

**SKRIPSI**

**PEMETAAN GUA DALAM PERSPEKTIF  
TIGA DIMENSI**

**(Studi Kasus : Kabupaten Malang)**



DISUSUN OLEH :

**ADE WAHYUDI**

**06.25.021**

**JURUSAN TEKNIK GEODESI S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG**

**2013**



PERKUMPULAN PENGELOLAAN PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

P.T. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura No. 2 Telp. (0341)551431 (Hunting), Fax. (0341)553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341)417634 Malang

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PEMETAAN GUA DALAM PERSPEKTIF  
TIGA DIMENSI**

(Studi Kasus : Kabupaten Malang)

**Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Skripsi Jenjang Strata-1 (S-1)**

**Pada hari : Sabtu**

**Tanggal : 13 Juli 2013**

**Dan diterima untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik  
(ST)**

**Oleh :**

**Ade Wahyudi**

**06.25.021**

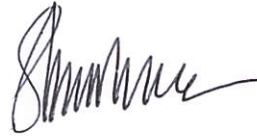
**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua**



**Ir. Agus Darpono, MT.**

**Sekretaris**



**Silvester Sari Sai, ST., MT.**

**Anggota Penguji**

**Penguji I**




**Edwin Tjahjadi, ST. M.Gem.Sc.**

**Penguji II**



**Ir. Agus Darpono, MT.**

**Penguji III**



**Silvester Sari Sai, ST., MT.**

# LEMBAR PERSETUJUAN

## PEMETAAN GUA DALAM PERSPEKTIF

### TIGA DIMENSI

(Studi Kasus : Kabupaten Malang)

## SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai  
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

**Ade Wahyudi**

**06.25.021**

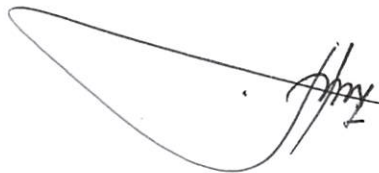
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



**Ir. Agus Darpono, MT.**

Dosen Pembimbing II



**Hery Purwanto, ST. MSc**

Mengetahui

**Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1**



**Ir. Agus Darpono, MT.**

## **ABSTRAKSI**

### **PEMETAAN GUA DALAM PERSPEKTIF TIGA DIMENSI**

(Studi Kasus : Kabupaten Malang)

**Oleh : Ade Wahyudi (06.25.021)**

**Dosen Pembimbing I : Ir. Agus Darpono, MT.**

**Dosen Pembimbing II : Hery Purwanto, ST. MSc**

Speleologi merupakan ilmu yang mempelajari gua dan lingkungannya. Ilmu pemetaan gua salah satu bagian dari kegiatan speleologi. Gua adalah lubang alami di bawah tanah dan memiliki aliran air di lorongnya. Pemetaan gua adalah usaha untuk menampilkan arah, kemiringan, panjang dan kondisi lorong gua ke dalam suatu medium. standar grade pemetaan gua yang paling teliti adalah grade X dan kelas D, yaitu pemetaan dengan peralatan survei non magnetik dengan penggambaran detail secara teliti sesuai bentuk lorong gua. sehingga hasil yang dihasilkan adalah gambar bergerak lorong gua dalam perspektif tiga dimensi yang tergambar dari hasil survei pemetaan gua. Survei pemetaan gua ini dapat memberikan informasi lorong gua dengan visualisasi tiga dimensi.

***Kata kunci*** : Speleologi, Pemetaan gua, perspektif tiga dimensi

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ade Wahyudi  
NIM : 06.25.021  
Program Studi : Teknik Geodesi S-1  
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya dengan judul :

**“PEMETAAN GUA DALAM PERSPEKTIF  
TIGA DIMENSI  
(Studi Kasus : Kabupaten Malang)”**

Adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang,

Yang membuat pernyataan

Ade Wahyudi

NIM : 06.25.021

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT. Tuhan semesta alam atas segala berkat, rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul :

### **“PEMETAAN GUA DALAM PERSPEKTIF**

### **TIGA DIMENSI**

**(Studi Kasus : Kabupaten Malang)”**

Dimana penulisan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulisan ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Agus Darpono, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Agus Darpono, MT. selaku dosen Pembimbing I.
5. Bapak Hery Purwanto, ST.MSc. selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Dr. Edwin Tjahjadi, ST. M.Geo.Sc. selaku Dosen Penguji I.
7. Bapak Ir. Agus Darpono, MT. selaku Dosen Penguji II.
8. Bapak Silvester Sari Sai. ST., MT selaku Dosen Penguji III.

9. Segenap dosen, staf pengajar dan *recording* Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
10. Bapak, Ibu, dan Saudara-saudaraku, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa.
11. Teman-teman ITN yang selalu memberikan semangat dan doa.
12. Semua pihak yang telah membantu peneliti yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih belum sempurna, baik dari segi materi, sistematika pembahasan, maupun susunan bahasa. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Hasil penelitian ini dan dengan segala keterbatasannya dipersembahkan kepada dunia pendidikan, semoga ada manfaatnya untuk pengembangan sumber daya manusia di negara tercinta ini.

Malang, 13 Juli 2013

Penulis

## **Lembar Persembahan**

### **BISMILLAHIRRAHMAANIRROHIIM**

Alhamdulillahirabbil'alamin kupakanatkan puji syukur atas segala rahmat dan karunianya kepada tuhan semesta alam, Allah SWT yang telah memberi nikmat, kemudahan, kelancaran dan hikmah dalam perjalanan hidup ini. semoga shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita nabi besar Muhamad SAW beserta para sahabatnya.

Terima kasih Ya Allah akhirnya aku bisa berkesempatan merasakan dan menjalani semua ini.. Amiin

Hanya doa dan usaha yang dapat membuat sebuah keinginan dan cita-cita bisa tercapai. Akhirnya dalam perjalan ini, aku dapat menyelesaikan sebuah tugas akhir yang sekian lama dalam penantian orang-orang terdekatku.

Karya ini kupersembahkan untuk :

1. Kedua orang tua ku (Abah dan Emak), Terima kasih atas kasih sayang, doa, dan dukungan serta kesabarannya terutama semasa aku menjalani perkuliahan ini, cukup panjang sekali.
2. Seluruh kakak-kakak ku (Teh Elin, Ka Ito, Teh Opie, dan Ka Adin) terima kasih semuanya masih sabar menunggu dan memotivasi saya untuk lulus menjadi seorang sarjana. Teh Opi makasi yah dukungannya baik moral maupun materilnya, kau wanita perkasa yang telah membuktikan aku bisa seperti ini. Buat keponakan-keponakanku semua kalian adalah inspirasi semangat terbaruku.
3. Bapak Ir. Agus Darpono, MT. Selaku ketua jurusan Geodesi ITN Malang
4. Bapak Ir. Agus Darpono, MT. dan Bapak Hery purwanto, ST. MSc, terima kasih kesediaanya untuk meluangkan waktu membimbing dan berbagi ilmu serta berdiskusi dengan diri ini. Terima kasih tes mentalnya Pak, banyak yang bisa saya ambil dari ini semua.
5. Para pelatihku di keluarga besar SISPALARA dan WANADRI baik yang masih ada atau pun yang telah mendahuluiku, terima kasih telah membentuk diri ini menjadi orang yang selalu riang gembira, jenaka dalam menghadapi hal apapun walaupun itu kekalahan sehingga diri ini bisa merubahnya menjadi kemenangan. JasaMu Abadii..!!
6. Untuk Nare (kharisma fitriani) kau inspirasi semangat hidup ini. Terima kasih menjadi wanita yang sabar walaupun cerewet untuk memotivasi aku dalam menyelesaikan pendidikan ini.
7. Tim survei gua Nando, Gembul, Arman, Arif, Yani, Cunk dan Cahyo. Terima kasih atas bantuan kalian, ini hasil dari survei kita. Puma makasih GPSnya yah. Buat Yani



makasih slama ini uda bisa menampung saya di baraknya, buat mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini. Buat Iwan Boy makasih kuda besi kuningnya, bisa dipakai operasional di Malang.

8. Sahabat-sahabat Geodesi 2006, Terima kasih buat kebersamaanya selama ini, sedih duka, ceria dan gembira kita lewati bersama. Semoga kita akan selalu terjaring dalam ikatan tali silaturahmi dan meraih kesuksesan masing-masing.
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Geodesi (HMG) ITN Malang dan adik-adik angkatan Teknik Geodesi ITN Malang, Jaya selalu dan terus semangat!!!
10. Buat Andri, Fe'i, Ida dan Elisa.. Makasih yah uda banyak bantu selesaikan tugas-tugas saya. semangat yah kalian kuliahnya!!

Terima kasih buat semua orang-orang di sekitar, yang telah membantu saya baik dalam doa ataupun perbuatan. Maaf kalo belum saya sebutkan namanya dalam tulisan ini. karena kalian semua skripsi ini dapat terselesaikan akhirnya. Semoga ketulusan doa dan bantuan kalian untuk saya dalam menyelesaikan skripsi ini terbalaskan semua oleh Allah SWT. Amiin

## **Doa Seorang Ayah**

Tuhanku..

Bentuklah putraku, menjadi manusia yang cukup kuat  
Untuk menyadari manakala ia lemah  
Dan cukup berani untuk menghadapi dirinya sendiri manakala ia takut  
Manusia yang merasa bangga dan teguh dalam kekalahan,  
Rendah serta jujur dalam kemenangan

Bentuklah putraku, menjadi manusia yang kuat dan mengerti  
Bahwa mengetahui dan kenal akan dirinya sendiri  
Adalah dasar dari ilmu pengetahuan

Tuhanku..

Janganlah putraku Kau bimbing di atas jalan yang mudah dan nyaman  
Tapi bimbinglah ia di bawah tempaan dan  
Desak kesulitan tantangan hidup  
Bimbinglah putraku agar tegak di tengah badai  
Dan berbelas kasihan pada mereka yang jatuh

Bentuklah putraku, menjadi manusia yang berhati bening,  
Dengan cita meninggi langit  
Manusia yang sanggup memimpin dirinya sendiri  
Sebelum ia berhasrat memimpin orang lain  
Manusia yang menggapai kegemilangan hari depan  
Tanpa melupakan masa lampau

Dan setelah semua menjadi miliknya,  
Lengkapilah ia dengan rasa jenaka,  
Agar ia besungguh-sungguh tanpa menganggap dirinya terlalu serius

Berikanlah padanya kerendahan hati  
Kesederhanaan dari keagungan hatiku  
Keterbukaan pikiran bagi sumber kearifan  
Dan kelembutan dari kekuatan sebenarnya

Setelah semua tercapai,  
Aku ayahnya berani berbisik,  
"HIDUPKU TIDAKLAH SIA-SIA "

*Douglas Mc Arthur... Kutipan perang dunia ke 2*

1. Tujuan dan Maksud

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang mempengaruhi... (text is mirrored and difficult to read)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang mempengaruhi... (text is mirrored and difficult to read)

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif... (text is mirrored and difficult to read)

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif... (text is mirrored and difficult to read)

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif... (text is mirrored and difficult to read)

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif... (text is mirrored and difficult to read)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang mempengaruhi... (text is mirrored and difficult to read)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang mempengaruhi... (text is mirrored and difficult to read)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang mempengaruhi... (text is mirrored and difficult to read)

## **DAFTAR ISI**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ABSTRAKSI**

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

**KATA PENGANTAR**

**LEMBAR PERSEMBAHAN**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR GAMBAR**

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Maksud Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Tinjauan Pustaka .....	4

**BAB II DASAR TEORI**

2.1. Pengertian Gua .....	7
2.2. Penelusuran Gua.....	8
2.3. pemetaan Gua.....	8
2.3.1 Jenis Peta Gua.....	9

2.3.2. Standar <i>Grade</i> dan klasifikasi Peta Gua.....	10
2.3.3. Pembagian Tugas .....	13
2.3.4. Sistem Survei.....	14
2.3.5. Metode Survei .....	14
2.4. Tahapan Pengukuran .....	15
2.5. Kerangka Kontrol Pemetaan .....	16
2.5.1 Kerangka Kontrol Horizontal.....	16
2.5.1.1. Poligon Terbuka.....	17
2.5.1.1.1. Poligon Terbuka Terikat Sempurna .....	17
2.5.1.1.2. Poligon Terbuka Terikat Koordinat .....	19
2.5.1.1. Poligon Tertutup .....	23
2.6. Pengukuran Pada <i>Pothole</i> .....	24
2.7. Pengukuran Pada <i>Pitch Dalam</i> .....	25
2.7.1. Mengukur Tali.....	25
2.7.2. Metode Tandem.....	25
2.7.2. Metode Trigonometri .....	26
2.8. Pengukuran Tinggi Atap Gua.....	26

### **BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN**

3.1. Peralatan Penelitian .....	29
3.1.1. Peralatan Survei.....	29
3.1.2. Perangkat Pengolahan Data.....	29
3.1.2.1. Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....	29
3.1.2.2. Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....	30

3.2. Penggunaan Peralatan Survei dan <i>Softwarena</i> nya .....	30
3.2.1. <i>Microsoft Office 2007</i> .....	30
3.2.2. <i>Topcon Link v.75</i> .....	31
3.2.3. <i>AutoCAD Land Desktop 2009</i> .....	31
3.2.4. <i>3ds Max7</i> .....	32
3.2.5. <i>Total Station Topcon GTS 230</i> .....	33
3.2.6. <i>Leica Disto A5</i> .....	34
3.2.7. <i>GPS Handheld Garmin 76 Csx</i> .....	34
3.3. Metode Pengambilan Data Lapangan .....	35
3.3.1. <i>Persiapan</i> .....	35
3.3.2. <i>Survei Lapangan</i> .....	36
3.3.3. <i>Pemasangan Marker</i> .....	37
3.3.4. <i>Pengukuran Poligon</i> .....	38
3.4.4.1. <i>Pengukuran Poligon Tertutup</i> .....	38
3.4.4.2. <i>Pengukuran Poligon Terbuka Terikat Koordinat</i> .....	38
3.3.5. <i>Pengukuran Detail</i> .....	39
3.4. Metode Pengolahan Data .....	40
3.4.1. <i>Pengolahan Data Poligon tertutup</i> .....	40
3.4.2. <i>Pengolahan Data Poligon Terbuka Terikat Koordinat</i> .....	41
3.4.3. <i>Pengolahan Data Pengukuran Data Detail</i> .....	42
3.5. Metode Penggambaran.....	43
3.5.1. <i>Ploting Data</i> .....	44
3.5.2. <i>Penggambaran Plan Section</i> .....	48
3.5.3. <i>Pembuatan TIN (Triangulated Irregular Network)</i> .....	48

3.5.4. Pembuatan Perspektif 3 Dimensi Lorong Gua.....	54
3.6. Diagram Alir .....	62

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Pembahasan Hasil Penelitian .....	63
4.2. Pembahasan Hasil Pengambilan Data .....	63
4.2.1. Pengukuran Poligon Tertutup.....	63
4.2.2. Pengukuran Poligon terbuka Terikat koordinat .....	66
4.2.3. Pengukuran Detail .....	69
4.3. Hasil Penggambaran.....	69
4.3.1. Hasil Ploting Data .....	69
4.3.2. Hasil Penggambaran Plan Section.....	70
4.3.3. Hasil Pembuatan TIN .....	71
4.3.4. Hasil Pembuatan <i>Surface 3d</i> .....	72
4.3.5. Hasil Render Tiga Dimensi Lorong Gua.....	73
4.3.6. Pembahasan Hasil Penyajian.....	74

## **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	76
5.2. Saran.....	77

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Poligon Terbuka Terikat Sempurna .....	17
Gambar 2.2. Poligon Terbuka Terikat Koordinat .....	19
Gambar 2.3. Poligon tertutup .....	23
Gambar 2.4. Pengukuran Atap Gua .....	27
Gambar 3.1. Tampilan Awal Topcon Link v.75 .....	31
Gambar 3.2. Tampilan awal AutoCAD Land 2009 .....	32
Gambar 3.3. Tampilan Awal Pada Software 3ds Max7 .....	33
Gambar 3.4. Total Station Topcon GTS 230 .....	33
Gambar 3.5. Leica Disto A5.....	34
Gambar 3.6. GPS Handheld Garmin 76 Csx.....	35
Gambar 3.7. Sket Pengukuran Poligon .....	39
Gambar 3.8. Proses Perhitungan Poligon tertutup pada <i>Microsoft Excel 2007</i> ....	41
Gambar 3.9. Proses Perhitungan poligon Terikat Koordinat Pada <i>Microsoft Excel 2007</i> .....	42
Gambar 3.10. Proses Perhitungan Detail Pada <i>Microsoft Excel 2007</i> .....	43
Gambar 3.11. Tampilan Awal dari AutoCAD Land Desktop 2009.....	44



Gambar 3.12. Tampilan dari <i>File Project</i> baru .....	45
Gambar 3.13. Tampilan Point Setting AutoCAD Land Desktop 2009 .....	46
Gambar 3.14. Tampilan Pilihan <i>Import/Export Point</i> .....	46
Gambar 3.15. Tampilan <i>Format Manager-Import Point</i> .....	47
Gambar 3.16. Tampilan Hasil Point Pada Layar <i>AutoCad</i> <i>Land Desktop 2009</i> .....	47
Gambar 3.17. Tampilan Layout Peta Gua .....	48
Gambar 3.18. Tampilan Pada <i>Tool Terrain</i> .....	49
Gambar 3.19. Tampilan <i>Add Point</i> pada <i>Terrain Model Explorer</i> .....	50
Gambar 3.20. Tampilan <i>Build</i> Pada <i>Terrain Model Explorer</i> .....	50
Gambar 3.21. Tampilan <i>Import 3D Lines</i> .....	51
Gambar 3.22. Tampilan Hasil <i>Import TIN</i> .....	52
Gambar 3.23. Tampilan TIN Lorong Gua .....	53
Gambar 3.24. Tampilan Lorong Gua yang dilapisi <i>3dface</i> .....	53
Gambar 3.25. Tampilan Pilihan <i>Import</i> .....	54
Gambar 3.26. Tampilan <i>Source Object Import</i> .....	54
Gambar 3.27. Tampilan <i>Import Option</i> .....	55
Gambar 3.28. Tampilan <i>Configure Gambar</i> .....	55

Gambar 3.29. Tampilan <i>Viewport Configuration</i> .....	56
Gambar 3.30. Tampilan <i>Convert Gambar</i> .....	56
Gambar 3.31. Tampilan <i>Material Editor</i> .....	57
Gambar 3.32. Tampilan Pilihan Garis.....	58
Gambar 3.33. Tampilan Pilihan Kamera.....	58
Gambar 3.34. Tampilan Pengaturan Posisi Kamera.....	59
Gambar 3.35. Tampilan <i>Assign Controller</i> .....	59
Gambar 3.36 Tampilan <i>Path Parameter</i> .....	60
Gambar 3.37. Tampilan <i>Render Scene</i> .....	61
Gambar 3.38. Diagram Alir Penelitian.....	62
Gambar 4.1. Sket Poligon .....	65
Gambar 4.2. Sket Poligon Terikat Koordinat.....	68
Gambar 4.3. Tampilan Hitungan Detail Dalam Microsoft Excel 2007 .....	69
Gambar 4.4. Tampilan <i>Point</i> Pada <i>AutoCAD Land Desktop 2009</i> .....	70
Gambar 4.5. Tampilan <i>Layout Plan Section</i> Gua.....	71
Gambar 4.6. Tampilan TIN Lorong Gua pada <i>AutoCAD Land Desktop 2009</i> .....	72
Gambar 4.7. Tampilan <i>Surface 3D</i> Lorong Gua Pada <i>AutoCAD</i> <i>Land Desktop 2009</i> .....	73

Gambar 4.8. Hasil Render Objek Lorong Gua.....74

Gambar 4.9. Penyajian Perspektif Tiga Dimensi Lorong Gua Pada

Aplikasi Video .....75



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Speleologi merupakan ilmu yang mempelajari gua dan lingkungannya. Saat ini telah berkembang selama lebih dua dasawarsa di negara kita Indonesia. Dua dasawarsa adalah rentang waktu yang panjang. Namun perkembangan itu sangat tertinggal jauh, karena sejak kelahirannya di Eropa usia ilmu ini sudah dapat dihitung dengan bilangan abad. Kita sudah tertinggal jauh dan semakin jauh karena dalam kurun waktu dua dasawarsa ini, hal-hal baru tersebut terus terjadi di ujung sana, sementara di sini semuanya berkembang dengan sangat perlahan.

Ilmu pemetaan gua, sebagai salah satu bagian dari kegiatan penelusuran gua, mengalami nasib yang tidak lebih baik di negeri ini. Memang ia berkembang dan menyebar, tetapi dengan laju yang sangat tidak menggembirakan. Salah satu penyebab lambannya perkembangan speleologi dan ilmu pemetaan gua adalah terbatasnya referensi yang dapat kita peroleh berkaitan dengan ilmu di atas. Sejauh ini sebagian besar bahan bacaan dengan pokok bahasan speleologi dan pemetaan gua tiba di Indonesia dari tempat yang sangat jauh, yaitu negara-negara maju Eropa dan Amerika utara. Sudah barang tentu tidak semua orang yang memerlukan, memiliki kesempatan untuk mendapatkan bahan bacaan di atas.

Usaha manusia untuk merekam lingkungannya dengan menggunakan media dinding gua setidaknya telah dimulai sejak 35 ribu tahun silam oleh para seniman purba di gua Chuvet, Perancis. Namun sebaliknya, usaha dokumentasi

lingkungan bawah tanah dalam rupa gambar, baru dilakukan pada tahun 1320 sebelum Masehi, setidaknya demikian bila yang dijadikan tolak ukur adalah peta bawah tanah tertua yang pernah ditemukan. Peta tersebut berasal dari negeri Mesir dan berisi gambaran tentang tambang emas bawah tanah yang pernah beroperasi di negeri tersebut.

