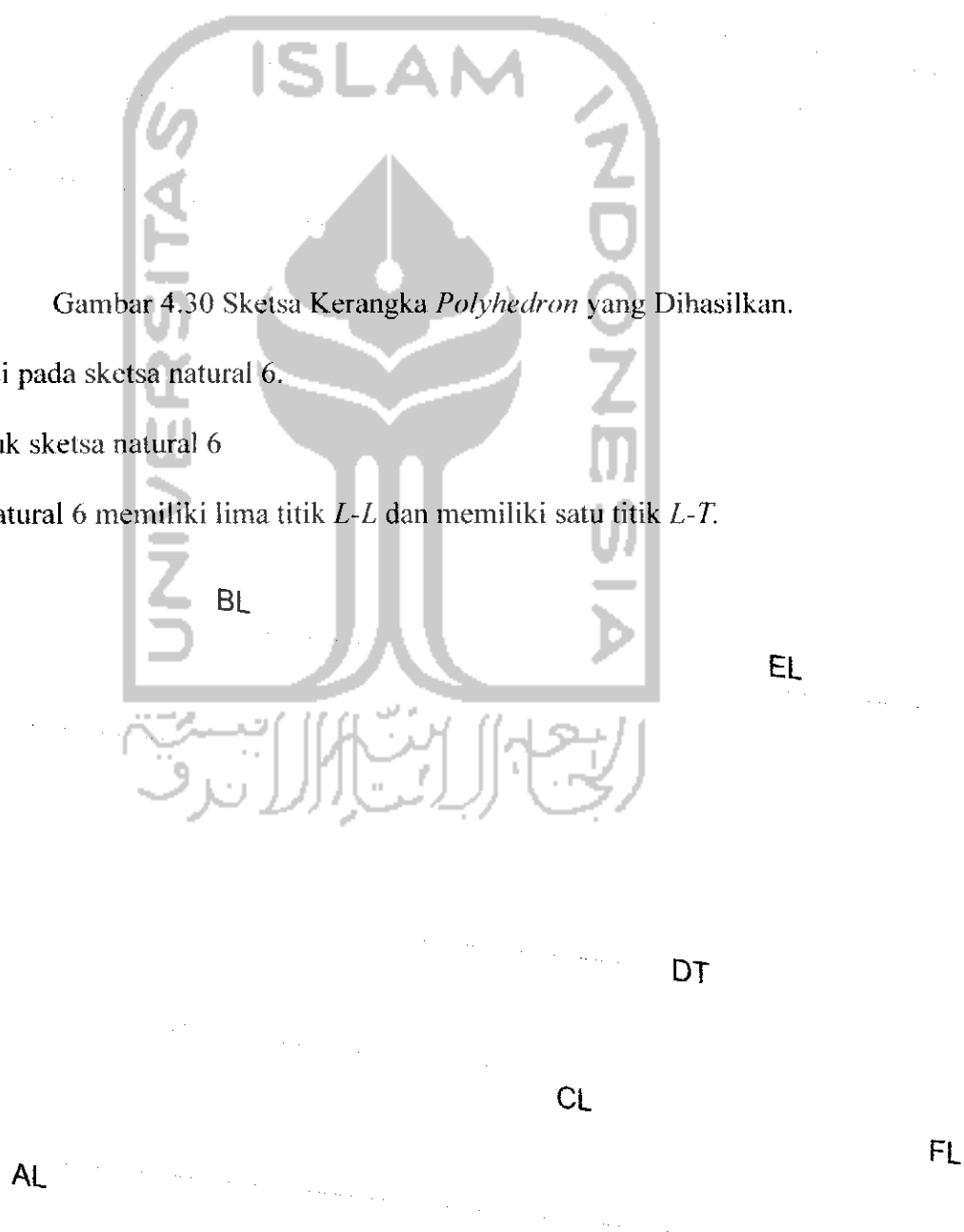
Dari Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa jumlah elemen yang tidak terlihat yang dihasilkan telah mendekati estimasi jumlah yang diharapkan. *Polyhedron* yang dihasilkan akan memiliki jumlah elemen yang tidak terlihat yang minimal. Kemudian dimasukan syarat geometri dari *polyhedron* supaya *polyhedron* yang dihasilkan valid dan solid serta bersifat natural. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.30.