Hampir tiga milenia setelah peta tambang emas Mesir digambar, ilmuwan-ilmuwan mulai banyak yang melakukan kegiatan berupa penelusuran serta penelitian lingkungan bawah tanah dengan bekal peralatan seadanya yang tersedia pada zaman itu. Pada abad ke 19, diantaranya adalah seorang penelusur gua asal perancis bernama Edward Alfred Martell. Telah berhasil mengembangkan teknik penelusuran serta metode pencatatan ilmiah bagi lingkungan gua. Hasil penelitian serta dokumentasi yang dilakukannya terhadap gua-gua di negaranya, dan di negara-negara sekitarnya telah membawa kemajuan yang berarti bagi pengetahuan manusia terhadap lingkungannya yang sebelumnya dianggap asing itu. Pencapaian ini membuat Edward Alfred Martell memperoleh penghargaan yang sangat tinggi di kalangan para ilmuwan. Penghargaan terhadap Marfell diwujudkan dengan penganugerahan gelar bapak "Speleologi".

Meski Speleologi atau ilmu tentang gua dan lingkungannya terus mengalami perkembangan, namun tidak demikian dengan teknik pemetaan gua. Dari abad ke abad, hingga selepas perang dunia kedua, para penelusur gua yang paling berpengalaman pun masih mengandalkan tak lebih dari sebuah kompas saku untuk mengukur tanah lorong gua dan menggunakan seutas tali yang

panjangnya telah diketahui, atau malah panjang langkahnya sendiri untuk mengetahui panjang lorong.

Berdirinya Specavina pada tahun 1979, salah satu kelompok penelusur gua pertama di Indonesia merupakan titik awal yang menandai tumbuhnya kegiatan speleologi di Indonesia. Sejak saat itu, kelompok tersebut mulai aktif melakukan pemetaan di berbagai gua di Indonesia.

Berkembangnya kegiatan pemetaan gua di negara kita, sejauh ini belum ada jawatan yang bertanggungjawab, dan mampu, membuat serta mempublikasikan peta gua. Oleh sebab itu dengan sendirinya yang mengemban tanggungjawab untuk membuat peta gua adalah para penelusur gua itu sendiri.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Pemetaan kondisi gua yang dapat menampilkan arah, kemiringan, panjang dan kondisi lorong gua ke dalam suatu media gambar. Sehingga dapat memberikan informasi gua secara visual dan informatif.

## **1.3 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian pemetaan gua ini adalah :

1. Memberikan informasi bagi tim-tim atau kelompok ekspedisi yang akan melaksanakan penelusuran, pertolongan atau penelitian di gua tersebut,
2. Memberikan informasi mengenai adanya potensi sungai bawah tanah guna masyarakat setempat dan masyarakat luas,
3. Menjadikan sebuah referensi bagi para ilmuwan dimana objek penelitiannya berkaitan dengan gua dan lingkungannya,
4. Membandingkan kondisi gua dari waktu ke waktu guna dijadikan parameter dalam pengembangan gua tersebut,

5. Sumber informasi bagi kepentingan strategis pertahanan dan keamanan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Melakukan pemetaan gua menggunakan sistem survey *Top to Bottom* dengan metode survey *Fore and Backsight*. Untuk menghasilkan gambar peta yang sesuai dengan akurasi kondisi dan detail lorong gua Lowo di dusun Sumberceleng, desa Banjarejo, kecamatan Donomulyo, kabupaten Malang.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Melakukan pemetaan gua dengan standar *grade* pemetaan gua yang dipakai adalah standar *grade* X dan klasifikasi D, yaitu standar *grade* pemetaan gua yang keakuratan pengukurannya teliti dan pengukurannya menggunakan alat non magnetik melainkan dengan penggunaan alat theodolite atau alat *Total Station* (TS). Dan pengukuran detail diukur di tiap survey dimana saja yang dianggap perlu untuk menunjukkan perubahan yang berarti pada dimensi lorong gua. Sehingga dalam penelitian ini dapat menghasilkan gambar peta dengan kondisi dan informasi lorong gua dalam bentuk 2 dimensi dan penggambaran bentuk lorong 3 dimensi.

#### **1.6 Tinjauan Pustaka**

“Gua adalah lubang alami di bawah tanah yang dapat dimasuki oleh manusia”. Kalimat diatas adalah definisi gua menurut *Union Internationale de Speleologie (UIS)*, sebuah lembaga internasional yang bergerak di bidang speleologi dan kegiatan penelesuran gua. Namun, UIS bukanlah satu-satunya pihak yang memberikan pandangan tentang itu gua. Mereka juga tidak menerangkan tentang ukuran manusia yang dapat dijadikan patokan untuk membedakan suatu gua dari sekedar lubang biasa. Kelompok lain malah

memperluas definisi dengan menyatakan bahwa saluran-saluran kecil di bawah tanah juga pantas disebut sebagai gua. Sementara kelompok ilmuwan lain memberikan definisi yang lebih khusus dengan menambahkan syarat harus adanya aliran air di lorong tersebut agar ia dapat disebut sebagai gua (*Erlangga, 2005*).

Pemetaan gua memiliki tingkatan akurasi hingga batas tertentu dalam merekam arah, kemiringan, dan panjang lorong gua. Tingkat akurasi ini sangat ditentukan oleh teknik yang diterapkan, keterampilan surveyor dan terutama oleh kinerja alat ukur yang dipergunakan untuk mengumpulkan data. Unsur-unsur diatas, khususnya ketepatan alat ukur, membuat suatu survey dapat diperkirakan akurasi (*Erlangga, 2005*).

Survey pemetaan gua dapat digolongkan ke dalam tingkatan-tingkatan yang terbagi sesuai dengan akurasi. Secara umum akurasi survey terbagi dalam tiga golongan, yaitu *Ellis, (1976)* :

1. Sketsa

Suatu hasil survey yang dibuat tanpa menggunakan alat ukur, oleh karena itu memiliki tingkat akurasi yang sangat rendah

2. Survey Kasar

Dibuat saat waktu yang tersedia sangat terbatas, atau kondisi lorong sangat menyulitkan. Pengukuran dilakukan dalam kondisi yang tidak ideal atau dengan alat yang sangat rendah.

3. Survey yang akurat

Secara lebih khusus, survey gua digolongkan ke dalam tingkatan-tingkatan (*grade*) yang masing-masing memiliki standar yang jelas. *Grade* adalah



penggolongan survey yang menunjukkan tingkat akurasi yang dapat dicapai pada pengukuran sudut dan jarak antara dua stasiun survey.



## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Pengertian Gua**

Gua adalah lubang alami di bawah tanah yang dapat dimasuki oleh manusia, definisi *Union Internasional de Speleologi* (UIS). Namun, UIS bukanlah satu-satunya pihak yang memberikan pandangan tentang apa itu gua. Mereka juga tidak menerangkan tentang ukuran manusia yang dapat dijadikan patokan untuk membedakan suatu gua dari sekedar lubang biasa. Sementara sekelompok ilmuwan memberikan definisi yang lebih khusus dengan menambahkan syarat harus adanya aliran air di lorong tersebut agar ia dapat disebut sebagai gua (Erlangga,2005). Gua khususnya gua batu gamping merupakan sebagai suatu sungai dibawah tanah yang mengalirinya secara aktif atau pernah mengalirinya (Dr. R.K.T Ko, 1985)

Gua merupakan satu ekosistem yang unik dengan berbagai faktor pembatas yang ada di dalamnya. Kondisi lingkungan gua bervariasi dari satu zona ke zona lainnya. Sehingga Pada prinsipnya ada empat zona yang dikenal di beberapa gua, yaitu :

- Zona terang, terletak di sekitar mulut gua.
- Zona senja, terletak agak ke dalam dimana cahaya masih dapat terlihat remang-remang. Di bagian ini suhu udara masih terlihat berfluktuasi.
- Zona peralihan, merupakan peralihan antara zona senja dan zona gelap.

- Zona dalam, merupakan bagian yang gelap abadi / gelap total dan bersuhu konstan.

Masing-masing zona memiliki kondisi lingkungan yang berbeda.

## 2.2 Penelusuran Gua

Dalam penelusuran gua di kenal dua jenis gua, yaitu:

### 1. Gua horizontal

Dalam penelusuran gua secara horizontal kita melakukan gerakan dengan berjalan biasa, membungkuk, merayap, tengkurup, memanjat dan kadang-kadang menyelam serta berenang. Semuanya dilakukan dalam keadaan gelap, jadi diperlukan fisik maupun mental karena seorang penelusur gua sedikit banyak harus memiliki kelenturan tubuh dan tidak mudah menjadi panik dalam tempat yang sempit dan gelap.

### 2. Gua vertikal

Dalam penelusuran gua vertikal kita harus menuruni gua, memanjat bila diperlukan dan kadang juga menemui dimana keadaan gua tersebut semi vertikal atau memiliki kemiringan kurang dari  $90^\circ$  ( $45^\circ$  -  $75^\circ$ ). Untuk menelusuri gua ini tentu diperlukan teknik khusus untuk masuk maupun keluar dari dalam gua vertikal ini. Bagi penelusur gua teknik ini disebut *single rope technique (SRT)*. Bagi orang penelusur gua vertikal teknik SRT ini mutlak harus dikuasai karena jika tidak maka akan sulit untuk masuk dan keluar dalam keadaan selamat.

## 2.3 Pemetaan Gua

Peta merupakan gambaran dari permukaan bumi dalam skala tertentu yang digambarkan pada bidang datar dalam skala tertentu. Peta juga merupakan

penyajian grafis dari bentuk ruang dan hubungan keruangan antar berbagai pewujudan yang diwakili. Peta harus mengandung arti *komunikasi*, artinya suatu sinyal atau saluran antara si pengirim (pembuat peta) dan si penerima pesan (pemakai peta). Apabila si pengirim pesan mengalami kesulitan dalam menyampaikan pesan biasanya simbol-simbol sebagai perlambang yang mewakili sesuatu agar mudah dipahami oleh *user*. Atau dengan kata lain dibutuhkan bahasa yang sama antara kartografer dan *user* sehingga komunikasi melalui peta dapat terjalin.

Pemetaan gua adalah suatu usaha untuk menampilkan arah, kemiringan, panjang dan kondisi lorong gua ke dalam suatu medium. Medium yang di maksud pada umumnya adalah kertas gambar.

### **2.3.1 Jenis Peta Gua**

Peta gua dapat digambarkan sebagai :

#### **1. *Plan Section***

Yaitu gambar peta tampak dari atas. Pada *Plan section* koordinat letak stasiun ditentukan dari perhitungan. Yang ditampilkan adalah bentuk lorong jika di lihat dari atas, sudut belokan, letak ornamen, jenisnya dan situasi lorong gua.

#### **2. *Extended section***

Yaitu peta gua tampak samping yang memanjang. Tanpa memproyeksikan yang ditampilkan *Extended section* adalah perubahan panjang lorongnya saja, tidak dapat diketahui arah perubahan belokan.

### 3. *Projected section*

Peta gua tampak samping, diproyeksikan dari *Plan section*. Fungsi peta ini terutama untuk menampilkan kontrol geologis dari bentukan sebuah gua dan kesamaan bentuknya. Diproyeksikan dengan sudut azimuth tertentu. Metode penggambaran ini menggunakan angka elevasi stasiun ( $\Sigma h$ ), kemudian dari *Plan section* tersebut diproyeksikan dari sudut azimuth yang dipilih.

### 4. Peta gua tiga dimensi / perspektif

Peta tipe ini plotting stasiun dan detailnya menggunakan sumbu X, Y dan Z. Sumbu X dan Y untuk menentukan koordinat stasiun pada bidang datar. Sumbu Z untuk menentukan posisi stasiun berdasarkan elevasinya terhadap titik 0. Pada peta ini mendekati kenyataan, namun pada penggambarannya sangat bergantung pada imajinasi ruang si penggambar. Kesulitannya ialah harus mampu memberi kesan pada gambarnya untuk menampilkan kesan bahwa gambar tersebut berbelok ke arah tertentu (kanan-kiri), naik atau turun, perubahan bentuk penampang lorong dan lain-lain.

#### **2.3.2 Standar *Grade* dan Klasifikasi Peta Gua**

Pemetaan gua memiliki tingkat akurasi hingga batas tertentu dalam merekam arah, kemiringan, dan panjang lorong gua. Tingkat akurasi ini sangat ditentukan oleh teknik yang diterapkan, keterampilan surveyor, dan terutama oleh kinerja alat-alat ukur yang dipergunakan untuk mengumpulkan data. Unsur-unsur di atas, khususnya ketepatan alat ukur, membuat survei dapat diperkirakan

akurasi. Selanjutnya survei dapat digolongkan ke dalam tingkatan-tingkatan yang terbagi sesuai dengan akurasi.

Standar *grade* peta yang dikeluarkan oleh *British Cave Research Association* (BCRA) dibagi 6 grade dan ditambah 1 grade khusus. Standar ketelitian berdasarkan berdasarkan keakuratan pengukuran, detail, dan teknik yang digunakan. Pembagian grade survei standar BCRA adalah :

1. *Grade 1*

Peta yang dibuat berdasarkan hasil survei dengan hanya membuat sketsa dan akurasi rendah tanpa pengukuran di dalam gua

2. *Grade 2*

Digunakan jika diperlukan untuk menggambarkan perantaraan dalam akurasi antara grade 1 dan grade 3

3. *Grade 3*

Survei magnetik kasar. Sudut horizontal dan vertikal diukur dengan akurasi hingga  $\pm 2,5^\circ$ . Jarak yang diukur dengan akurasi hingga  $\pm 50$  cm. Kesalahan posisi stasiun kurang dari 50 cm.

4. *Grade 4*

Dapat digunakan jika diperlukan untuk menggambarkan survei tidak sampai ke grade 5, tetapi lebih akurat dari pada grade 3.

5. *Grade 5*

Survei dengan peralatan magnetik. Akurasi sudut horizontal dan vertikal  $\pm 1$  cm, jarak harus diukur dan dicatat hingga ke satuan sentimeter terdekat dan posisi stasiun ditentukan hingga kurang dari 10 cm, kesalahan stasiun kurang dari 10 cm.

## 6. *Grade 6*

Survei magnetik yang lebih akurat dari grade 5. Menuntut penggunaan kompas hingga batas akurasi tertinggi yang dapat dicapai, bacaan klinometer harus memiliki akurasi yang sama, kesalahan posisi stasiun kurang dari  $\pm 2.5$  cm, untuk itu penggunaan tripod atau marker tetap (*roofhooks*) akan diperlukan pada tiap stasiun.

## 7. *Grade X*

Survei yang tidak dilakukan dengan kompas atau alat non magnetik, melainkan terutama berdasar pada penggunaan theodolite atau *Total Station* (TS). Pada grade ini harus dicantumkan keterangan tentang jenis alat dan teknik yang dipergunakan.

**Klasifikasi BCRA mengenai pencatatan detail lorong gua :**

### 1. Kelas A

Detail lorong gua yang dibuat berdasarkan ingatan

### 2. Kelas B

Detail lorong diperkirakan dan dicatat di dalam gua

### 3. Kelas C

Detail lorong diukur hanya di titik-titik stasiun survei

### 4. Kelas D

Detail lorong diukur di tiap survei dan di mana saja yang dianggap perlu untuk menunjukkan perubahan yang berarti pada dimensi lorong.

### 2.3.3 Pembagian Tugas

Pekerjaan pemetaan gua adalah pekerjaan yang dilakukan secara kelompok. Masing-masing anggota kelompok memiliki peran tertentu sesuai dengan kemampuannya. Pembagian peran anggota tim survei sebagai berikut :

#### 1. *Shooter*

Tugas seorang *shooter* adalah membidik sasaran dan membaca instrumen-instrumen pengukuran, Kemudian menyampaikan hasil pembacaan kepada *descriptor*. Juru bidik ini harus memiliki pengetahuan standar *grade-grade* pemetaan yang ingin di capai, sehingga dapat membaca alat-alat ukur hingga ke satuan-satuan yang disyaratkan untuk memenuhi *grade* yang mereka tuju.

Seorang *shooter* hendaknya bukanlah seorang pengidap kelainan penglihatan yang disebut *heterophoria*, yang seringkali diderita tanpa disadari oleh orang yang menderitanya. Kelainan ini dapat menyebabkan kegagalan si pengamat dalam membaca instrument (Hatherly, 1987).

#### 2. *Stationer*

*Stationer* adalah seorang yang bertugas menentukan tempat-tempat yang dijadikan sebagai stasiun pengukuran, oleh karena itu ia harus mengetahui syarat-syarat tempat yang dapat atau harus dijadikan titik stasiun.

#### 3. *Descriptor*

Bertugas mencatat semua hasil pada buku catatan. Selain itu ia juga memiliki tugas merekam detail lorong dalam rupa sketsa yang terdiri dari sketsa tampak atas lorong (berdasar kompas dan jarak dinding kiri dan



kanan), sketsa tampak samping, serta *Cross section* (penampang) lorong. Ia juga harus mendokumentasikan situasi lorong serta tanda medan, ornamen dan sedimen yang dijumpai selama perjalanan. Selesai tahap pengambilan data, *descriptor* sebagai anggota tim yang paling memahami angka-angka, sketsa, serta simbol-simbol yang dia cantumkan ke dalam buku catatan, masih mengemban tanggung jawab untuk memproses data hingga berwujud peta.

#### **2.3.4 Sistem Survei**

Dalam melaksanakan survei pemetaan gua memiliki dua sistem arah perjalanan survei, yaitu

1. *Top to Bottom*

Dalam sistem ini arah pengambilan data adalah dari luar ke dalam.

Pemetaan dimulai dari atau sebelum pintu, diteruskan ke arah dalam gua.

2. *Bottom to Top*

Pemetaan yang dilakukan dengan sistem ini dimulai dari suatu tempat didalam gua dan diteruskan seiring dengan perjalanan ke luar.

#### **2.3.5 Metode Survei**

Dalam pemetaan gua untuk mengatur urutan posisi *stationer* dan *shooter*. Pengambilan data memakai empat metode survei yang biasanya dipakai, yaitu:

1. *Forward method (foresight)*

*Shooter* selalu berada dibelakang sedangkan *stationer* selalu berada didepan. Usai melakukan pembacaan alat ukur dan melaporkan hasil pembacaan kepada *descriptor*, *shooter* berpindah ke posisi *stationer*. Setelah titik stasiun ditempati oleh *shooter*, *stationer* bergerak ke depan

untuk menentukan titik stasiun berikutnya dimana pengukuran dilakukan lagi, dan demikian seterusnya.

## 2. *Leapfrog Method*

Pada metode ini seorang *shooter* yang sudah selesai melakukan pembacaan dan pelaporan, maju mendahului *stationer* yang masih tetap berada pada tempatnya semula. Setelah menentukan titik stasiun berikutnya, *shooter* kembali membidikkan alat-alat ukurnya ke arah *stationer* untuk melakukan pengukuran. Setelah pengukuran di stasiun tersebut selesai giliran *stationer* yang maju mendahului *shooter*, demikian seterusnya.

## 3. *Backsight*

Pembacaan instrument pengukuran dilakukan dari stasiun yang berada di depan terhadap stasiun yang ada di belakangnya. Metode ini dipergunakan ketika tim survei mempergunakan alat topofil yang sudah dilengkapi dengan kompas dan klinometer.

## 4. *Fore and Backsight*

*Shooter* melakukan pembacaan pada stasiun baik yang berada di depannya maupun yang berada di belakangnya. Metode ini hanya dilakukan bila yang ingin dicapai adalah pemetaan dengan akurasi maksimal.

## **2.4 Tahapan Pengukuran**

Sebelum melaksanakan kegiatan pengukuran, berbagai persiapan diperlukan agar pengukuran dapat berjalan lancar. Beberapa tahapan yang harus disiapkan tersebut antara lain meliputi :

1. *Reconnaissance*, yaitu penentuan lokasi secara garis besar ditentukan secara hati-hati pada peta-peta skala kecil dan dari foto udara dan penjelajahan di lapangan.
2. *Preliminary*, yaitu survei yang dilakukan pada lokasi terpilih dan pada survei ini dilakukan penentuan titik kontrol kerangka peta dan sudah ditentukan metode pengukuran yang paling efisien. Pada tahapan ini biasanya juga dihitung kebutuhan logistik, masa kerja dan target yang harus dicapai setiap hari kerja.

## **2.5 Kerangka Kontrol Pemetaan**

Pada dasarnya, kegiatan yang diperlukan untuk pemetaan suatu daerah selalu dilakukan dalam dua tahap, yaitu kerangka kontrol sebagai usaha penyebaran titik ikat dan pengambilan data-data titik detail yang merupakan wakil gambaran fisik bumi yang akan muncul di peta nantinya. Pengukuran titik kontrol dilakukan untuk menetapkan kedudukan titik-titik sebagai kerangka horizontal dan vertikal guna menentukan koordinat dan elevasi pada titik-titik detail yang lain, sehingga semua obyek merupakan satu kesatuan dalam sistem koordinat tertentu.

### **2.5.1 Kerangka Kontrol Horizontal**

Kerangka kontrol horizontal dibuat berdasarkan poligon-poligon yang berfungsi sebagai titik-titik kontrol utama. Poligon adalah serangkaian garis berurutan yang panjang dan arahnya telah ditentukan dari pengukuran lapangan. Rangkaian poligon dari titik yang membentuk segi banyak. Besaran yang diukur dalam poligon adalah unsur-unsur setiap titik dan jarak disetiap dua titik yang berurutan. Rangkaian titik tersebut dapat dipergunakan sebagai kerangka peta

dengan menentukan koordinat titik lapangan yang dapat ditentukan dengan mengukur jarak ke arah titik kontrol yang diukur dengan teliti. Untuk menentukan arah, salah satu sisi harus diketahui azimuthnya. Agar kedudukan titik-titik yang akan dihitung koordinatnya merupakan suatu sistem dengan koordinat yang telah ada, perlu beberapa titik diikatkan pada jaringan poligon yang ada.

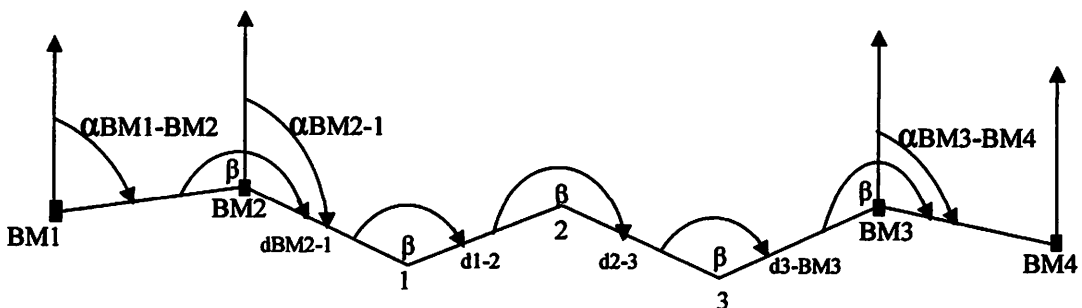
Poligon terbagi menjadi dua, yaitu poligon terbuka dan poligon tertutup. Keduanya mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai titik kontrol terhadap pengukuran-pengukuran yang dilakukan

### 2.5.1.1 Poligon Terbuka

Poligon terbuka merupakan poligon dengan titik awal dan titik akhir tidak berimpit atau tidak pada titik yang sama. Dalam hal ini titik awal dimanfaatkan untuk dijadikan acuan dalam menentukan sudut dan jarak pada titik selanjutnya, dan untuk pengecekan kebenaran dan mendeteksi kesalahan pembacaan sudut dan jarak pada titik sebelumnya tidak digunakan titik akhir sebagai acuan karena titik awal dan titik akhir tidak bertemu.

#### 2.5.1.1.1 Poligon Terbuka Terikat Sempurna

Poligon terbuka terikat sempurna adalah suatu poligon dengan titik awal dan titik akhir berupa titik tetap.



Gambar 2.1 Poligon Terbuka Terikat Sempurna

Keterangan gambar :

- BM1, BM2, BM3, BM4 = Titik tetap  
 1, 2, 3 = Titik yang akan ditentukan koordinatnya  
 d BM2-1, ..., d3-BM3M3 = jarak-jarak sisi poligon  
 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  = sudut  
 $\alpha_{BM1-BM2}, \alpha_{BM3-BM4}$  = Azimuth awal dan azimuth akhir

Rumus persyaratan dan koreksi harus dipenuhi adalah :

1.  $\sum \beta + f(\beta) = (\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) + (n \times 180^\circ)$
2.  $\sum D \times \sin \alpha + f(X) = X_{akhir} - X_{awal}$
3.  $\sum D \times \cos \alpha + f(Y) = Y_{akhir} - Y_{awal}$

Untuk koreksi-koreksi hasil pengukuran lain digunakan rumus :

$\frac{d_{1-2}}{\sum d} x.f(x)$  a, untuk koreksi jarak pada sumbu X atau absis sedangkan

$\frac{d_{1-2}}{\sum d} y.f(y) = a$ , untuk koreksi jarak pada sumbu Y atau ordinat

$X_2 = X_1 + d_{1-2} \sin \alpha_{1-2} + \frac{d_{1-2}}{\sum d} x.f(x)$ , untuk koordinat terkoreksi pada Absis (X).

$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cos \alpha_{1-2} + \frac{d_{1-2}}{\sum d} x.f(y)$ , untuk koordinat terkoreksi pada ordinat (Y).

Dan untuk mengetahui sejauh mana ketelitian suatu pengukuran dapat dilihat dengan menghitung kesalahan-kesalahan pada pengukuran, yakni :

Kesalahan Azimuth  $E_b = \text{Arc Tan } \frac{X}{Y}$

Kesalahan jarak  $C_d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$

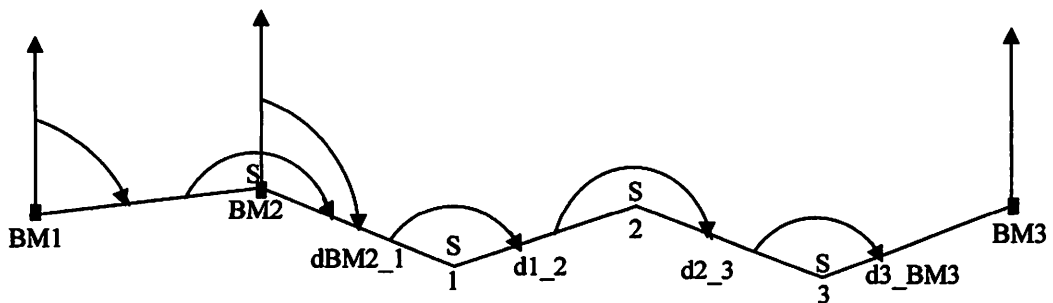
Sehingga dapat dihitung nilai ketelitian pengukuran dengan rumus

$$\text{Ketelitian Linear} = \frac{Cd}{\sum d}$$

- dimana :
- $\sum D$  = Jarak
  - a = Kesalahan jarak
  - $\alpha_{1-2}$  = Sudut antara titik 1 dan 2
  - X1 = Absis titik awal
  - f(s) = Kesalahan penutup poligon
  - f(x) = Koreksi absis
  - f(y) = koreksi ordinat
  - d<sub>1-2</sub> = jarak antar titik 1 dan 2
  - Y1 = Ordinat titik awal

### 2.5.1.1.2 Poligon Terbuka Terikat Koordinat

Poligon terbuka terikat koordinat adalah poligon yang titik awal dan akhirnya berada pada titik yang tetap dan terikat pada koordinat awal dan koordinat akhir.



Gambar 2.2 Poligon Terbuka Terikat Koordinat

Keterangan gambar :

BM1, BM2, BM3	= Titik tetap
1, 2, 3	= Titik yang akan ditentukan koordinatnya
d BM2-1, ..., d3-BM3	= jarak-jarak sisi poligon
S1, S2, S3, S4	= sudut
$\alpha_{BM1-BM2}$	= Azimuth awal

Dalam poligon terbuka terikat koordinat berlaku:

$$\sum d \times \sin \alpha = X_{akhir} - X_{awal}$$

$$\sum d \times \cos \alpha = Y_{akhir} - Y_{awal}$$

Langkah perhitungan poligon terbuka terikat koordinat adalah :

- 1) Menentukan azimuth awal

$$\alpha_{BM_1 - BM_2} = \text{Arctan} \frac{(X_{BM2} - X_{BM1})}{(Y_{BM2} - Y_{BM1})}$$

- 2) Menghitung koordinat 1,2,3 dan BM3.

$$X_1 = X_{BM2} + D_{BM2-1} \times \sin \alpha_{BM2-1}$$

$$Y_1 = Y_{BM2} + D_{BM2-1} \times \cos \alpha_{BM2-1}$$

$$X_2 = X_1 + D_{1-2} \times \sin \alpha_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + D_{1-2} \times \cos \alpha_{1-2}$$

$$X_3 = X_2 + D_{2-3} \times \sin \alpha_{2-3}$$

$$Y_3 = Y_2 + D_{2-3} \times \cos \alpha_{2-3}$$

$$X_{BM3} = X_3 + D_{3-BM3} \times \sin \alpha_{3-BM3}$$

$$Y_{BM3} = Y_3 + D_{3-BM3} \times \cos \alpha_{3-BM3}$$

- 3) Menghitung azimuth ( $\alpha_{BM2-3}$ ) yang diketahui

$$(\alpha_{BM2-3}) = \text{Arctan} \frac{(X_{BM3} - X_{BM2})}{(Y_{BM3} - Y_{BM2})}$$

- 4) Menghitung azimuth ( $\alpha_{BM2-BM3}$ ) dari perhitungan pendekatan

$$(\alpha_{BM2-3}') = \text{Arctan} \frac{(X_{BM3'} - X_{BM2})}{(Y_{BM3'} - Y_{BM2})}$$

- 5) Hitungan selisih azimuth ( $\Delta\alpha_{BM2-BM3}$ )

$$\Delta\alpha_{BM2-BM3} = \alpha_{BM2-BM3} - \alpha_{BM2-BM3}'$$

- 6) Hitungan azimuth terkoreksi

$$\alpha_{BM2-1} = \alpha_{BM2-1} + \Delta\alpha_{BM2-BM3}$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{BM2-1} + \Delta\alpha_{BM2-BM3} - 180^\circ + \beta_1$$

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + \Delta\alpha_{BM2-BM3} - 180^\circ + \beta_2$$

$$\alpha_{3-BM3} = \alpha_{2-3} + \Delta\alpha_{BM2-BM3} - 180^\circ + \beta_3$$

Dengan catatan apabila azimuth lebih dari  $360^\circ$  maka :

$$\alpha_{1-2} = (\alpha_{BM2-1} + \Delta\alpha_{BM2-BM3} - 180^\circ + \beta_1) - 360^\circ$$

apabila azimuth kurang dari  $0^\circ$  maka :

$$\alpha_{1-2} = (\alpha_{BM2-1} + \Delta\alpha_{BM2-BM3} - 180^\circ + \beta_1) + 360^\circ$$

- 7) Hitungan selisih absis dan selisih ordinat ( $\Delta X$  dan  $\Delta Y$ )

$$\sum \Delta X_{BM2-1} = D_{BM2-1} \times \sin \alpha_{BM2-1}$$

$$\sum \Delta Y_{BM2-1} = D_{BM2-1} \times \cos \alpha_{BM2-1}$$

Perhitungan ini dilanjutkan hingga :

$$\sum \Delta X_{3-BM3} = D_{3-BM3} \times \sin \alpha_{3-BM3}$$

$$\sum \Delta Y_{3-BM3} = D_{3-BM3} \times \cos \alpha_{3-BM3}$$

- 8) Menghitung koreksi pada tiap-tiap kesalahan absis dan ordinat ( $K\Delta X$  dan  $K\Delta Y$ ) :

$$K\Delta X_{BM2-1} = \left( \frac{D_{BM2-1}}{\sum d} \right) \times f\Delta X$$



$$K\Delta Y_{BM2-1} = \left(\frac{d_{BM2-1}}{\Sigma d}\right) \times f\Delta Y$$

Perhitungan dilanjutkan hingga :

$$K\Delta X_{3-BM3} = \left(\frac{D_{3-BM3}}{\Sigma d}\right) \times f\Delta X$$

$$K\Delta Y_{3-BM3} = \left(\frac{D_{3-BM3}}{\Sigma d}\right) \times f\Delta Y$$

Jika kesalahan absis dan ordinat bertanda negatif (-) maka koreksinya positif (+), begitu pula sebaliknya.

9) Menghitung koordinat sesungguhnya ( X,Y )

Diketahui koordinat (  $X_{BM2}, Y_{BM2}$  ) maka :

$$X_1 = X_{BM2} + \Delta X_{BM2-1} \pm K\Delta X_{BM2-1}$$

$$Y_1 = Y_{BM2} + \Delta Y_{BM2-1} \pm K\Delta Y_{BM2-1}$$

Perhitungan ini dilanjutkan hingga :

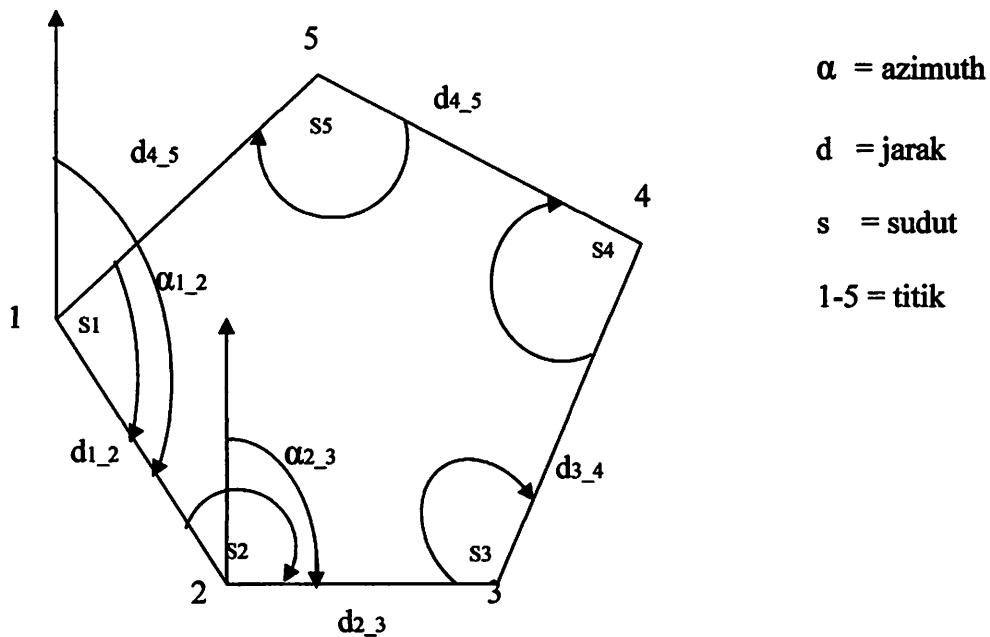
$$X_{BM3} = X_3 + \Delta X_{3-BM3} \pm K\Delta X_{3-BM3}$$

$$Y_{BM3} = Y_3 + \Delta Y_{3-BM3} \pm K\Delta Y_{3-BM3}$$

Jika nilai koordinat titik BM3 yang dihitung sama dengan koordinat titik BM3 yang diketahui maka perhitungannya dinyatakan benar. Poligon ini sering dipakai dilapangan karena tidak menutup kemungkinan banyak dijumpai hambatan-hambatan misalnya hanya ada dua titik pengikat yang diketahui sehingga azimuth awal atau azimuth akhir yang belum diketahui memakai azimuth pendekatan.

### 2.5.1.2 Poligon Tertutup

Merupakan suatu jaringan poligon dengan titik awal dan titik akhir pada titik yang sama. Contoh :



Gambar 2.3 Poligon Terbuka tidak Terikat Sempurna

Data yang ditentukan : koordinat awal I (X,Y,Z)

Data yang diukur :

1. Azimuth awal
2. Semua sudut
3. Semua jarak

Syarat sudut penutup poligon tertutup

- Sudut dalam  $\sum \beta = (n - 2) \times 180^\circ$

- Sudut luar  $\sum \beta = (n + 2) \times 180^\circ$

a) Syarat Untuk Koordinat

- Absis (X)  $\sum (d \times \sin \alpha \pm f(x)) = 0$

$$- \text{ Ordinat (Y)} \quad \Sigma(d \times \cos\alpha \pm f(y)) = 0$$

b) Ketelitian Linier

$$KL = \frac{Cd}{\Sigma d}$$

$$CD = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

Rumus dasar untuk penghitungan poligon

- Untuk mencari azimuth :

$$\alpha_{2-3} = (\alpha_{1-2} \pm 180^\circ) + \beta$$

Untuk mencari koordinat

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \times \sin\alpha_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \times \cos\alpha_{1-2}$$

f(x) = Koreksi absis

f(y) = koreksi ordinat

Dd1-2 = jarak antar titik 1 dan 2

Y1 = Ordinat titik awal

## 2.6 Pengukuran Pada *Pothole*

*Pothole* adalah lorong gua vertikal dengan dasar lorong yang biasanya berukuran lebih luas daripada mulutnya. Dalam bahasa jawa, gua yang berbentuk seperti ini disebut *luweng*. Suatu *pothole* diukur dengan dua rangkaian poligon, satu dipermukaan mulut gua dan satu didasar. Kedua poligon ini dihubungkan oleh satu *survei leg* vertikal yang berada pada lintasan tali. Poligon dipermukaan berupa poligon tertutup dan diukur pada jarak aman dari mulut *pothole*. Poligon didasar *pothole* dapat dirangkai secara terbuka maupun tertutup.

## **2.7 Pengukuran Pada *Pitch* Dalam**

Istilah *pitch* ditunjukkan bagi lorong, jurang atau air terjun vertikal yang cukup dalam, sehingga dibutuhkan teknik khusus untuk melaluinya. Bila *pitch* tersebut memiliki kedalaman 50 meter, tentu itu masih dapat diukur dengan rollmeter. Tetapi bila *pitch* tersebut memiliki kedalaman lebih dari 50 meter, maka survei harus mengukurnya dengan teknik pengukuran yang berbeda.

### **2.7.1 Mengukur Tali**

Mengukur kedalaman *pitch* dengan cara mengukur panjang tali yang dipergunakan dalam membuat lintasan vertikal adalah cara termudah. Sebelum tali yang dipasang sebagai lintasan untuk naik dan turun lorong dilepas dari tambatan (setelah semua orang naik), ia terlebih dahulu ditandai, misalnya dengan simpul, sesuai dengan panjang lorong yang ingin diukur. Setelah penelusuran selesai dan tali tersebut dilepas, ukur panjang tali yang telah ditandai dengan meteran. Cara ini dapat menghasilkan kesalahan hitung yang besar, karena ketegangan tali yang dipasang sebagai lintasan berbeda dengan ketegangan tali ketika diukur.

### **2.7.2 Metode Tandem**

Metode ini dilakukan oleh dua orang yang memanjat secara berurutan pada satu lintasan. Bila kedua pemanjat memiliki perbedaan yang mencolok dalam berat tubuhnya, maka cara berikut ini dipakai untuk memperkecil penghitungan. Pemanjat pertama menggantung pada tali, tidak perlu terlalu tinggi, asal ia tidak menyentuh tanah, tandai bagian ujung tali yang menyentuh tanah, kemudian ia turun lagi. Pemanjat kedua melakukan hal yang sama, tandai tali tepat di bagian yang bersentuhan dengan tanah. Hitung tinggi *pitch* dengan rumus berikut :

$$\text{Tinggi } pitch = \frac{L-(S \times T)}{L}$$

L = Panjang tali yang belum dikoreksi

T = panjang tandem atau dalam hal ini A+B+C

S = Angka perbedaan kemuluran yang diukur di bawah

### 2.7.3 Metode Trigonometri

Merupakan suatu pengukuran untuk memperoleh perbedaan tinggi dua buah titik dengan cara observasi sudut elevasi yang biasanya untuk pekerjaan ini alat yang digunakan adalah *Total Station (TS)*. Dalam metode ini, penentuan beda tinggi diperlukan sudut tegak yaitu sudut heling ( $\alpha_h$ ) dan sudut zenith ( $\alpha_z$ ). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.

Dengan rumus perhitungan :

Jarak :

$$Z \text{ sistem : } dd = dm \times \sin vz$$

$$H \text{ sistem : } dd = dm \times \cos vh$$

Beda tinggi :

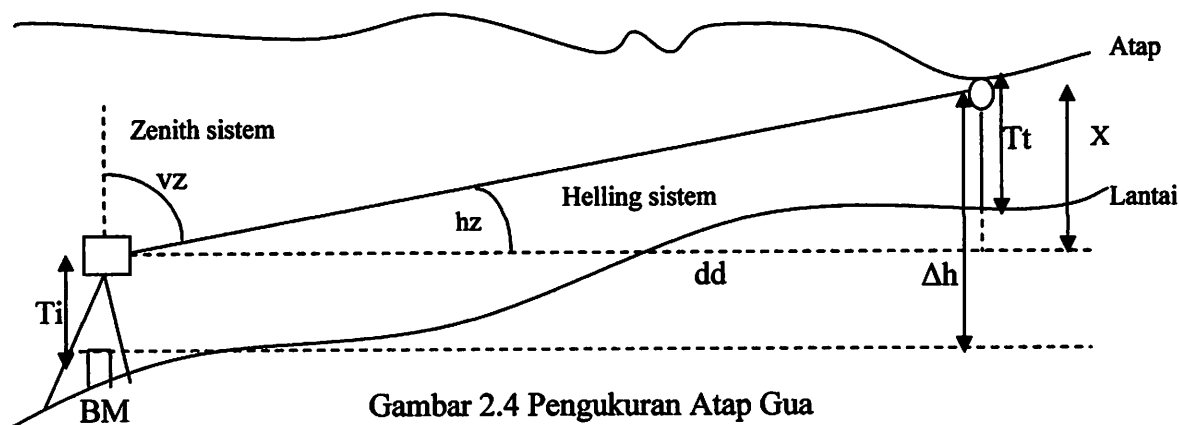
$$Z \text{ sistem : } \Delta h = (T_i - T_t) + dd \times \cotg vz$$

$$H \text{ sistem : } \Delta h = (T_i - T_t) + dd \times tg vz$$

### 2.8 Pengukuran Tinggi Atap Gua

Pemetaan yang dilakukan dalam klasifikasi C dan D menuntut surveiur untuk bersusah payah mengukur detail lorong yang meliputi jarak stasiun ke dinding kiri, jarak stasiun ke dinding kanan, serta tinggi atap dari lantai. Pengukuran tinggi atap tentu bukan menjadi masalah seandainya atap yang hendak diukur masih dapat dijangkau dengan tangan. Namun ketika atap tersebut

berada lebih tinggi dari jangkauan, maka diperlukan cara tertentu agar ketinggiannya dapat diketahui. Diantara berbagai cara yang pernah di coba, salah satunya adalah dengan bantuan balon gas dan benang. Bisa jadi cara ini menghasilkan angka yang cukup akurat, namun jelas bukan cara yang paling praktis. Tinggi atap dapat diketahui dengan cara yang lebih mudah, yaitu dengan cara melakukan pengukuran dengan metode trigonometri.