Gambar 4.30 Sketsa Kerangka *Polyhedron* yang Dihasilkan.

F. Operasi pada sketsa natural 6.

a) Bentuk sketsa natural 6

Sketsa natural 6 memiliki lima titik $L-L$ dan memiliki satu titik $L-T$.

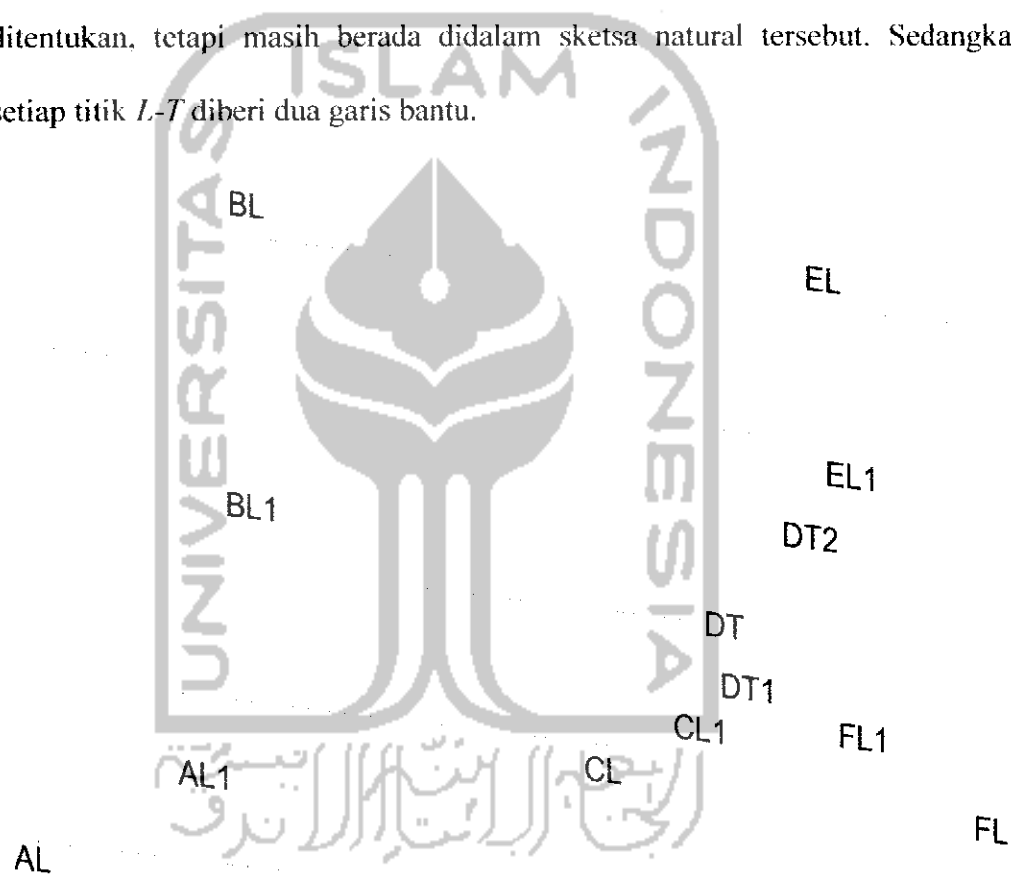


Gambar 4.31 Letak $L-L$ dan $L-T$ pada Sketsa Natural 6.

Selanjutnya pada setiap titik yang merupakan titik $L-L$ diberi notasi AL , BL , CL , EL dan FL . Sementara titik $L-T$ diberi notasi DT . Dengan menentukan dimana titik $L-L$ dan $L-T$ dari sketsa natural dapat ditentukan daerah yang tidak terlihat dari sketsa natural tersebut.

b) Memberi garis bantu pada setiap titik $L-L$ dan $L-T$.

Untuk setiap titik $L-L$ yang ada diberi satu garis bantu dengan panjang dan arah garis tidak ditentukan, tetapi masih berada didalam sketsa natural tersebut. Sedangkan untuk setiap titik $L-T$ diberi dua garis bantu.