Gambar 2.4 Pengukuran Atap Gua

Keterangan :

V = Sudut Vertikal

Ti = Tinggi Alat

X = Sisi segitiga

Tt = Tinggi target (nol)

dm = Jarak miring

dd = Jarak datar

Δh = Beda tinggi

Rumus perhitungan :

Jarak :

$$Z \text{ sistem : } dd = dm \times \sin vz$$

$$H \text{ sistem : } dd = dm \times \cos vh$$

## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **3.1 Peralatan Penelitian**

Adapun alat dan Materi atau bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian pemetaan gua ini mencakup peralatan survei dan perangkat pengolahan data (*Hardware* dan *software*), diantaranya adalah :

##### **3.1.1 Peralatan Survei**

1. Total Station GTS 230
2. Disto Meter Leica Disto A5
3. GPS Handheld Garmin 76Csx
4. Peta Rbi skala 1:25000 dan peta *google earth* lokasi penelitian
5. Alat penerangan seperti *headlamp* dan *emergency lamp*

##### **3.1.2 Perangkat Pengolahan Data**

###### **3.1.2.1 Perangkat Keras (*Hardware*)**

1. Laptop Dell Inspiron N4030
2. Mouse
3. Printer

### **3.1.2.2 Perangkat Lunak (*Software*)**

1. *Microsoft Office 2007*
2. *Topcon Link v.75*
3. *AutoCAD Land Desktop 2009*
4. *3ds Max 7*

## **3.2 Penggunaan Alat Survei dan *Software*nya**

### **3.2.1. *Microsoft Office***

#### **➤ *Microsoft Word 2007***

*Microsoft Word 2007* dengan kemampuannya yang telah banyak dikenal dalam era komputerisasi digunakan sebagai media olah kata dalam penyusunan Laporan Penelitian. Tampilan awal seperti pada gambar akan ditampilkan pertama kali pada saat kita aktifkan perangkat lunak *Microsoft Word 2007*.

#### **➤ *Microsoft Excel 2007***

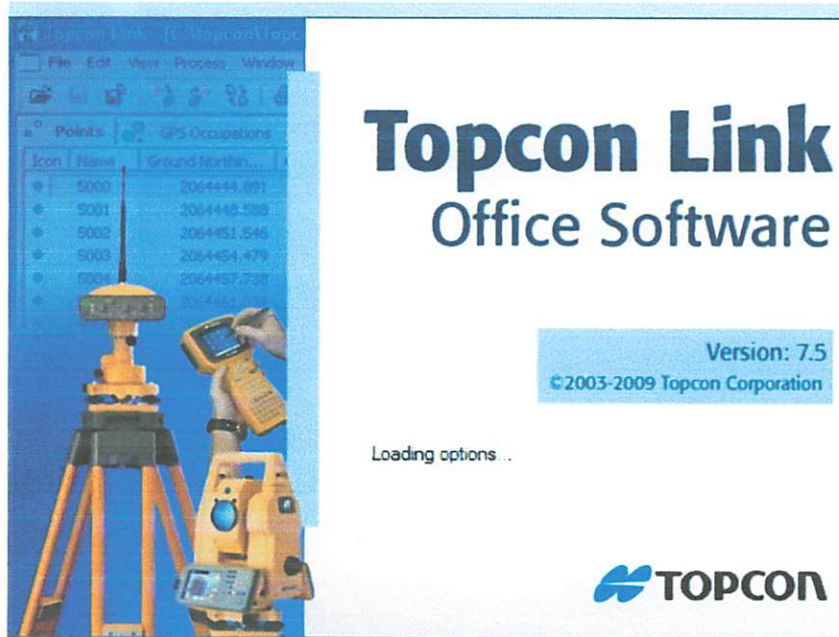
*Microsoft Excel 2007* adalah sebuah perangkat lunak *spreadsheet*, dimana penggunaannya untuk membuat lembar kerja (*spreadsheet*), memformat *spreadsheet*, meng-*entry* data, menganalisis dan memecahkan masalah tabel serta pengolahannya.



### 3.2.2. *Topcon Link v.75*

*Topcon Link v.75* adalah perangkat lunak untuk mentransfer data hasil survey lapangan yang tersimpan di Total station ke dalam hard disk komputer.

Tampilan awal pada saat memulai pada *Topcon Link v.7.5* terlihat pada gambar.

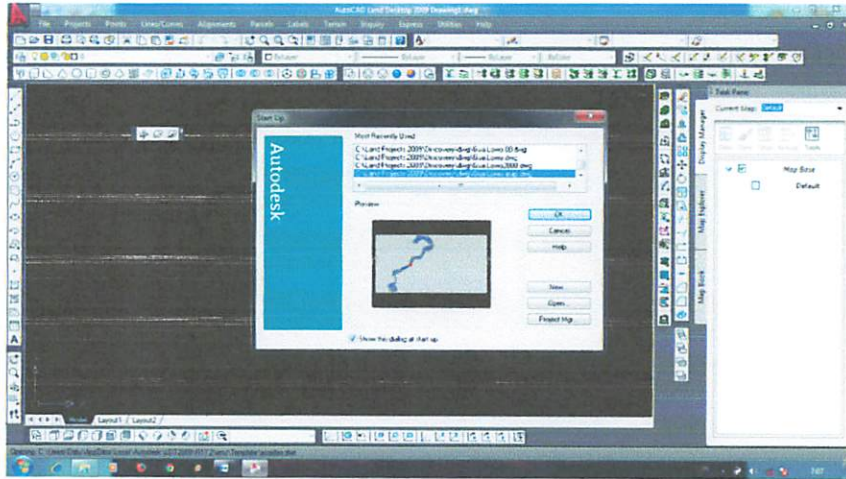


Gambar 3.1. Gambar Tampilan Awal *Topcon Link v.75*

### 3.2.3. *AutoCAD Land Desktop 2009*

Perangkat lunak *AutoCAD Land Desktop 2009* adalah perangkat lunak komputer untuk bidang *Computer Aided Design (CAD)* yang paling banyak digunakan dalam pembuatan peta digital dalam survei dan pemetaan yang memiliki keistimewaan dalam pembangunan

database. Dengan fungsi-fungsinya yang semakin kompleks pengguna lebih mudah untuk penelitian ini, *AutoCAD Land Desktop 2009* digunakan sebagai media penggambaran grafis serta *editing* data peta untuk mempermudah pengolahan data pada *Land Desktop*.

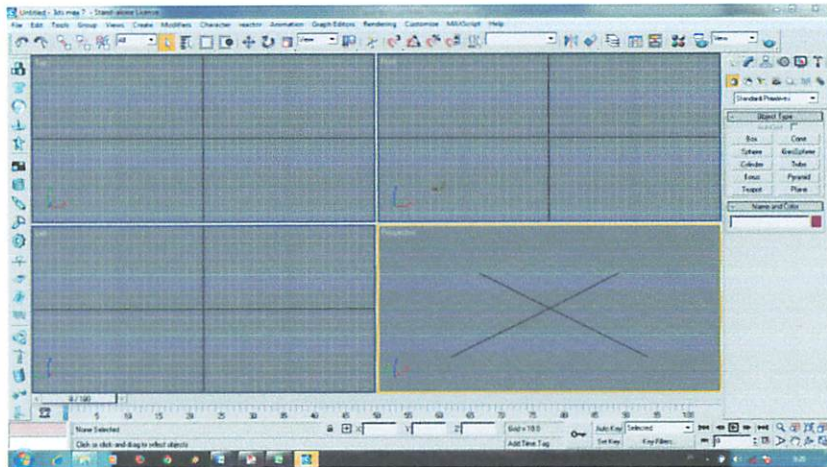


Gambar 3.2. Tampilan *AutoCAD Land Desktop 2009*

### 3.2.4. *3ds Max7*

*3ds Max7* adalah *software* untuk membuat gambar animasi 3 dimensi. *Software* ini biasa digunakan untuk menggambar desain yang menyerupai desain gambar animasi yang mendekati pada obyek sesungguhnya. Sehingga dalam penggambaran perspektif tiga dimensi gua, dapat memanfaatkan *software 3ds Max7* ini.





Gambar 3.3 Tampilan awal pada *software 3ds Max7*

### 3.2.5. *Total Station Topcon GTS 230*

*Total Station* (TS) adalah sebuah theodolite yang digunakan untuk mengukur sudut, hanya saja dalam TS dilengkapi dengan sistem pengoperasian digital, dan EDM yang berguna untuk pengukuran jarak. Fungsi TS dalam penelitian ini adalah untuk membuat kerangka kontrol peta dan mengukur detail objek dalam gua.



Gambar 3.4. *Total Station Topcon GTS 230*

### 3.2.6. *Leica Disto A5*

*Leica Disto A5* adalah alat pengukur jarak *portabel* yang bisa digunakan dengan satu tangan tanpa menggunakan reflektor khusus.

Disto meter digunakan sebagai pengukur jarak pada atap gua yang tidak bisa dijangkau oleh alat TS. Pengukuran atap gua diukur menggunakan disto meter dari titik lantai gua yang sudah berkoordinat.

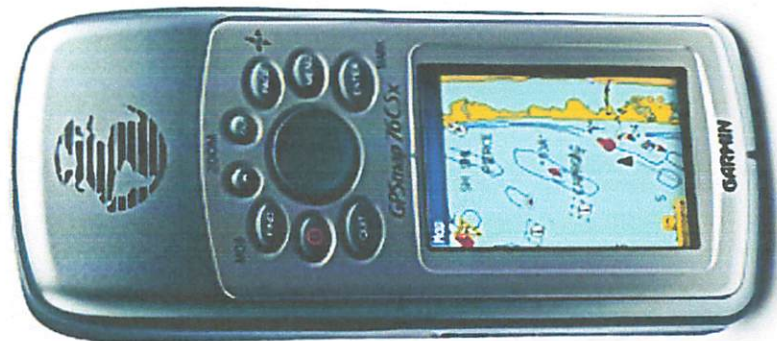


Gambar 3.5. Leica Disto A5

### 3.2.7. *GPS Handheld Garmin 76 Csx*

GPS Handheld Garmin 76 Csx merupakan receiver GPS tipe navigasi (*navigation type*) yang kadang disebut tipe genggam (*handheld receiver*) umumnya digunakan untuk penentuan posisi absolut secara instan yang tidak menuntut ketelitian terlalu tinggi.

Dalam penelitian ini GPS Handheld hanya digunakan sebagai alat navigasi pada orientasi awal dan untuk menentukan koordinat pendekatan pada titik awal pengukuran.



Gambar 3.6. GPS Handheld Garmin 76 Csx

### 3.3 Metode Pengambilan Data Lapangan

Pada pemetaan gua haruslah direncanakan dengan matang, cermat, dan efisien terlebih dahulu. Karena pengukuran ini dibutuhkan biaya operasional yang cukup besar yaitu dari sewa peralatan survei, akomodasi dan konsumsi personil selama dilapangan serta pengukuran yang tidak dapat dilakukan sewaktu-waktu.

#### 3.3.1. Persiapan

Pada tahapan ini beberapa hal yang harus dilakukan adalah:

- Persiapan personil survei
- Persiapan peralatan termasuk percobaan pengoperasian dan analisa hasil datanya
- Legalisasi perijinan dengan pemerintahan setempat dan kerjasama yang baik dengan semua pihak yang terlibat
- Pengaturan data jadwal survei

### **3.3.2. Survei Lapangan**

Orientasi lapangan dilakukan untuk mengetahui secara nyata mengenai kondisi lapangan yang akan disurvei, sehingga akan didapatkan gambaran dan informasi awal untuk perencanaan survei selanjutnya. Langkah-langkah selanjutnya dalam orientasi lapangan adalah :

1. Mengetahui jenis gua yang akan diukur, gua vertikal atau horizontal. Sehingga dapat diketahui peralatan pendukung penelusuran yang akan dibutuhkan.
2. Menentukan lokasi titik yang sesuai dengan kegunaan titik-titik poligon lainnya.
3. Menentukan lokasi titik yang baik, stabil aman dan yang sekiranya akan dapat bertahan dalam waktu yang cukup lama.
4. Mencari dan mengidentifikasi titik ikat yang ada disekitar lokasi, yang kemungkinan bisa dipakai dalam pengukuran nanti.
5. Memastikan bahwa lokasi titik tersebut mempunyai ruang pandang yang baik, sehingga titik satu dengan titik berikutnya saling terlihat.
6. Mencatat secara detail kondisi dan karakteristik dari setiap lokasi titik yang akan ditentukan posisinya maupun lokasi titik ikat yang telah diketahui koordinatnya.

7. Memastikan bahwa lokasi titik yang dipilih akan aman dari gangguan manusia maupun fenomena alam, sehingga tidak merusak marker yang sudah terpasang.
8. Menyelesaikan masalah perijinan dengan pihak-pihak yang terkait dilokasi pengukuran, agar tidak menghambat proses pelaksanaan penelitian nantinya.

### **3.3.3. Pemasangan Marker**

Pemasangan marker dimaksudkan untuk mendapatkan kepastian posisi titik-titik yang akan diukur dengan peralatan sesuai dengan keperluan.

Pekerjaan pemasangan marker ini antara lain :

1. Pemasangan marker kerangka kontrol utama

Pemasangan marker untuk kerangka utama dilaksanakan pada lokasi yang tersebar pada luas daerah yang dipetakan, sehingga titik-titik tersebut membentuk poligon utama.

2. Pemasangan marker titik bantu kerangka kontrol utama

Marker titik bantu kerangka kontrol utama diletakkan pada beberapa lokasi yang tersebar pada area pengukuran. Marker bantu ini dipasang dengan tujuan untuk dapat diikatkan pada titik utama agar didapatkan posisi-posisi titik detail yang diperlukan dalam pemetaan. Pemasangan marker bantu

dilakukan oleh tim survei sesuai dengan titik-titik bantu yang diperlukan.

#### **3.3.4. Pengukuran Poligon**

Pada pelaksanaan penelitian pemetaan gua ini, pengukuran poligon dilakukan dua kali, yaitu :

##### **3.3.4.1 Pengukuran Poligon Tertutup**

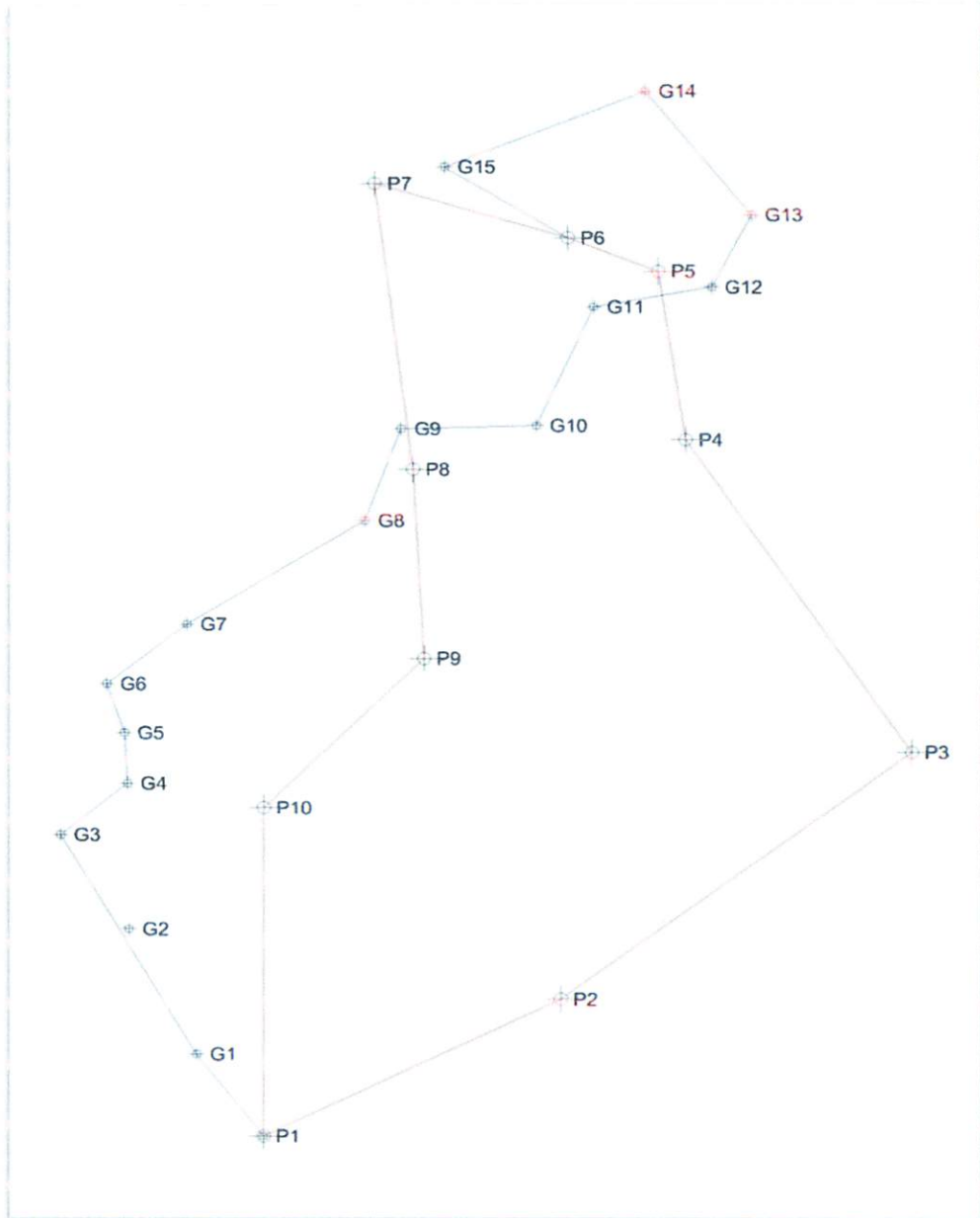
Pengukuran poligon tertutup dilakukan diatas permukaan gua. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mengadakan titik koordinat di mulut masuk gua dan mulut keluar gua. Sehingga dari dua titik koordinat yang sudah diketahui dari hasil pengukuran poligon tertutup diatas permukaan tersebut bisa digunakan sebagai titik ikat poligon terbuka di dalam gua. Hal ini dilakukan karena tidak ada pengamatan GPS Geodetik pada titik awal dan titik akhir pada mulut gua.

##### **3.3.4.2 pengukuran Poligon Terbuka Terikat Koordinat**

pengukuran poligon terbuka terikat koordinat dilakukan sebagai kerangka kontrol peta di dalam gua. Pada pengukuran ini kerangka kontrol peta dalam gua diikatkan pada dua koordinat dari hasil pengukuran poligon tertutup diatas permukaan gua.



Adapun contoh sket pengukuran poligon di atas permukaan dan pengukuran poligon di dalam gua.



Gambar 3.7 Sket Pengukuran Poligon

### 3.3.5 Pengukuran Detail

Pada pengambilan data dalam pengukuran detail ini menggunakan metode Tachymetri. Pengukuran detail dalam pemetaan gua perspektif

tiga dimensi adalah pembentukan lorong gua. Oleh karena itu dalam penamaan *id* pengukuran detail haruslah benar-benar diperhatikan. pelaksanaan pengukuran detail dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran detail diukur dari kerangka kontrol peta dalam gua
2. Deskriptor mencatat sket dan penomoran *id* detail gua
3. untuk pengambilan titik detail pada atap gua yang tidak terjangkau dengan alat TS, maka diukur dengan menggunakan alat pengukur jarak disto meter. Atap gua diukur dari titik detail lantai yang sudah diketahui koordinat dan elevasinya.

### **3.4 Metode Proses Pengolahan Data**

Proses pengolahan data survei adalah untuk merubah angka-angka yang telah dikumpulkan saat pemetaan menjadi angka-angka yang akan dijadikan acuan dalam penggambaran peta gua. untuk memudahkan perhitungan dan penyusunan angka-angka sesuai dengan urutannya, data survei dimasukkan ke dalam lembar perhitungan *Microsoft Excel 2007*.