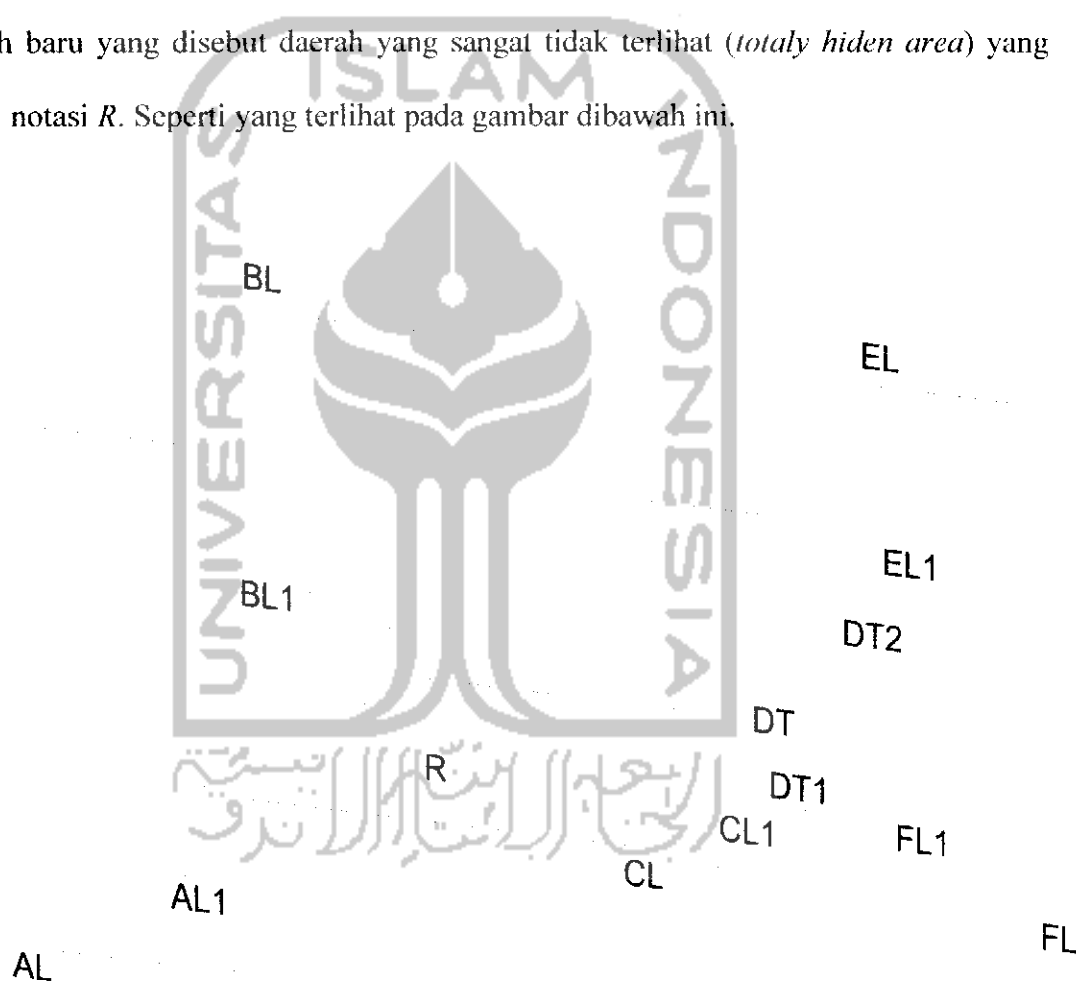
Gambar 4.32 Garis Bantu pada Sketsa Natural 6.

Karena sketsa natural 6 terdapat lima titik $L-L$ dan satu titik $L-T$, maka akan digunakan tujuh garis bantu. Ketujuh garis bantu tersebut yang kemudian digunakan untuk membentuk daerah pada bagian tidak terlihat pada sketsa natural tersebut.



Garis bantu untuk titik *L-L* diberi notasi *AL1 (AL)*, *BL1 (BL)*, *CL1 (CL)*, *EL1 (EL)* dan *FL1 (FL)*. Sedangkan untuk titik *L-T* garis bantu nya diberi notasi *DT1* dan *DT2*, seperti terlihat pada gambar 4.32.