#### **3.4.1 Pengolahan Data Poligon Tertutup**

Proses perhitungan data poligon dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2007*. Data-data yang diinputkan dalam proses perhitungan ini adalah :

- Sudut horizontal
- Jarak datar
- Azimuth awal

- Kordinat awal

Azimuth awal diukur dengan menggunakan kompas dan didapat sebesar  $63^{\circ} 12' 25''$ . Koordinat awal ditentukan dengan GPS navigasi sebagai koordinat pendekatan,  $X= 660847,000\text{m}$   $Y= 9074341,000\text{m}$ . Contoh hasil input datanya adalah :

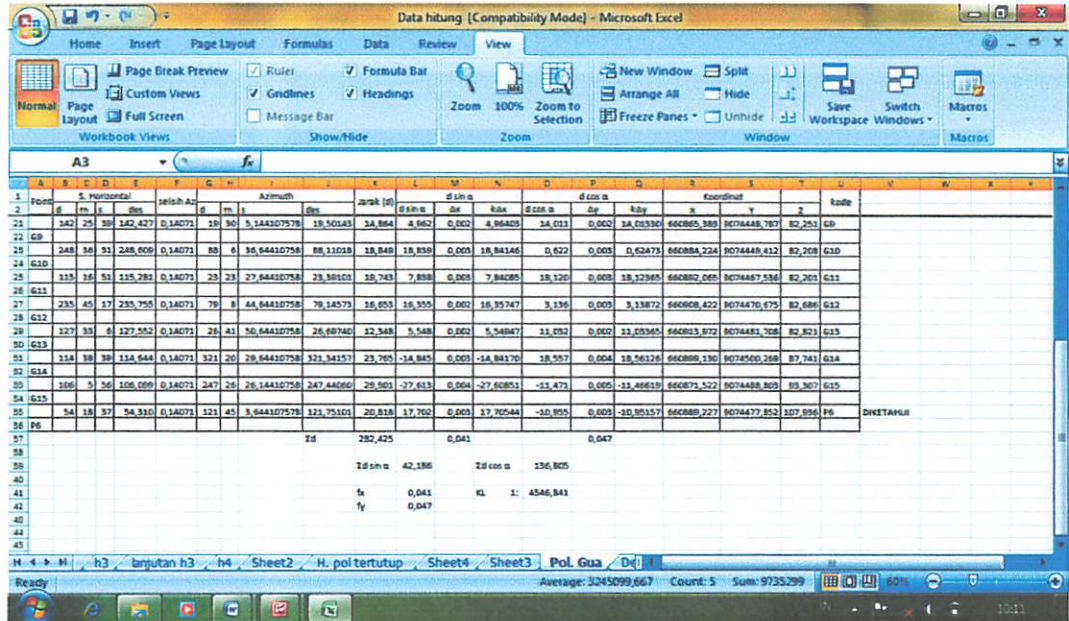
Stasiun	Bearing	Jarak	Azimuth	ΔX	ΔY	X	Y
P1				660847,000	9074341,000		
P2	63° 12' 25"	63,26944	63,280	69,2795	46,298	41,354	0,005
P3	168° 0' 20,5"	168,0057	168,016	52,17	43,52853	43,682	48,809
P4	84° 10' 32,5"	84,17568	84,186	326,28	52,326,481	57,076	-35,513
P5	205° 2' 3"	205,0342	205,044	314,31	33,303,525	25,894	-3,813
P6	120° 31' 24"	120,5253	120,533	282,3	31,282,058	13,623	-12,626
P7	175° 11' 33"	175,1925	175,203	287,13	41,287,261	28,137	-26,870
P8	85° 45' 21"	85,75583	85,766	173,1	38,173,027	43,906	5,330
P9	183° 53' 0,5"	183,886	183,896	176,35	24,176,023	28,876	1,550
P10	227° 25' 32,5"	227,4257	227,436	224,21	32,224,358	31,856	-22,258
P11	135° 37' 51,3"	135,6308	135,641	180,0	0,180	50,022	0,006

Gambar 3.8 Proses Perhitungan Pada Microsoft Excel 2007

### 3.4.2 Pengolahan Data Poligon Terbuka Terikat Koordinat

Pada perhitungan poligon terbuka terikat koordinat dilakukan penghitungan koordinat pendekatan pada P6 sebagai titik akhir koordinat dalam pengukuran dalam gua. Sehingga dari titik P1 dan titik P6' dapat dihitung azimuth P1-P6'. Demikian pula dengan titik ikat awal P1 dan titik akhir P6 dapat dihitung azimuth P1-P6. Selisih

keduanya merupakan besaran sudut rotasi yang diberikan pada azimuth pendekatan.



Gambar 3.9 Proses Perhitungan Poligon Terikat Koordinat Pada Microsoft Excel 2007

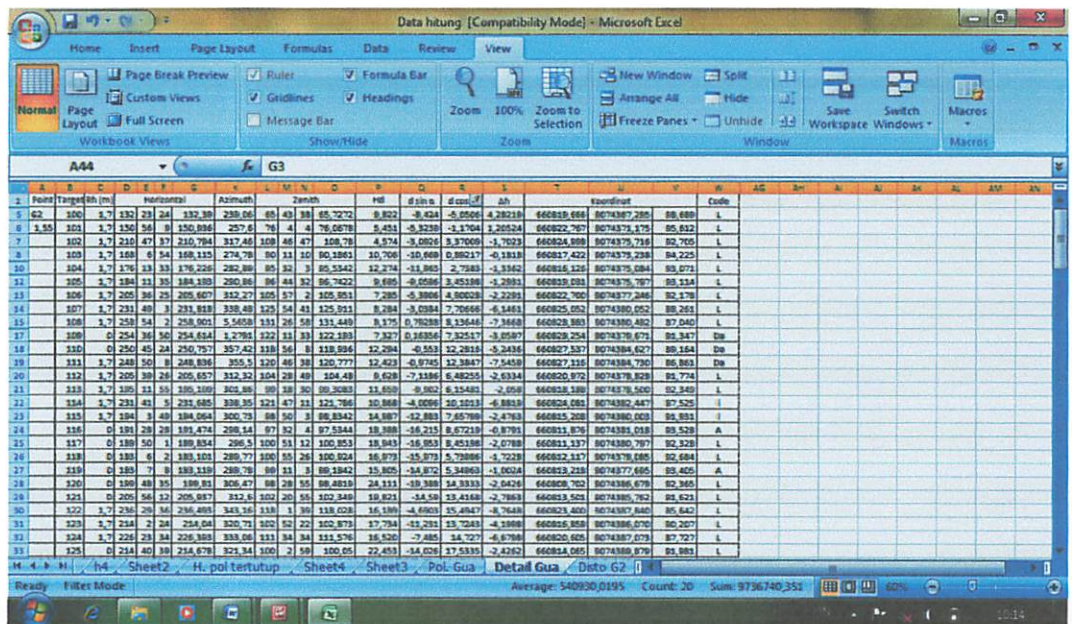
Poligon ini sering dipakai dilapangan karena tidak menutup kemungkinan banyak dijumpai hambatan-hambatan misalnya hanya ada dua titik pengikat yang diketahui sehingga azimuth awal atau azimuth akhir yang belum diketahui memakai azimuth pendekatan.

### 3.4.3 Pengolahan Data Pengukuran Detail

Sebelum melakukan proses perhitungan data detail, kita harus mempersiapkan catatan-catatan dan data detail hasil pengukuran lapangan untuk dimasukkan ke dalam formulir perhitungan detail. Data-data hasil pengukuran detail yang diinputkan dalam proses perhitungan adalah :

- Tinggi alat
- Sudut horizontal
- Sudut vertikal
- Tinggi *stick prisma reflektor*
- Elevasi awal

Adapun proses perhitungan detail di dalam *Microsoft Excel 2007* seperti dibawah ini :



Gambar 3.10 Proses Perhitungan Detail Pada *Microsoft Excel 2007*

### 3.5 Metode Penggambaran

Proses awal penggambaran peta dalam penelitian ini menggunakan *software AutoCAD Land Desktop 2009*. *Software AutoCAD* yang sebenarnya di cipta untuk diaplikasikan dalam bidang rancang bangun ini memiliki banyak kemampuan yang dibutuhkan untuk menggambar peta. Kemampuan program ini menempatkan titik dan garis secara tepat sangat

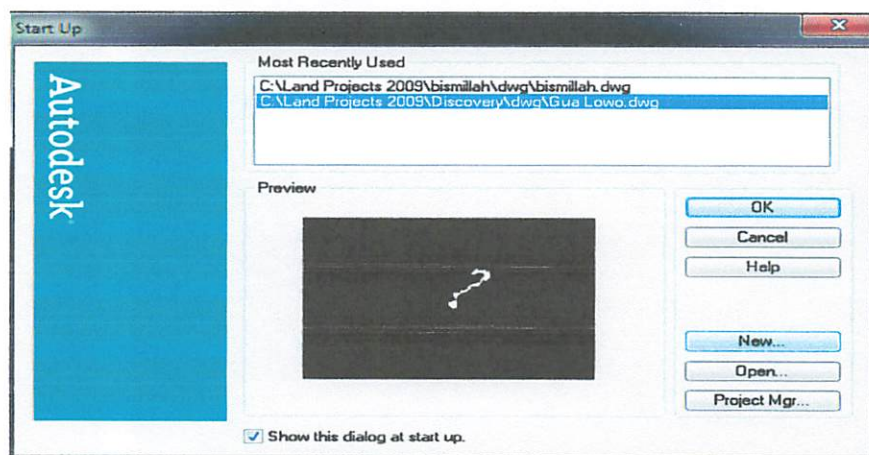
membantu dalam mengurangi kesalahan. Selain dapat menghasilkan peta dua dimensi, *software AutoCAD Land Desktop* juga mempermudah penggambar peta dalam membuat peta gua dalam tiga dimensi. Peta gua tiga dimensi selanjutnya dibangun menggunakan *software 3ds Max*.

### 3.5.1. Ploting Data

Setelah semua data hasil pengukuran survei pemetaan gua selesai diproses, maka data koordinat dari hasil proses pengolahan data survei disimpan dalam ekstensi \*.txt atau ekstensi yang dapat terbaca oleh *Software AutoCAD Land Desktop 2009*. Data koordinat tersebut adalah data dari hasil pengukuran poligon dan data pengukuran detail.

Langkah-langkah import data koordinat hasil pengukuran di dalam *software AutoCAD Land Desktop*, sebagai berikut :

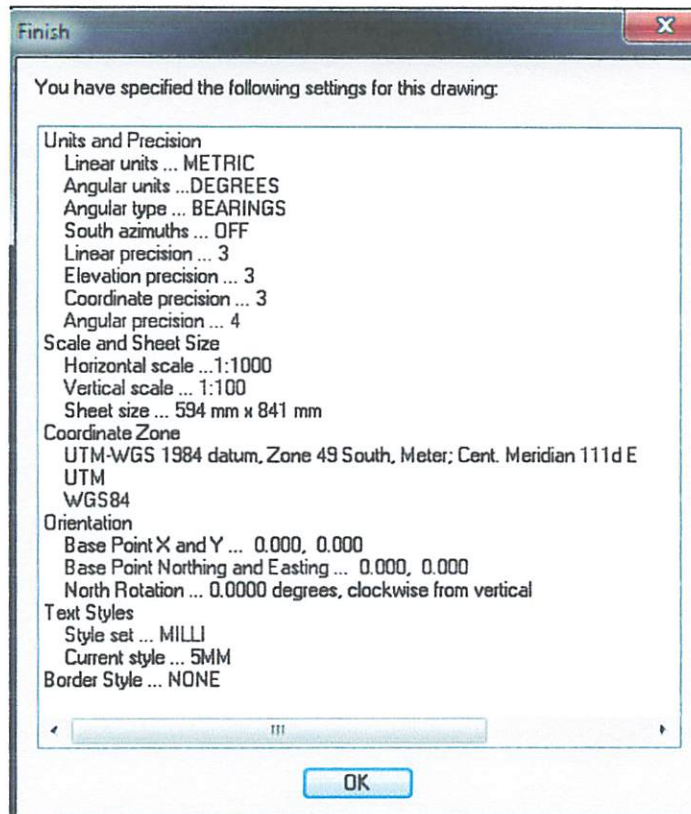
#### 1. Membuka Program *AutoCAD Land Desktop 2009*



Gambar 3.11 Tampilan awal dari *AutoCAD Land Desktop 2009*

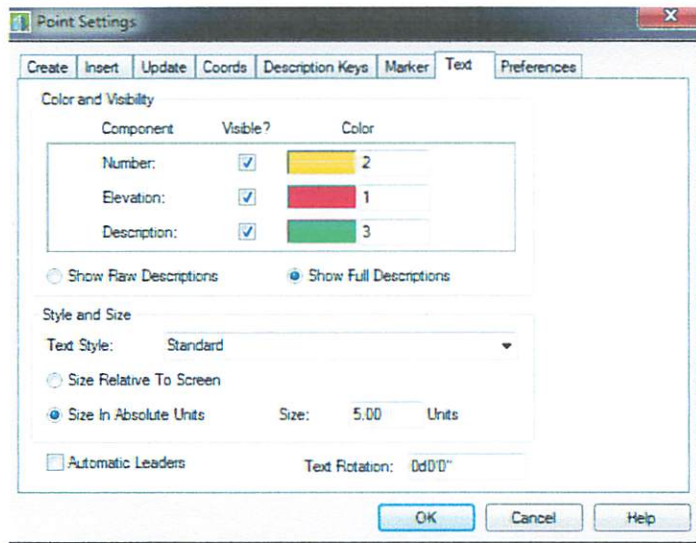
2. Kemudian klik *New* untuk memulai *project* baru dan selanjutnya beri nama gambar dan *project* dengan

mengikuti ketentuan sesuai standar pengoperasian program *AutoCAD Land Desktop 2009*.



Gambar 3.12 Tampilan dari *file Project* baru

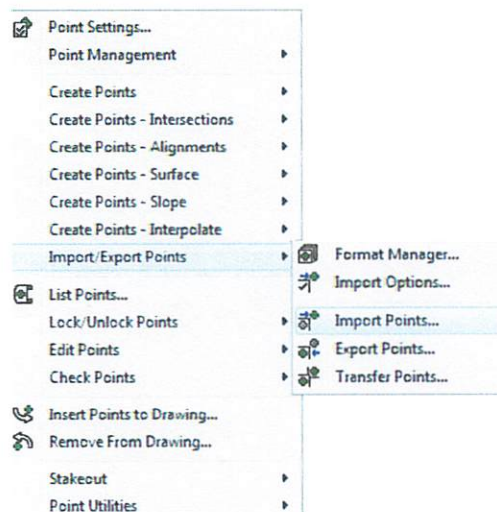
3. Setelah membuat project baru selanjutnya klik **Point** pada menu utama *AutoCAD Land Desktop 2009*, arahkan mouse ke **Point Setting** dan klik. Maka akan muncul kotak dialog untuk pengaturan **Marker** dan **Text** seperti dibawah ini :



Gambar 3.13 Tampilan *Point Setting AutoCAD Land*

*Desktop 2009*

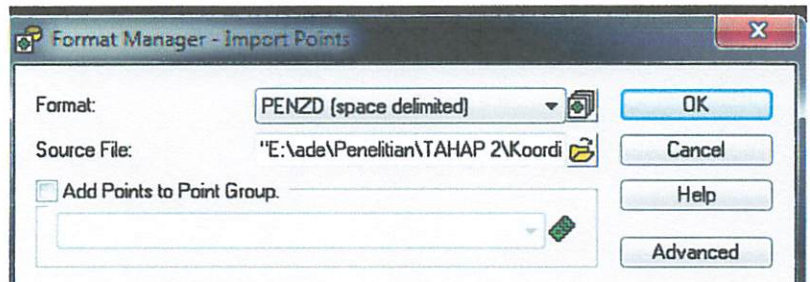
4. Selanjutnya klik **Point** pada menu utama *AutoCAD Land Desktop 2009*, arahkan mouse ke **Import/Export Point** kemudian klik **Import Point**.



Gambar 3.14 Tampilan pilihan *Import/Export Point*

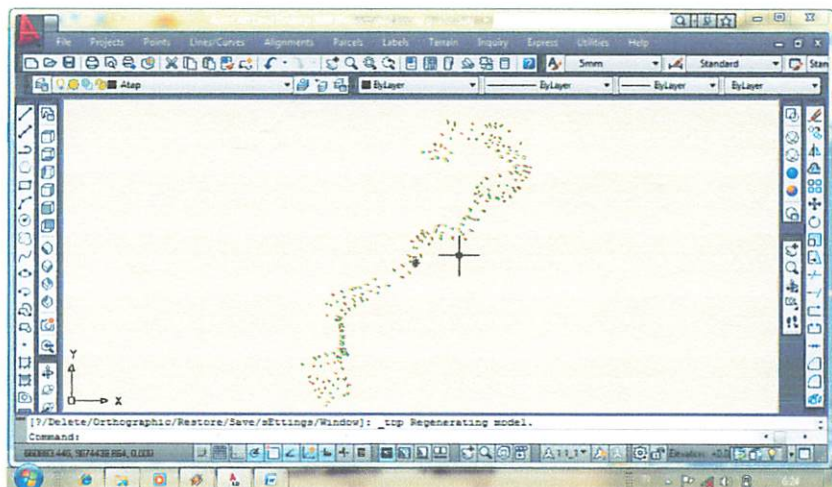


5. Pada layar AutoCAD Land Desktop 2009 akan tampil kortal dialog **Format Manager-Import Point**. Pada pilihan **Format** tentukan format file data koordinat dan pada pilihan **Source File** pilih file data koordinat pada *drive* penyimpanan file koordinat.



Gambar 3.15 Tampilan *Format Manager – Import Point*

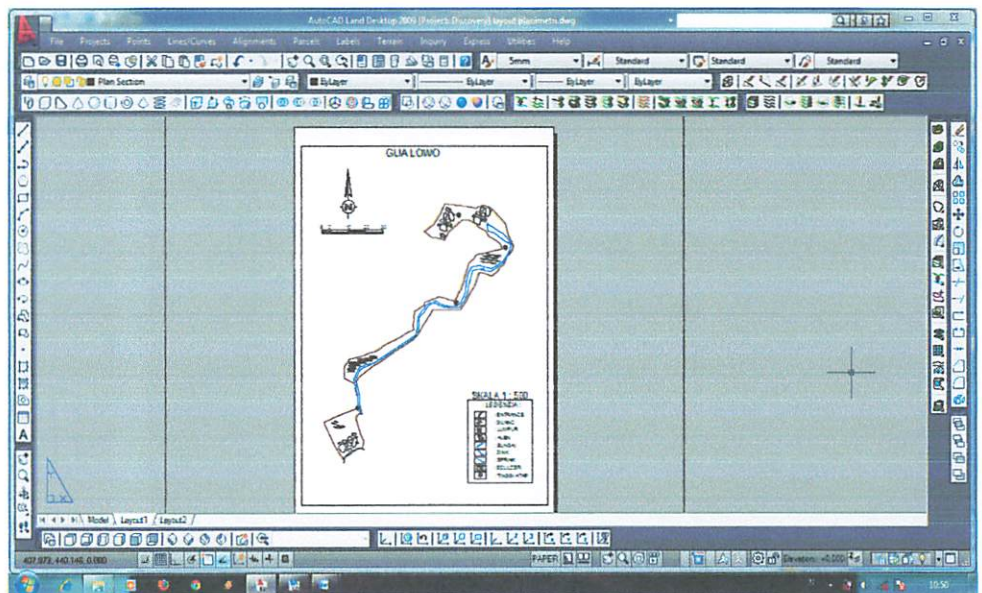
6. Kemudian klik OK, pada layar akan muncul titik-titik poligon maupun titik-titik detail situasi hasil pengukuran.



Gambar 3.16 Tampilan hasil *Point* pada layar *AutoCAD Land Desktop 2009*

### 3.5.2. Penggambaran *Plan Section*

*Plan section* adalah penggambaran peta gua tampak dari atas. Obyek yang ditampilkan adalah bentuk lorong jika di lihat dari atas, sudut belokan, letak ornamen, jenisnya dan situasi lorong gua.



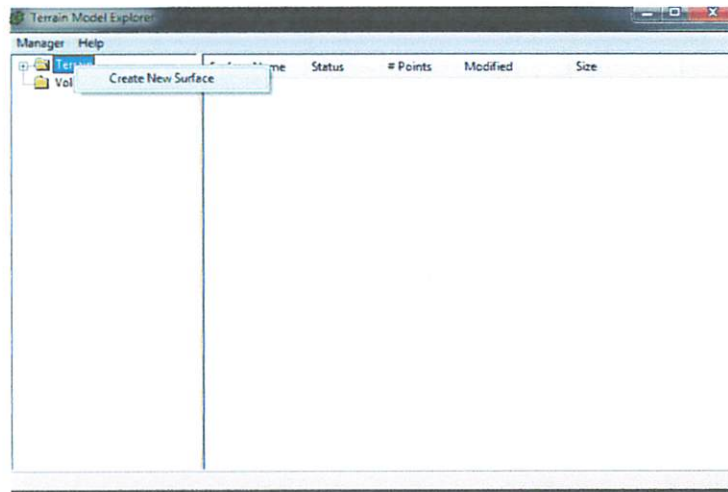
Gambar 3.17 tampilan layout peta gua

### 3.5.3. Pembuatan *TIN (Triangulated Irregular Network)*

Dalam pembuatan lorong gua dimanfaatkan fasilitas *Terrain* yang memiliki fasilitas membuat TIN. Untuk membentuk TIN lorong gua, maka harus dibuat layer lorong gua yang berbeda antara titik atap, lorong, dinding kiri dan dinding kanan. untuk layer atap, dinding dan lantai diantara titiknya harus ada yang bertampalan agar ketika penggabungan layer, TIN bisa menyatu membentuk lorong dan tidak bertumpang tindih.