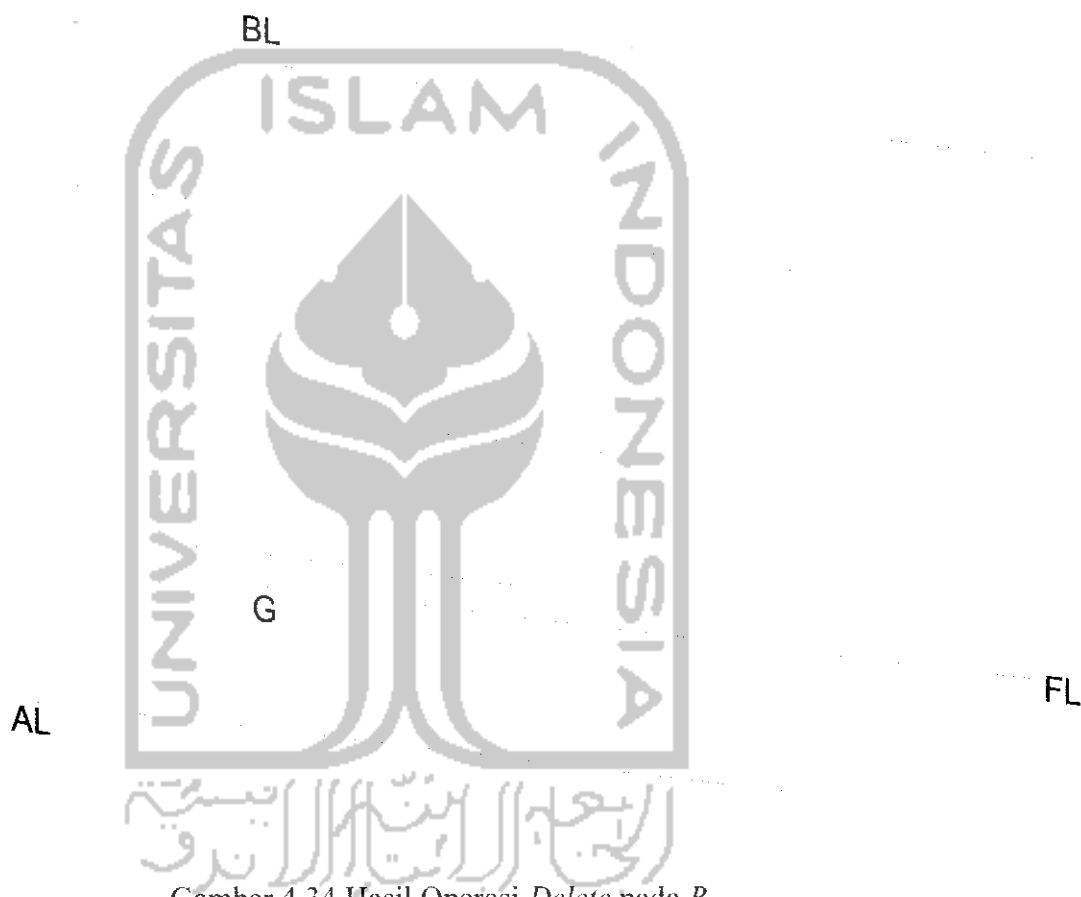
c) Menghubungkan garis bantu yang ada sehingga didapatkan sketsa kerangka awal. Dari masing masing garis bantu yang ada kemudian saling dihubungkan, sehingga akan didapatkan bentuk sketsa kerangka awal. Operasi kali ini dihasilkan sebuah daerah baru yang disebut daerah yang sangat tidak terlihat (*totally hidden area*) yang diberi notasi *R*. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.33 Sketsa Kerangka Awal yang Terbentuk.