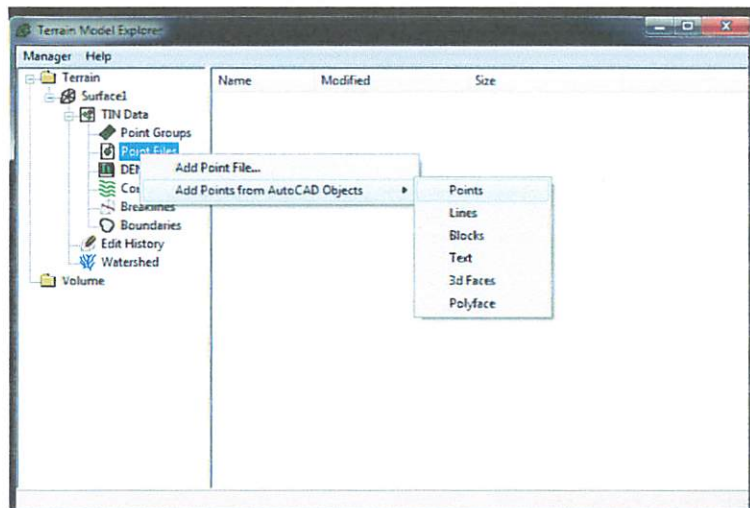
Langkah-langkahnya adalah :

1. Mengaktifkan salah satu layer yang akan dibuat TIN, misalkan layer lantai. kemudian kita buat surface layer lantai dengan memilih menu *toolbar Terrain>Terrain Model Explorer* sehingga tampak seperti gambar dibawah, klik kanan pada *Terrain* untuk membuat surface baru



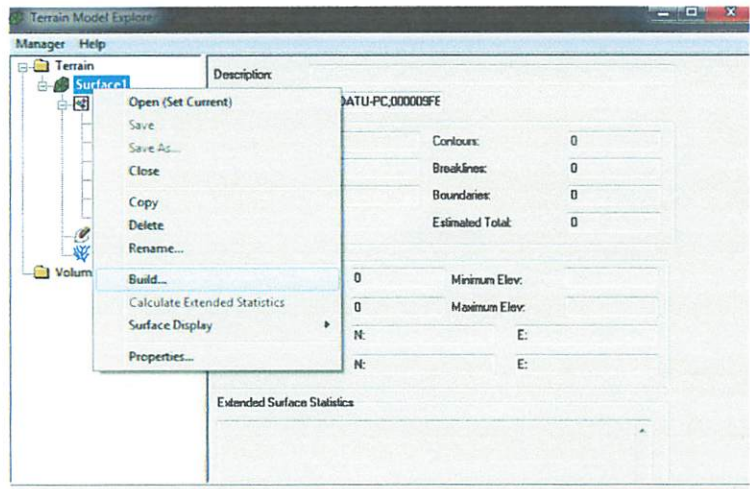
Gambar 3.18 Tampilan pada *Tool Terrain*

2. Setelah itu klik folder *Terrain* dan *surface1* kemudian klik kanan pada **Point File>Add Point from AutoCAD object>point**. Kemudian ketik *e* pada command tekan enter. Blok semua semua titik kemudian klik kanan.



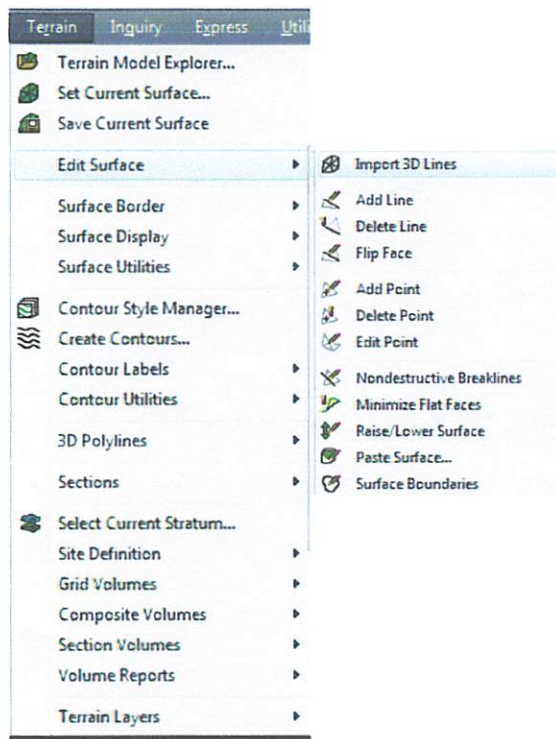
Gambar 3.19 Tampilan *Add Point* pada *Terrain Model Explorer*

- Setelah semua titik dipilih pada layer lantai maka kembali lagi ke **Terrain Model Explorer**, kemudian klik kanan pada **Surface1** lalu pilih **Build** seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini



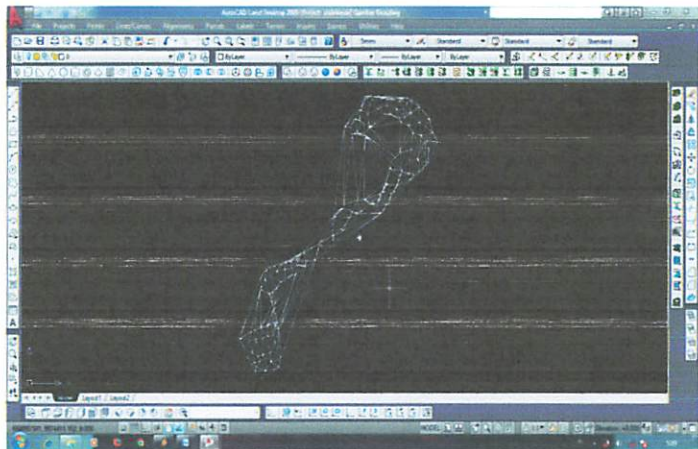
Gambar 3.20 Tampilan *Build* pada *Terrain Model Explorer*

4. Setelah proses *Build* selesai, maka tampilan akan kembali ke *Terrain model Explorer*. Kemudian exit hingga kembali pada tampilan kerja utama.
5. Setelah pembuatan *surface*, selanjutnya adalah membuat *TIN*. Pada menu toolbar pilih **Terrain>Edit Surface>Import 3D Lines**. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:



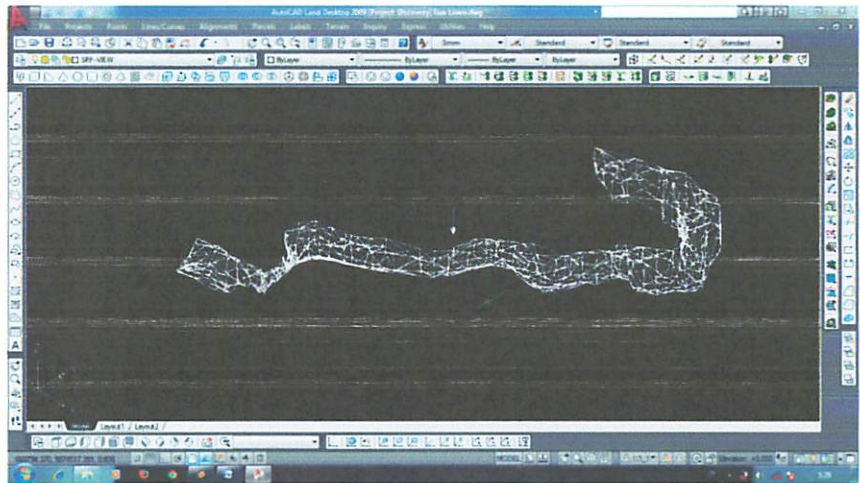
Gambar 3.21 Tampilan *Import 3Dlines*

6. Kemudian tekan enter. Maka akan terlihat *TIN* lantai seperti gambar diawah ini.



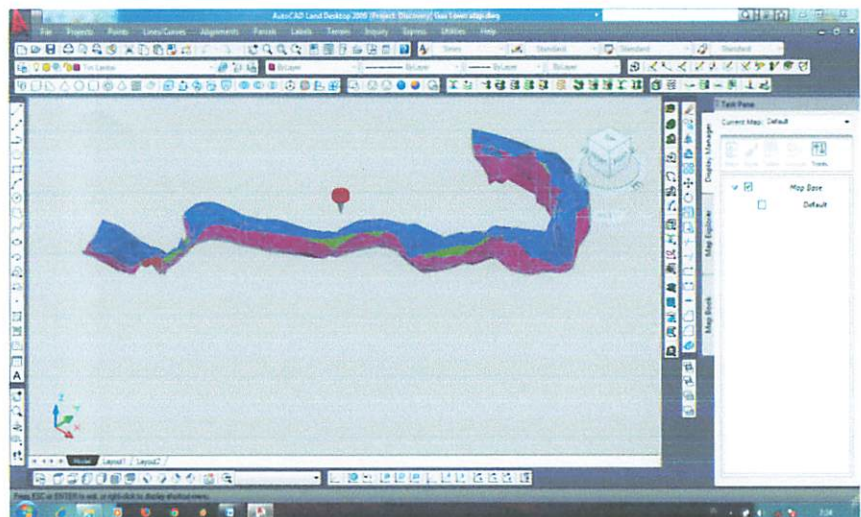
Gambar 3.22 Tampilan hasil import *TIN*

7. Jika masih terdapat Line Surface yang yang tidak terpakai atau diluar area lantai bisa dihapus menggunakan Delete Line dengan mengklik garis yang tidak terpakai. Pada menu **Terrain** pilih **Edit Surface>Delete Line**
8. Lakukan cara 5 sampai 7 untuk membuat TIN selanjutnya. Setelah layer Lantai, Atap, Dinding Kiri dan Dinding Kanan dibuat TIN, selanjutnya dari keempat layer TIN tersebut digabung menjadi satu dengan mengaktifkan layernya masing-masing. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.23 Tampilan TIN lorong gua

9. Setelah TIN lorong gua terbentuk, selanjutnya melapisi TIN lorong gua agar terlihat pada padat dan bisa diimport pada *software 3ds Max7*. Untuk melapisi TIN lorong gua yaitu dengan mengetik 3DFACE pada command AutoCAD Land Desktop 2009. Seperti pada gambar dibawah ini :

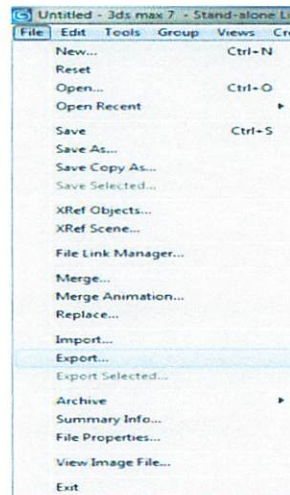


Gambar 3.24 Tampilan lorong gua yang dilapisi *3dface*

### 3.5.4. Pembuatan Perspektif 3 Dimensi Lorong gua

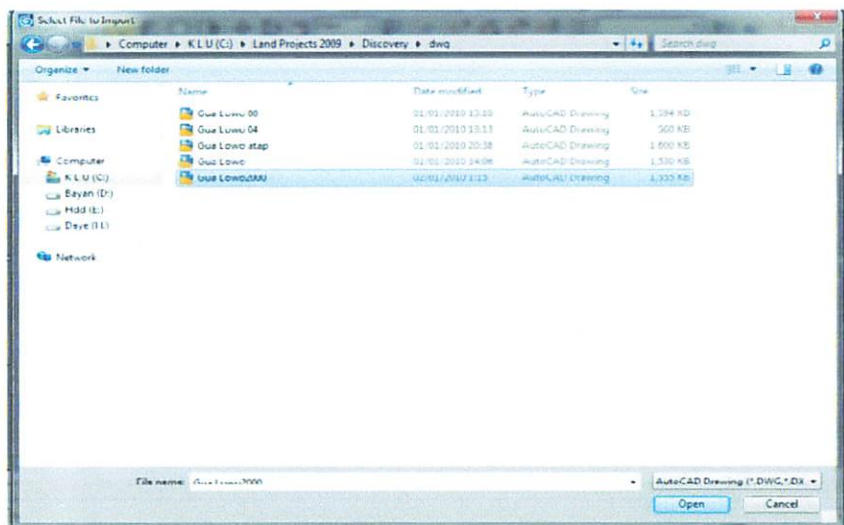
Pembuatan lorong gua dalam perspektif 3 dimensi menggunakan *software 3ds Max7*. Adapun tahap-tahapnya sebagai berikut :

1. Pada menu *3ds max7* klik file kemudian *import*



Gambar 3.25 Tampilan pilihan *import*

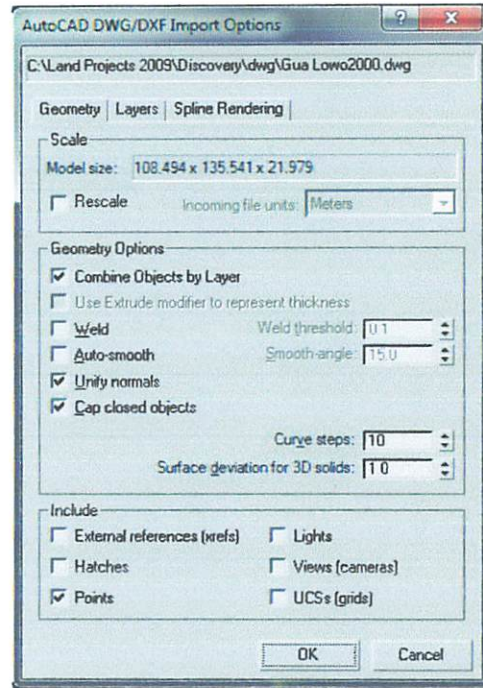
2. Pilih *source object* gambar yang telah dibuat di *land desktop* klik Open



Gambar 3.26 Tampilan *source object import*

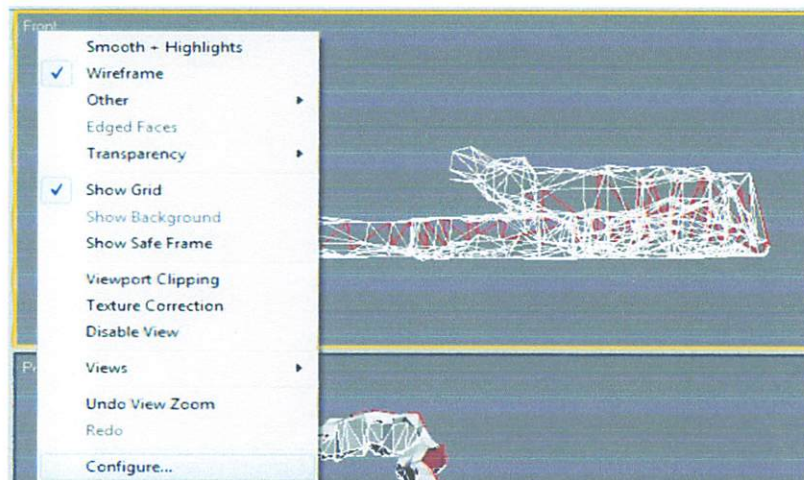


3. Kemudian setting satuan *import option* yang akan dipakai dalam konfigurasi layernya lalu klik OK



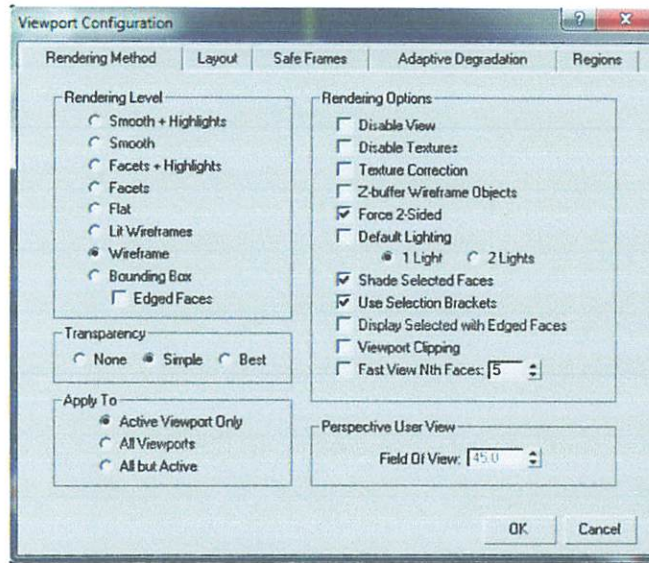
Gambar 3.27 tampilan *import option*

4. Untuk menampilkan objek menjadi solid dengan klik kanan pada nama masing-masing **view port** kemudian **configure**



Gambar 3.28 Tampilan *configure* gambar

5. Lalu centang pada **Force 2 Sided** kemudian klik **OK**

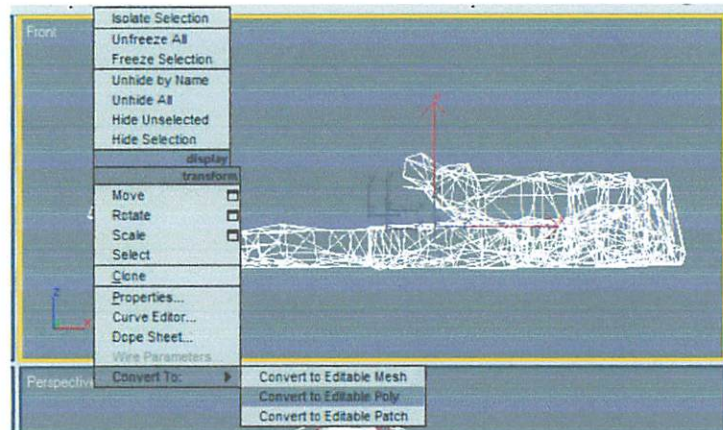


Gambar 3.29 Tampilan *Viewport Configuration*

6. Pewarnaan gambar :

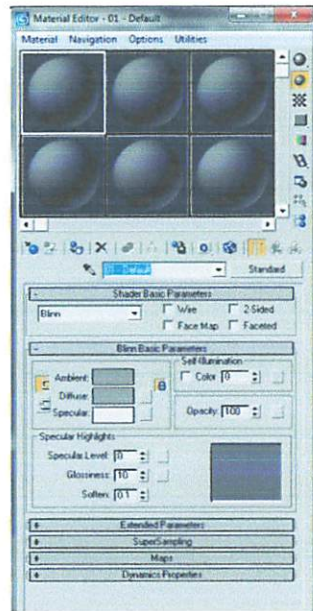
- Pilih semua objek yang telah kita buat, klik kanan

**Convert> Convert to editable poly**



Gambar 3.30 Tampilan *convert* gambar

- Buat material gambarnya dengan menekan tombol **M** pada *keyboard* untuk mengeluarkan material editor.



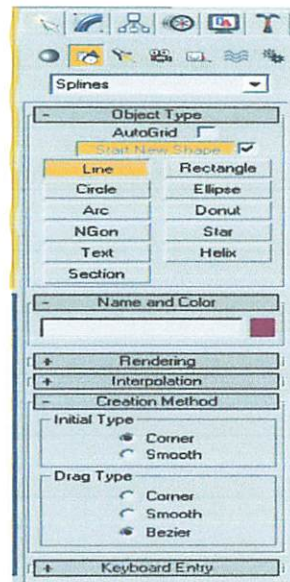
Gambar 3.31 Tampilan Material Editor

- Pada **diffuse** klik warna abu” kemudian ganti dengan warna yang kita kehendaki.
- Lalu klik objek yang akan diwarnai

- Klik icon  **show map in viewport**
- Klik **assign material to selection**

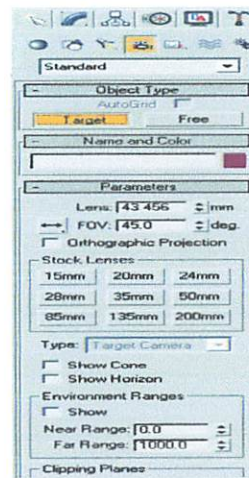
#### 7. Perencanaan pembuatan video

- Klik **create**
- Klik **shapes** kemudian **line**



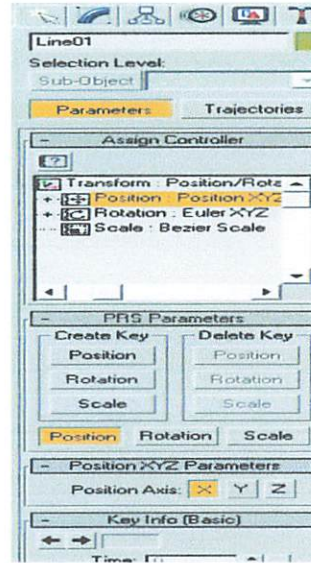
Gambar 3.32 Tampilan pilihan garis

- Buat garis sebagai track untuk kamera videonya.
- Buat camera untuk merekam video
- Klik **shapes** lalu cameras
- Pilih target



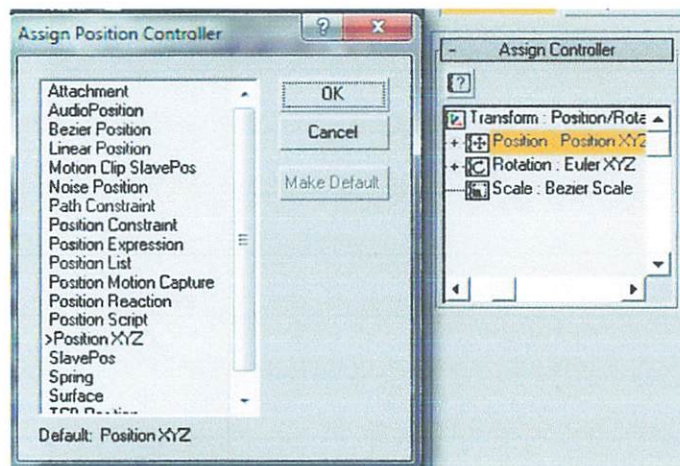
Gambar 3.33 tampilan pilihan kamera

- Kemudian klik camera yang kita buat
- Klik **Motion** lalu **assign motion**
- Pilih **position**



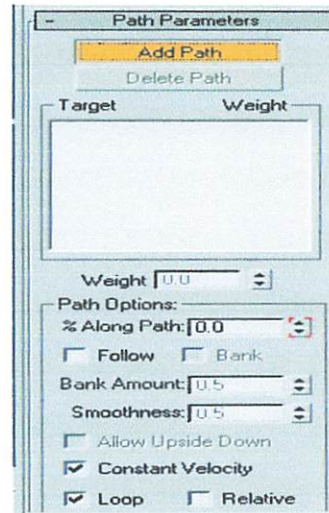
Gambar 3.34 Tampilan pengaturan posisi kamera

- Lalu klik **assign controler**
- Pilih **path constraints**



Gambar 3.35 Tampilan *Assign Controller*

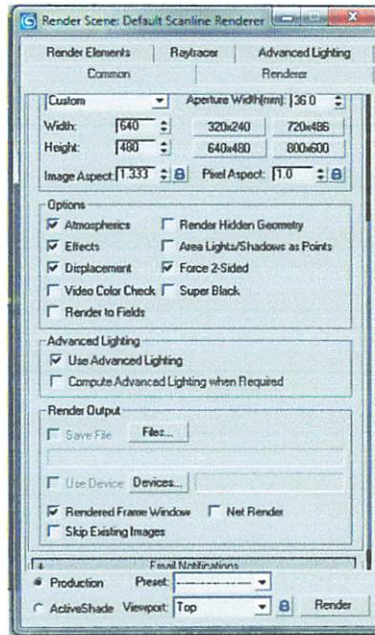
- Pilih **OK**
- Pada tab path parameter klik **add path**
- Lalu pilih garis yang kita buat sebelumnya