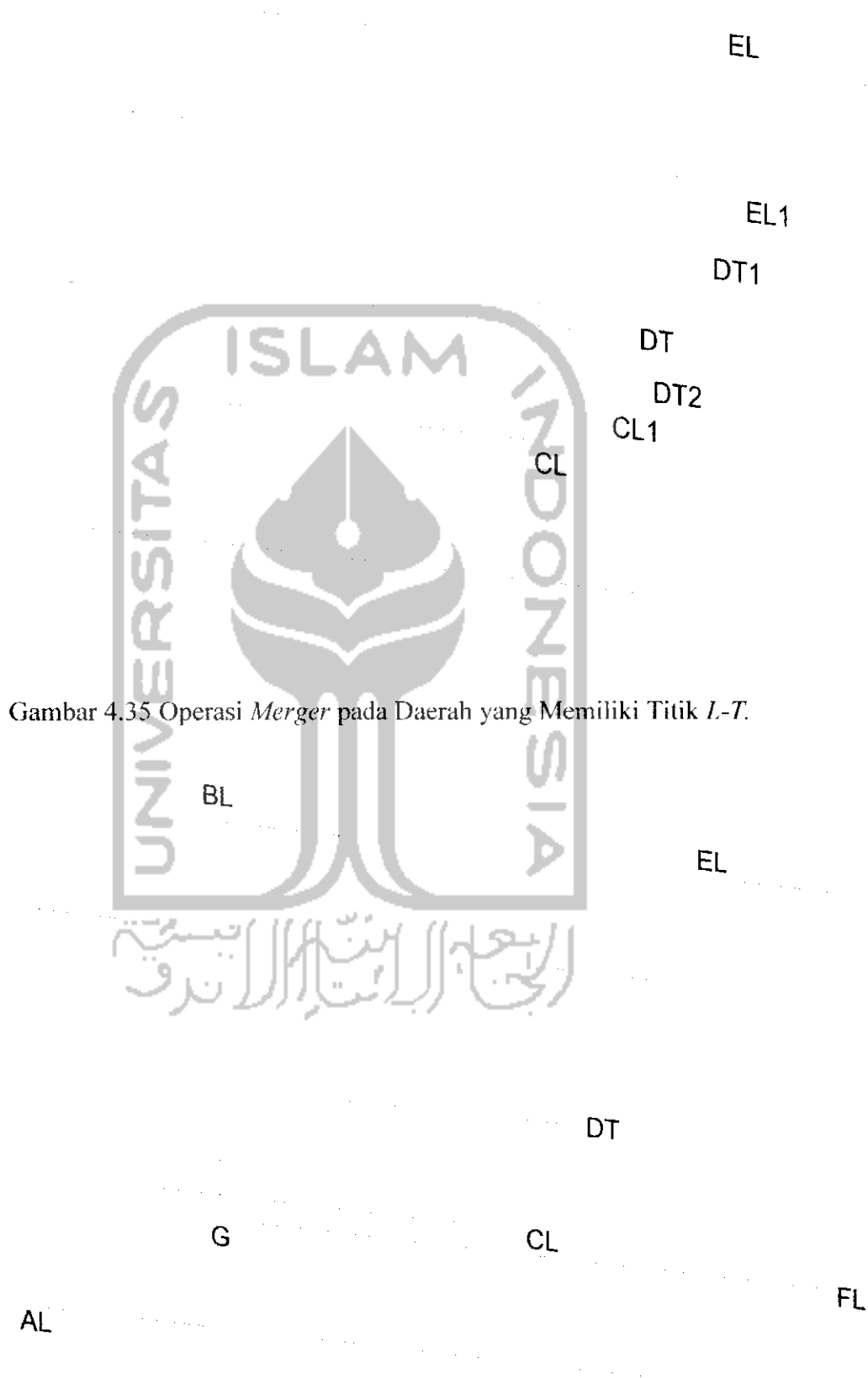
d) Meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat dengan menggunakan "*Merger*" dan "*Delete*" prosedur dari teori grafik.

Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan operasi "*Delete*" pada daerah R . Karena R sudah berbentuk segitiga maka R dapat langsung dihilangkan. Selanjutnya R diganti menjadi sebuah titik yang diberi notasi G , seperti terlihat pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34 Hasil Operasi *Delete* pada R .

Sedangkan pada bagian yang terdapat titik $L-T$ yaitu pada garis $EL-EL1-DT1-DT$ dan garis $DT-DT2-CL1-CL$ akan dilakukan operasi "*Merger*". Titik yang akan digabung adalah titik $EL1$ dengan titik EL , titik $DT1$ dan $DT2$ dengan titik DT dan titik $CL1$ dengan titik CL . Sehingga didapatkan garis baru yaitu garis $EL-DT$ dan garis $DT-CL$, seperti digambarkan pada Gambar 4.35 dan Gambar 4.36.



Gambar 4.35 Operasi *Merger* pada Daerah yang Memiliki Titik *L-T*.

Gambar 4.36 Hasil Operasi *Merger* pada Elemen *L-T*.

e) Bentuk sketsa kerangka dari *polyhedron* yang dihasilkan.