Gambar 3.36 Tampilan *Path Parameter*

## 8. Pengambilan video

- Tekan **F10** pada *keyboard* untuk mengeluarkan render scene dialog
- Pada option pilih ***force 2 sided***
- Pada render option klik file untuk menentukan tempat penyimpanan video
- Dan formatnya pilih AVI lalu save

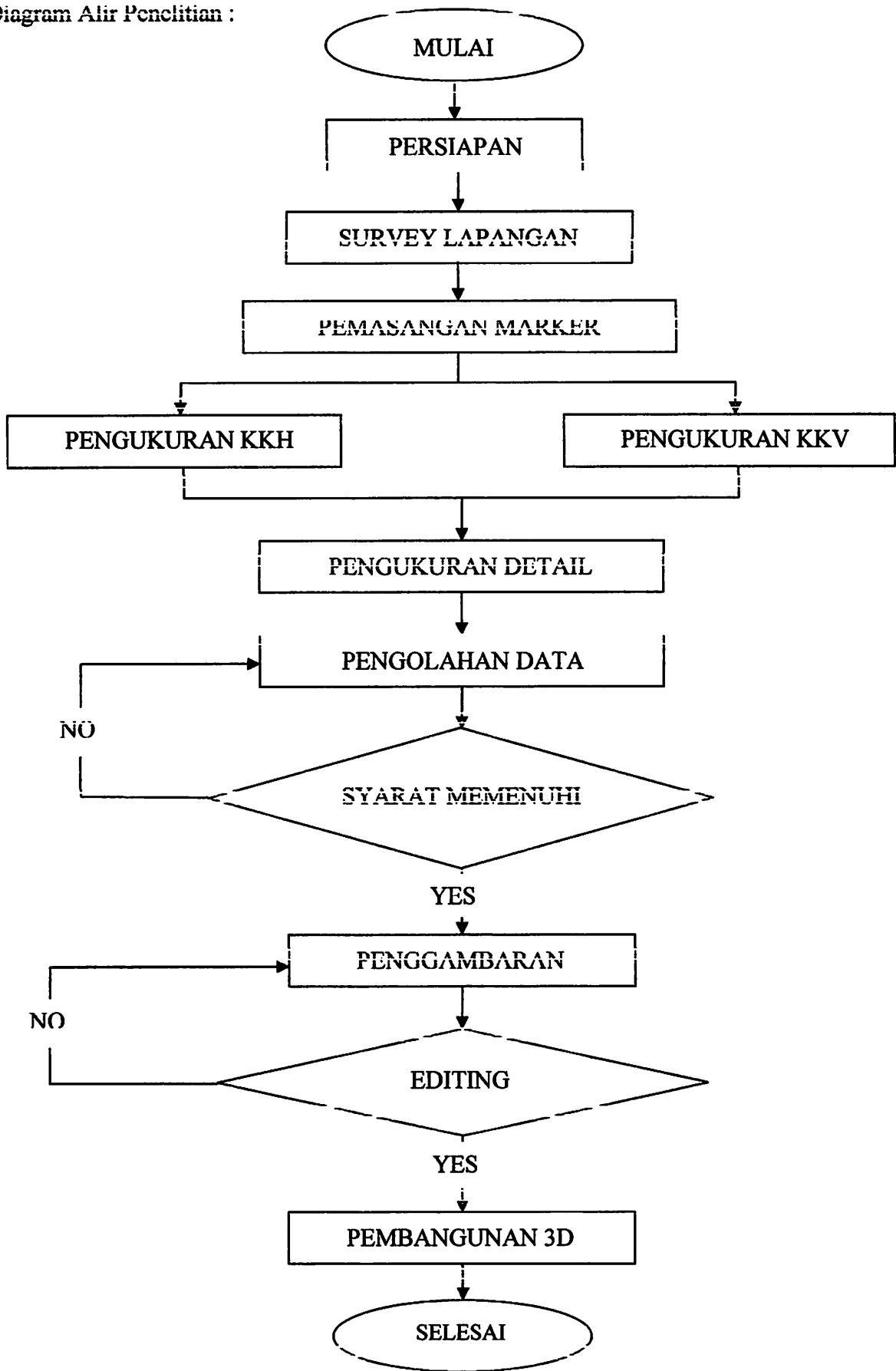


Gambar 3.37 Tampilan *render scene*

- Klik **OK**
- Kemudian klik **Render**



Diagram Alir Penelitian :



Gambar 3.38 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini adalah visualisasi kondisi lorong gua dalam perspektif tiga dimensi dengan gambar bergerak. Penyajian perspektif tiga dimensi kondisi lorong gua ini terbentuk dari jaringan TIN (*Triangulated Irregular Network*) hasil dari survei terestris dalam gua.

#### 4.2. Pembahasan Hasil Pengambilan Data

##### 4.2.1. Pengukuran Poligon Tertutup

Dari hasil perhitungan poligon didapat :

- Jumlah titik horisontal : 10 titik
  - Jumlah sudut horizontal ( $\sum\beta_{ukuran}$ ) :  
 $1439^{\circ} 53' 57''$
  - Syarat jumlah sudut horizontal poligon :  
 $\sum S = (n+2) * 180^{\circ}$  ..... sudut dalam  
 $\sum S = (n-2) * 180^{\circ}$  ..... sudut luar  
 $\sum S = (10-2) * 180^{\circ}$   
 $= 1440^{\circ}$
  - Koreksi sudut  
 $\sum \Delta f\beta = \sum S - \sum\beta_{ukuran}$   
 $= 1440 - 1439^{\circ} 53' 57''$   
 $= 00^{\circ} 06' 03''$

Maka koreksi sudut horizontal tiap titik poligon adalah :

$$\begin{aligned} f\beta &= 00^{\circ} 06' 03''/10 \\ &= 00^{\circ} 00' 36'' \end{aligned}$$

- Azimuth

- Azimuth awal diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan kompas hingga didapat azimuth :

$$\alpha_{P1-P2} = 63^{\circ} 16' 25''$$

- Koordinat awal ditentukan dengan menggunakan GPS navigasi sebagai koordinat pendekatan dengan nilai :

- $X_{awal} = 660847.000$  m
- $Y_{awal} = 9074341.000$  m
- $Z_{awal} = 111$  m

- Kesalahan jarak :

$$\begin{aligned} Cd &= \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \\ &= \sqrt{(0.045)^2 + (-0.016)^2} \\ &= 0.048 \end{aligned}$$

- Ketelitian Linier

- Ketelitian linier yang diperoleh dari pengukuran ini :

$$Cd = 0.048$$

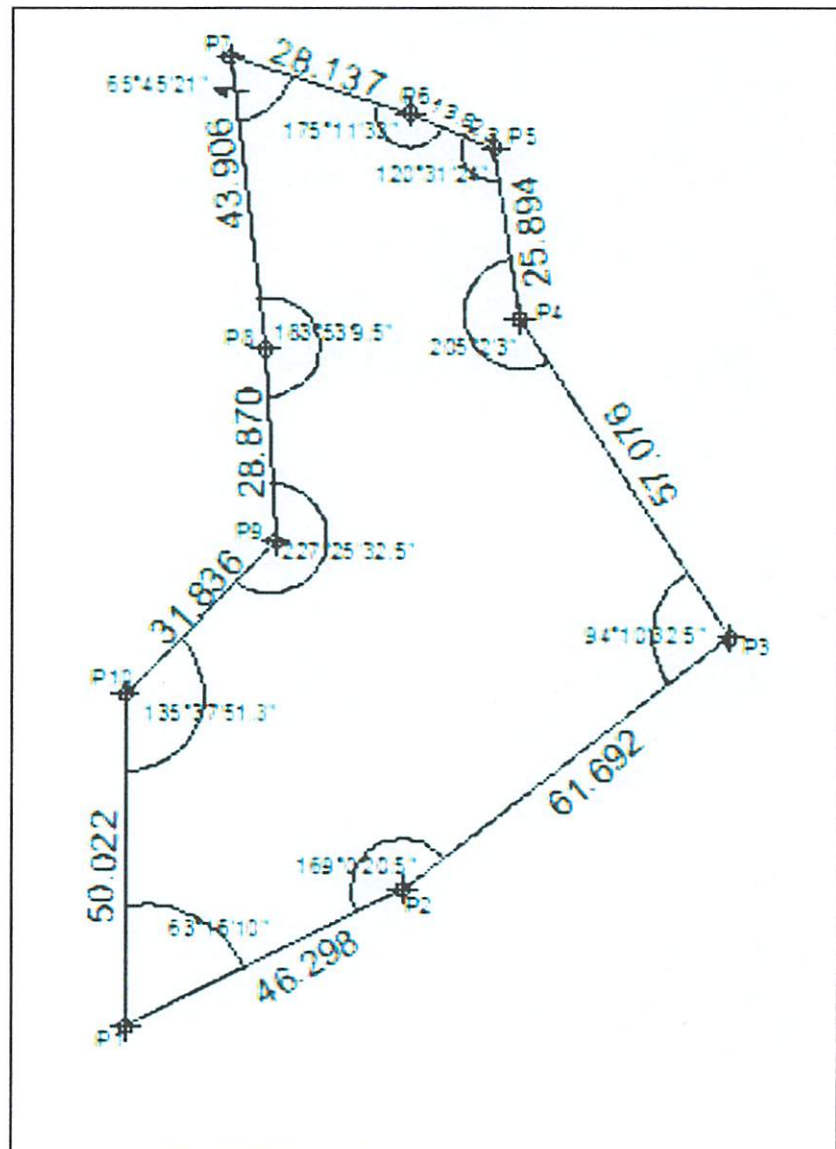
$$\sum d = 387.355$$

$$KL = \frac{Cd}{\sum d}$$

$$= 0.048 / 387.355$$

$$= 1 : 8058.497$$

Dari hasil perhitungan poligon tertutup diperoleh ketelitian linier sebesar 1 : 8058.497 Koordinat awal ditentukan dengan GPS navigasi dengan koordinat X = 660847.000 m dan Y = 9074341.000 m sebagai koordinat pendekatan pada titik awal.



Gambar 4.1 Sket poligon tertutup

#### 4.2.2. Pengukuran Poligon Terbuka Terikat Koordinat

➤ Analisa Hasil Perhitungan Poligon Terbuka Terikat Koordinat

- Menghitung azimuth ( $\alpha_{P1-P6}$ ) yang diketahui :

$$\begin{aligned}\alpha_{BM2-BM3} &= \text{Arctan} \frac{(X_{P6} - X_{P1})}{(Y_{P6} - Y_{P1})} \\ &= \text{Arctan} \frac{(660889.227 - 660847.000)}{(9074477.852 - 9074341.000)} \\ &= 197^\circ 8' 53.41''\end{aligned}$$

- Menghitung azimuth ( $\alpha_{P1-P6}'$ ) dari perhitungan Koordinat pendekatan :

$$\begin{aligned}(\alpha_{P1-P6}') &= \text{Arctan} \frac{(X_{P6}' - X_{P1})}{(Y_{P6}' - Y_{P1})} \\ &= \text{Arctan} \frac{(660888.869 - 660847.000)}{(9074477.477 - 9074341.000)} \\ &= 197^\circ 0' 26.8''\end{aligned}$$

➤ Menghitung selisih azimuth ( $\Delta\alpha_{P1-P6}$ )

$$\begin{aligned}\Delta\alpha_{P1-P6} &= \alpha_{P1-P6} - \alpha_{P1-P6}' \\ &= 197^\circ 8' 53.4'' - 197^\circ 0' 26.8'' \\ &= 0^\circ 8' 26.5''\end{aligned}$$

Selisih azimuth kemudian ditambahkan di tiap azimuth pada masing-masing titik

➤ Koreksi Absis dan Ordinat

$$\begin{aligned}.f\Delta X &= (X_{P6} - X_{P1}) - \sum d \sin\alpha \\ &= (660889.227 - 660847.000) - 42.186 \\ &= 0.041\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 .f\Delta Y &= (Y_{P6} - Y_{P1}) - \sum d_{\cos\alpha} \\
 &= (9074477.852 - 9074341.000) - 136.805 \\
 &= 0.047
 \end{aligned}$$

Jika kesalahan absis dan ordinat bertanda negatif (-) maka koreksinya positif (+), begitu pula sebaliknya.

$$K\Delta X_{P1-G1} = \left(\frac{D_{P1-G1}}{\Sigma d}\right) \times (\pm f\Delta X)$$

$$K\Delta Y_{P1-G1} = \left(\frac{D_{P1-G1}}{\Sigma d}\right) \times (\pm f\Delta Y)$$

- Menghitung koordinat sesungguhnya koordinat G1 sampai Koordinat titik ikat P1, dimana hasil perhitungan sampai koordinat P6 adalah :

$$X_{P6} = 660889.227 \text{ m}$$

$$Y_{P6} = 9074477.852 \text{ m}$$

- Ketelitian Linier

- Ketelitian linier yang diperoleh dari pengukuran ini :

$$Cd = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

$$= \sqrt{0.041^2 + 0.047^2}$$

$$= 0.0621$$

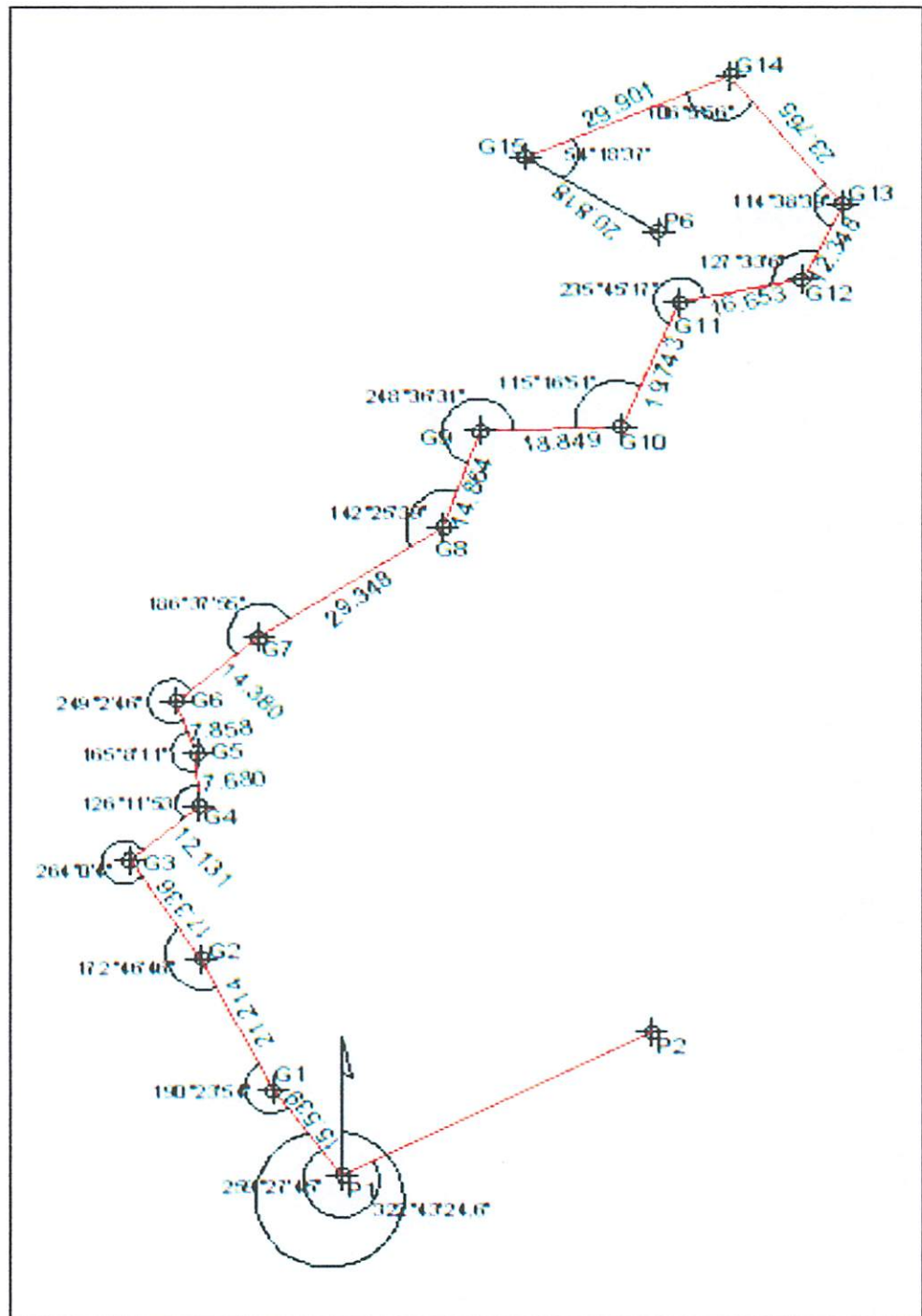
$$Cd = 0.0621$$

$$\Sigma d = 282.425$$

$$KL = \frac{Cd}{\Sigma d}$$

$$= \frac{0.0621}{282.425}$$

$$= 1 : 4546.841$$



Gambar 4.2 Sket poligon terikat koordinat

Jika nilai koordinat titik P6 yang dihitung sama dengan koordinat titik P6 yang diketahui maka perhitungannya dinyatakan benar. Poligon ini sering dipakai dilapangan karena tidak menutup kemungkinan banyak dijumpai hambatan-hambatan misalnya

hanya ada dua titik pengikat yang diketahui sehingga azimuth awal atau azimuth akhir yang belum diketahui memakai azimuth pendekatan.

#### 4.2.3. Pengukuran Detail

Data hasil pengukuran titik detail digunakan sebagai data dalam penggambaran peta lorong gua. Hasil dari data pengukuran titik detail yang berupa koordinat dan elevasi digunakan sebagai referensi untuk membangun jaring TIN dalam membuat lorong gua.

Point	Target	Rh (m)	Horizontal			Azimuth			Zenith			H <sub>i</sub>	d sin α	d cos α	Δh	Koordinat			Code							
			d	m	s	des	d	m	s	des	d	m	s	des				X	Y	Z						
G2							333.363											660828.133	9074372.365	94.407						
1553	92	0.1 46 36 57	46.61583	153.363	65 58 42	65.97833															G1					
100	100	1.7 132 23 24	132.39	239.1371	65 43 38	65.72722												660819.702	9074367.327	98.689	I					
101	101	1.7 150 56 9	150.9358	257.683	76 4 4	76.06778												1.20524	660822.808	9074371.202	95.612	I				
102	102	1.7 210 47 37	210.7936	317.5408	108 46 47	108.7797												-1.70251	660825.046	9074375.240	92.704	I				
103	103	1.7 168 6 54	168.115	274.8621	90 11 10	90.18611												10.706	-10.66747	0.907426	-0.181776	660817.466	9074373.273	94.225	I	
104	104	1.7 176 13 33	176.2258	282.973	95 32 3	95.53417												1.538234	660817.678	9074373.465	95.925	DI				
105	105	1.7 184 11 35	184.1931	290.9402	96 44 32	96.74222												-1.336239	660816.173	9074375.120	93.070	I				
106	106	1.7 205 36 25	205.6869	312.3541	105 57 2	105.9506												0.363761	660816.397	9074375.321	94.770	DI				
107	107	1.7 231 49 3	231.8175	338.5646	125 54 41	125.9114												9.895	-9.054804	3.464929	-1.293144	660819.079	9074375.830	93.114	I	
108	108	1.7 258 54 2	258.9806	5.647699	131 26 58	131.4494												7.285	-5.383582	4.907981	-2.229138	660822.750	9074377.273	92.178	I	
109	109	0 254 36 50	254.6139	1.361032	122 11 33	122.1925												8.284	-3.027398	7.711	-6.146126	660825.105	9074380.076	88.261	I	
110	110	0 250 45 24	250.7567	357.5038	118 56 8	118.9356												8.175	0.804513	8.135317	-7.36678	660828.938	9074380.500	87.040	I	
111	111	1.7 248 50 8	248.8356	355.5827	120 46 30	120.7772												-5.66678	660829.198	9074380.617	88.740	Da				
112	112	1.7 205 39 26	205.6572	312.4044	104 28 49	104.4803												7.327	0.174033	7.334933	-3.059719	660828.307	9074379.690	91.347	Da	
113	113	1.7 195 11 55	195.1986	301.9458	99 18 30	99.30833												12.294	-0.53544	12.28233	-5.24361	660827.598	9074384.647	89.163	Da	
114	114	1.7 231 41 5	231.6847	338.4319	121 47 11	121.7864												12.423	-0.956821	12.3861	-7.545902	660827.176	9074384.251	86.861	Da	
																			9.628	-7.109353	6.492725	-2.633435	660821.024	9074378.858	91.773	I
																			11.659	-9.893238	6.168965	-2.057976	660818.240	9074378.534	92.349	I
																			10.868	-3.995157	10.10703	-6.281872	660824.138	9074382.472	87.525	I

Gambar 4.3 Tampilan hitungan detail dalam Microsoft Excel 2007

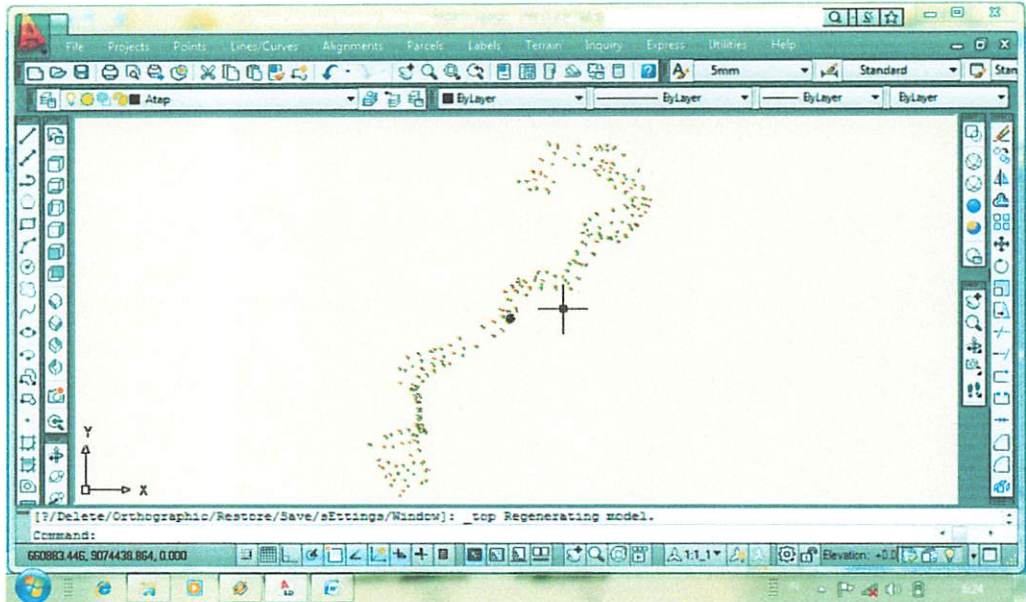
Data selengkapnya dalam lampiran.