Gambar 4.36 menunjukkan bahwa jumlah elemen yang tidak terlihat yang dihasilkan telah mendekati estimasi jumlah yang diharapkan. *Polyhedron* yang dihasilkan akan memiliki jumlah elemen yang tidak terlihat yang minimal. Kemudian dimasukkan syarat geometri dari *polyhedron* supaya *polyhedron* yang dihasilkan valid dan solid serta bersifat natural. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37 Sketsa Kerangka *Polyhedron* yang Dihasilkan.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Analisa Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *polyhedron* yang solid dan valid dari sebuah sketsa natural. *polyhedron* yang dihasilkan harus bersifat natural dan secara topologi harus benar. Supaya memiliki sifat natural maka *polyhedron* yang dihasilkan harus memiliki jumlah elemen yang tidak terlihat seminimal mungkin. Dalam upaya untuk meminimalkan jumlah elemen tidak terlihat digunakan algoritma yang terdapat dalam teori grafik dan telah dimodifikasi oleh peneliti sebelumnya (Kyratzi dan Sapidis, 2009). Sementara untuk teknik pembuatannya menggunakan bantuan software *AutoCAD* 2008 dikombinasikan dengan teknik yang terdapat pada teori grafik.

Dari hasil pengolahan data pada Bab IV didapatkan hasil yang sesuai antara perhitungan algoritma yang digunakan dengan *polyhedron* yang dihasilkan. Dari keenam sketsa natural yang digunakan sebagai objek penelitian semuanya memiliki jumlah elemen (titik temu, garis dan dachrah) yang tidak terlihat sama dengan estimasi yang diharapkan. Hasil perhitungan algoritma juga dapat digunakan sebagai alat untuk memvalidasi apakah *polyhedron* yang dihasilkan sudah memiliki sifat natural. Hasil penelitian menunjukkan bagian mana yang termasuk bagian dari elemen yang tidak terlihat. Hal ini dapat diketahui dari penentuan mana yang termasuk unsur *L-L* dan mana yang merupakan unsur *L-T*.

Proses pembuatan *polyhedron* menggunakan metode yang terdapat pada teori grafik yaitu, operasi "*Delete*" dan "*Merger*" untuk meminimalkan jumlah elemen yang tidak terlihat. Dengan kedua operasi tersebut kita dapat menghilangkan elemen yang

tidak terlihat yang tidak diinginkan. Dalam penelitian yang dilakukan telah terbukti dapat menghasilkan *polyhedron* yang bersifat natural.

5.2. Analisa Kelemahan Metode yang Digunakan

Pembahasan hasil diatas telah membuktikan bahwa metode yang digunakan dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam pembuatan *Polyhedron* dari sebuah sketsa natural dengan hasil sesuai yang diharapkan. Namun metode ini masih memiliki beberapa kelemahan. Diantaranya adalah metode ini hanya dapat diterapkan pada satu sudut pandang saja, sehingga tidak dapat digunakan pada objek yang memerlukan sudut pandang lebih dari satu. Masalah ini menjadi mengganggu karena *Polyhedron* merupakan sebuah objek 3D yang memiliki sudut pandang lebih dari satu.

Seperti dapat dilihat pada sketsa natural 6 dalam penelitian ini sketsa natural 6 dilihat tampak depannya seperti terlihat pada Gambar 5.1 (a). Dari sudut pandang tersebut sketsa natural 6 memiliki lima titik (elemen) $L-L$ dan satu titik (elemen) $L-T$. Namun apabila sudut pandangnya diubah menjadi tampak samping seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1 (b), komposisi elemen $L-L$ dan elemen $L-T$ berubah. Jumlah elemen $L-L$ menjadi empat dan jumlah elemen $L-T$ menjadi dua. Sehingga akan mengakibatkan berubahnya estimasi jumlah minimal dari elemen tidak terlihatnya.).



(b).

Gambar 5.1 (a) sketsa natural 6 tampak depan dan (b) sketsa natural 6 tampak samping

Hal ini juga diikuti dengan berubahnya tahapan proses pembangunan *polyhedron* yang terjadi, meskipun secara hasilnya dapat memiliki bentuk sketsa kerangka yang sama. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2 (a) dan (b). Jadi meskipun hasil yang didapat sama tetapi proses yang dilaluinya berbeda. Perbedaan pada proses yang dilalui oleh sebuah objek yang sama (sketsa natural 6) membuktikan bahwa metode ini hanya dapat digunakan pada satu sudut pandang saja pada sebuah objek. Apabila dilakukan pada lebih dari satu sudut pandang ada kemungkinan hasil yang akan didapat juga berbeda.



(a).



Gambar 5.2 (a) sketsa kerangka tampak depan dan (b) sketsa kerangka tampak samping.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN.

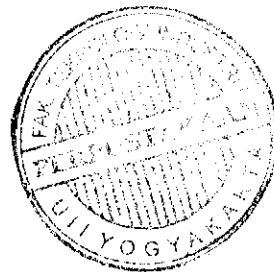
Setelah dilakukan pembahasan terhadap hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan *AutoCAD* yang dikombinasi teknik penggambaran grafik dari teori grafik, maka kita dapat membuat *polyhedron* dari sebuah sketsa natural. *Polyhedron* yang terbentuk secara topologi dan geometri benar dan bersifat natural.
2. Dengan menggunakan model matematis dari peneliti sebelumnya (Kyratzi dan Sapidis, 2009) dapat digunakan untuk mengkalkulasikan jumlah dari elemen (titik temu, garis dan daerah) yang tidak terlihat. Serta dapat juga digunakan untuk mencari nilai minimal dari elemen tersebut. Hasil perhitungan yang didapat digunakan untuk memvalidasi *polyhedron* yang dihasilkan, untuk mengetahui apakah *polyhedron* yang dihasilkan sudah memiliki jumlah elemen tidak terlihat yang minimal.

6.2. SARAN.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mencoba menerapkan metode ini dalam berbagai jenis sketsa natural yang lain. Diantaranya pada sketsa natural yang berbentuk kurva dan sketsa natural yang memiliki titik temu T lebih dari satu pada daerah yang terlihat.

2. Metode ini dapat coba diterapkan dalam proses perancangan produk yang menggunakan *AutoCAD*, khususnya untuk *AutoCAD Geometric Design*. Sehingga produk yang dihasilkan dapat memiliki sifat natural dan benar secara topologi maupun geometri.



DAFTAR PUSTAKA

- Kyratzi S dan Sapidis N *Extracting a polyhedron from a single-view sketch: topological construction of a wireframe sketch with minimal hidden elements*. *Computers & Graphics* 33 (2009) 270–279.
- Wang W dan Grinstein G. *A survey of 3D solid reconstruction from 2D projection line drawings*. *Computer Graphics Forum* 1993;12(2):137–58.
- Clowes MB. *On seeing things*. *Artificial Intelligence* 1971;2(1):79–116.
- Huffman DA. *Impossible objects as nonsense sentences*. *Machine Intelligence* 1971;6(1):295–323.
- Waltz D. *Understanding line drawings of scenes with shadows*. In: *The psychology of computer vision*. New York: McGraw-Hill; 1975.
- Lamb D, Bandopadhyay A. *Interpreting a 3D object from a rough 2D line drawing*. In: *Proceedings of the 1st IEEE conference on visualization*, 1990. p. 59–66.
- I.V.Nagendra dan U.G.Gujar. *3D Objects From 2D Orthographic Views*. *Computers and Graphics* 12(1), 111–114, 1988.
- Varley P, Martin R dan Suzuki H. *Frontal geometry from sketches of engineering objects: is line labelling necessary*. *Computer-Aided Design* 2005;37(12): 1285–307.
- Diestel R. *Graph theory*. New York: Springer; 1997.

- Fahiem AM, Haq S dan Saleemi F. *A review of 3D reconstruction techniques from 2D orthographic line drawing*. In: Proceedings of geometric modeling and imaging, 2007.p.60-6.
- Kyratzi S. *Industrial-product concept development: geometric and information models for interactive design*. Doctoral thesis, university of The Aegean, 2007.
- Varley P. *Automatic creation of boundary-representation models from single line drawings*. Doctoral Thesis, Cardiff University, 2002.
- Hoffman CM. *Geometric and solid modeling: an introduction*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, Pub: 1989.
- Kyratzi S dan Sapidis N. *An interactive sketching method for 3D object modeling*. In : Proceedings of the third ACM conference on digital interactive media in entertainment and art, 2008.p.335-42.
- Sugira K. *Machine interpretation of line drawings*. Cambridge: The MIT press, 1986.
- Euler L. *Euler Tour*. Dalam buku Graph Theory, New York: Spinger: 1997.