### 4.3. Hasil Penggambaran

#### 4.3.1. Hasil Ploting data

Ploting data adalah menginputkan data koordinat hasil dari proses perhitungan pengukuran untuk menjadi suatu gambar peta. Ploting data ini dilakukan dengan menggunakan software AutoCAD Land Desktop 2009.

Data yang diplotkan berupa titik-titik kordinat hasil dari pengukuran, yang telah diproses dalam suatu perhitungan yang menjadi unsur utama dalam penggambaran peta.

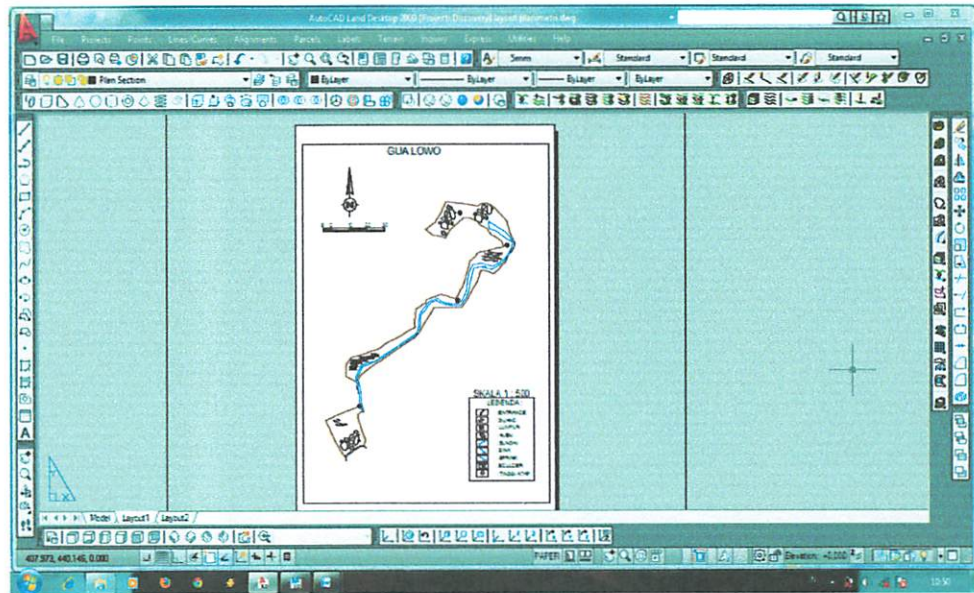


Gambar 4.4 Tampilan *point* pada *AutoCAD Land Desktop 2009*

#### 4.3.2. Hasil Penggambaran *Plan Section*

Penggambaran *plan section* dilakukan dengan menggunakan software *AutoCAD Land Desktop 2009*. Penggambaran ini dibuat dari hasil data-data pengukuran dalam gua yang telah dilakukan editing menurut detail koordinat dalam gua untuk dijadikan suatu tampilan dalam peta. Peta gua *plan section* dibuat sebagai representatif bentuk gua tampak atas, dimana yang ditampilkan adalah bentuk arah lorong gua, belokan, letak ornamen, jenis dan situasi lorong gua.





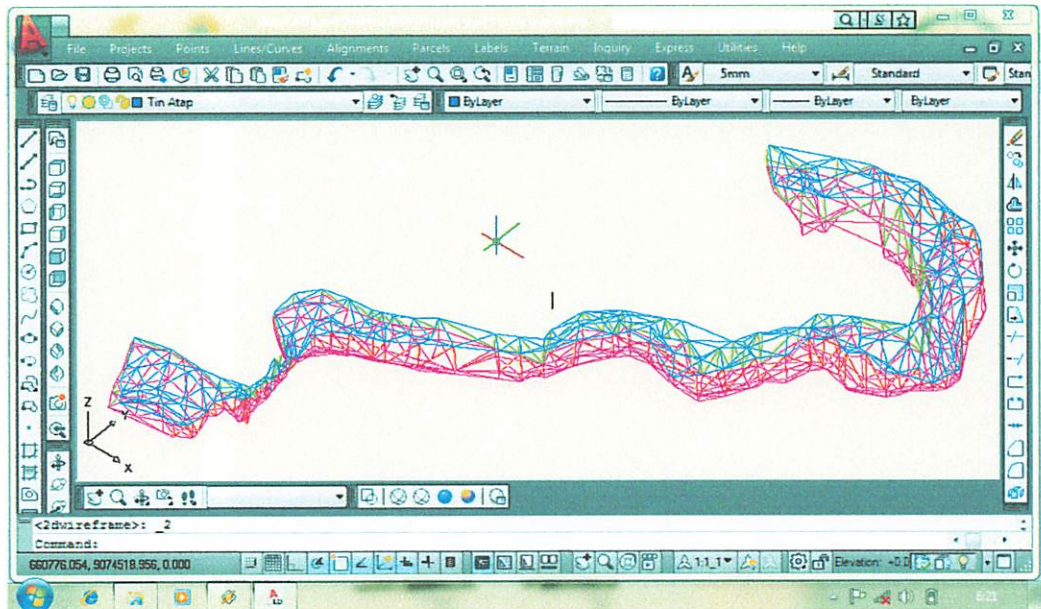
Gambar 4.5 Tampilan *Layout Plan Section* Gua

### 4.3.3. Hasil Pembuatan TIN

Penggambaran bentuk kondisi lorong gua dibangun dengan menggunakan TIN di software AutoCAD Land Desktop 2009. Pembentukan lorong gua dilakukan dengan membangun TIN pada layer yang masing-masing terpisahkan. TIN yang harus dibangun adalah pada layer atap, lantai, dinding kiri dan dinding kanan. Di antara TIN layer dinding dengan TIN layer atap atau TIN layer dinding dengan lantai harus memiliki titik yang saling bertampalan. Hal ini dibuat agar jaring teratur membentuk kondisi lorong gua dan tidak bertumpang tindih.

Pada model TIN ini, setiap titik *sample* yang bersebelahan dihubungkan satu sama lain dengan garis-garis untuk membentuk geometri segitiga-segitiga bebas tetapi *non-overlapping*. Di dalam setiap segitiga ini permukaan yang bersangkutan diwakili oleh sebuah bidang datar. Dengan memanfaatkan bentuk segitiga-segitiga ini, setiap

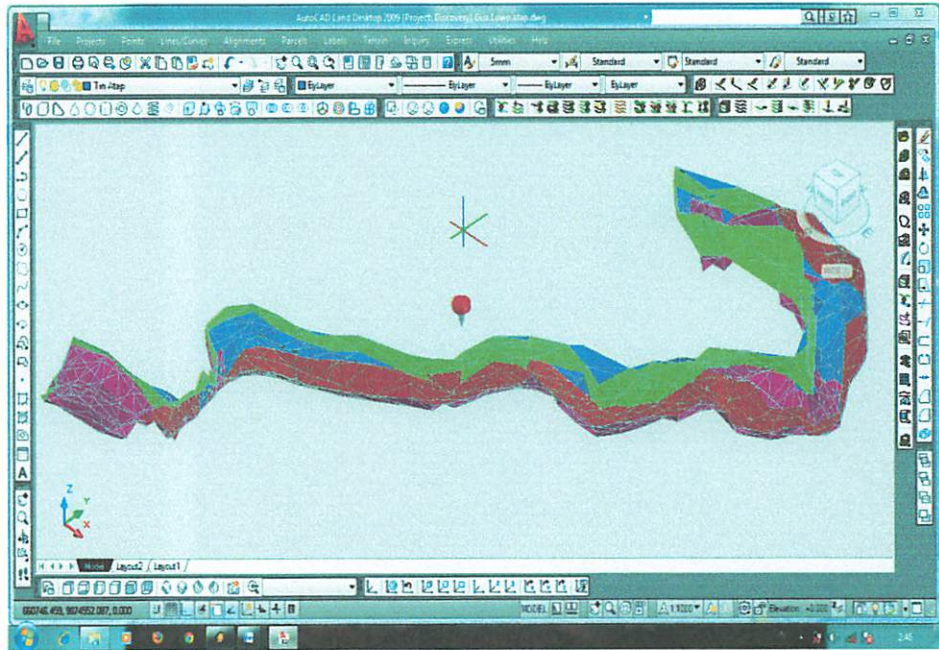
keping mosaik (bidang datar segitiga) permukaan dipastikan akan pas dengan yang bersebelahan. Oleh karena itu, bentuk permukaannya akan kontinyu dan setiap permukaan segitiga didefinisikan oleh nilai-nilai ketinggian yang terdapat pada ketiga sudutnya.



Gambar 4.6 Tampilan TIN lorong gua pada *AutoCAD Land Desktop 2009*

#### 4.3.4. Hasil Pembuatan *Surface 3d*

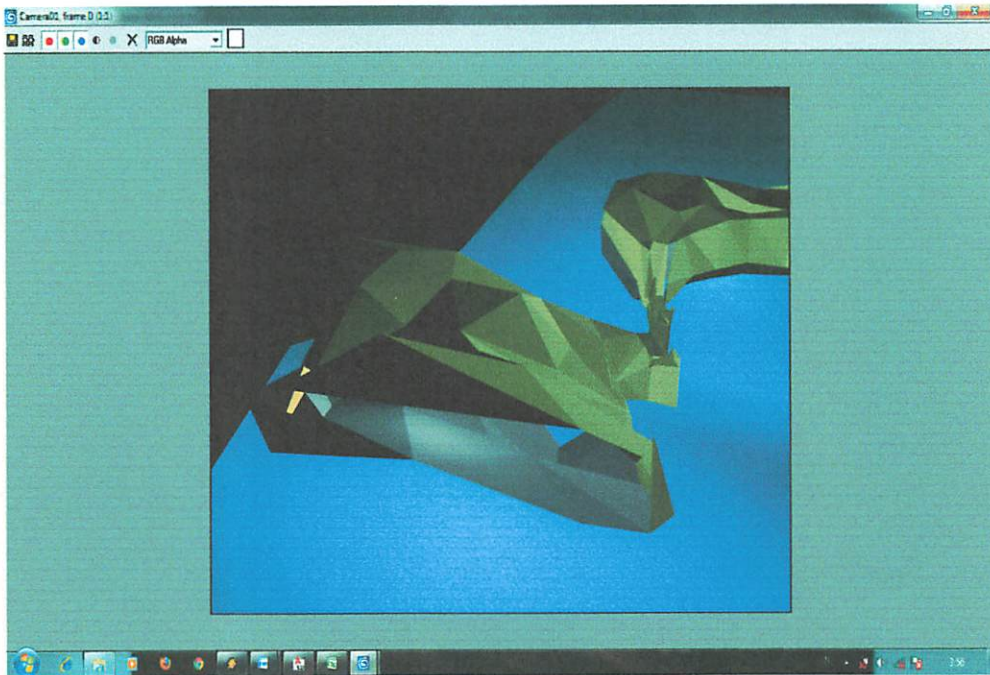
Pembuatan *surface 3d* adalah upaya melapisi jaring TIN untuk menjadi suatu lorong gua yang tertutup tumpah pada atap, dinding dan lantainya. Pembuatan *surface 3d* dilakukan di *software AutoCAD Land Desktop 2009* setelah proses pembuatan TIN. Hal ini dilakukan agar lorong gua yang terbentuk oleh jaring TIN bisa dibuka di dalam *software 3ds Max7* untuk diproses menjadi lorong gua dalam perspektif tiga dimensi.



Gambar 4.7 Tampilan *surface 3d* lorong gua pada *AutoCAD Land Desktop 2009*

#### 4.3.5. Hasil Render Tiga Dimensi Lorong Gua

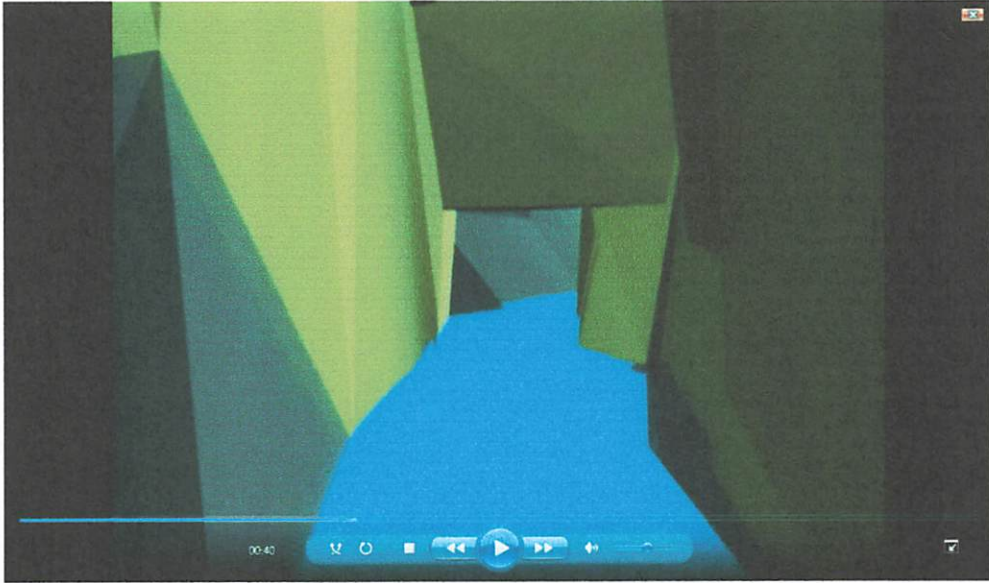
Proses render tiga dimensi lorong gua dilakukan menggunakan *software 3ds Max7*. Proses render ini bermaksud untuk mengambil hasil akhir sebuah gambar yang kita buat menjadi sebuah video atau dalam bentuk gambar. Dalam pembuatan gambar gua dalam perspektif tiga dimensi, tentu proses render ini sangat tepat. Karena objek gua bisa ditelusuri ke dalam lorongnya dengan fasilitas kamera yang ada pada *software 3ds Max7* ini. Sehingga dari hasil proses render ini kita bisa memberi informasi kondisi lorong gua.



Gambar 4.8 Hasil render objek lorong gua

#### 4.3.6. Pembahasan Hasil Penyajian

Hasil yang disajikan dari penelitian ini adalah sebuah lorong gua dalam perspektif tiga dimensi yang ditampilkan melalui media video. Kondisi lorong gua yang tergambar adalah hasil dari pengukuran di dalam gua yang terbentuk dari jaring TIN. Sehingga bentuk lorong gua sesuai dengan hasil pengukuran di lapangan. Perspektif lorong tiga dimensi ini dapat memberikan gambaran dan informasi bagi tim-tim survei penelusur gua dalam mengadakan penelitian dan penelusuran.



Gambar 4.9 Penyajian perspektif tiga dimensi lorong gua pada aplikasi video

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari kegiatan penelitian yang dilakukan pada pemetaan gua ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam membuat kerangka kontrol pemetaan gua harus mempunyai titik kontrol koordinat sebagai pengikat pengukuran kerangka kontrol horizontal agar memiliki koreksi dalam proses perhitungannya
2. Penggambaran peta harus didasarkan pada kerangka kontrol peta
3. Ketelitian linier poligon ditentukan oleh jarak yang dipakai dalam pengukuran. Semakin teliti pengukuran jarak, maka akan memiliki ketelitian linier yang teliti
4. Pengambilan titik detail yang rapat dan banyak dalam pemetaan gua sangat membantu dalam pembuatan TIN lorong gua agar tampak halus
5. Manfaat jaring TIN pada peta perspektif tiga dimensi gua sangat penting dalam membangun bentuk lorong gua
6. Peralatan survey yang memadai sangat membantu suksesnya pencapaian target dalam pemetaan gua.
7. Sumber daya manusia yang berkualitas dan berpengalaman merupakan salah satu komponen yang sangat mendukung dalam suatu pelaksanaan pemetaan gua.

## 5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan kegiatan pemetaan gua, sebaiknya dilakukan orientasi lapangan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar tim survei tahu kondisi gua yang akan dipetakan sehingga tim dapat menyesuaikan peralatan yang akan dibutuhkan dalam penelusuran gua tersebut.
2. Peralatan survei yang dipakai sebaiknya menggunakan peralatan yang sudah terkalibrasi dan dalam kondisi yang baik.
3. Untuk efektifitas dalam kegiatan pemetaan gua, alat yang dipakai sebaiknya menggunakan *Total Station laser reflector*, *Scanner*, atau teknologi pemetaan Fotogrametri. Sehingga detail gua yang sulit dijangkau pun bisa teramati dalam pengukuran.
4. Sebaiknya digunakan komputer yang berspesifikasi tinggi dalam memproses gambar perspektif tiga dimensi
5. Perlengkapan penerangan harus benar-benar mendukung selama proses kegiatan pemetaan gua dilaksanakan.
6. Perlunya pengetahuan tentang speleology, sehingga sebagai seorang geodet mampu memberikan semua informasi tentang gua yang nantinya dapat disajikan dalam peta gua
7. Menguasai teknik penelusuran gua, untuk memudahkan pergerakan surveyor dalam penelusuran gua.

8. Kegiatan pemetaan gua sebaiknya tidak dilakukan pada musim hujan, karena pada musim hujan memiliki debit air yang cukup besar dan resiko keselamatannya pun cukup besar bagi tim penelusur gua.



## DAFTAR PUSTAKA

- Wongsotjitro, S., 1989, *Ilmu Ukur Tanah*, Kanisius, Yogyakarta
- Sosrodarsono, S., 1997, *Pengukuran Topografi Dan Teknik Pemetaan*, Pradnya Pramitha, Jakarta
- Laksamana, E.E., 2005, *Stasiun Nol Teknik-Teknik Pemetaan dan Survey Hidrologi Gua*, Yogyakarta
- Widjanarko, S., 2005, *Menggambar Peta Gua menggunakan AutoCAD*, dalam Gunung Sewu, Indonesian Cave and Karst Jurnal vol.2, Desember 2005, Yogyakarta
- Widjanarko, S., 2008, *Inventarisasi dan Pemetaan Gua Untuk Mendukung Kegiatan Pengelolaan Kawasan Karst*, dalam Gunung Sewu, Indonesian Cave and Karst Jurnal vol.5, April 2009, Yogyakarta
- Prahasta, E., 2008, *Model Permukaan Digital*, Informatika, Bandung
- Teknik Pemetaan Gua, [www.subterra.or.id](http://www.subterra.or.id) 2 April 2012



# LAMPIRAN

## RAW DATA

Point From	Point To	Rector Height	Azimuth	Horizontal Circle	Horizontal Distance (m)	Zenith Angle	Code
P1	2	1.7		359. 59' 58"	50.031	77. 33' 31"	PN
1,464	3	1.7		63. 15' 45"	46.307	85. 05' 48"	P2
	4	1.7		179. 59' 59"	50.028	282. 26' 15"	PN
	5	1.7		243. 16' 03"	46.295	274. 54' 02"	P2
	6	1.7		359. 59' 45"	50.016	77. 30' 29"	PN
	7	1.7		63. 15' 55"	46.321	85. 5' 23"	P2
	8	1.7		179. 59' 50"	50.025	282. 26' 53"	PN
	9	1.7		243. 16' 0"	46.319	274. 54' 27"	P2
P2	11	1.7		278. 35' 10"	46.266	93. 49' 36"	P1
1,421	11	1.7		98. 35' 28"	46.308	266. 10' 25"	P1
	12	1.7		98. 35' 26"	46.289	266. 9' 29"	P1
	13	1.7		278. 35' 25"	46.282	93. 49' 31"	P1
	14	1.7		87. 35' 42"	61.677	85. 11' 3"	P3
	15	1.7		267. 35' 48"	61.682	274. 49' 2"	P3
	16	1.7		87. 35' 36"	61.688	85. 10' 52"	P3
	17	1.7		267. 35' 47"	61.681	274. 49' 23"	P3
P3	19	0		285. 2' 59"	61.695	95. 37' 1"	P2
1,535	20	0		105. 2' 0"	61.699	264. 22' 36"	P2
	21	0		285. 2' 2"	61.698	95. 37' 9"	P2
	22	0		105. 2' 8"	61.699	264. 22' 18"	P2
	23	0		285. 2' 5"	61.702	95. 37' 22"	P2
	24	1.7		19. 13' 31"	57.075	90. 8' 18"	P4
	25	1.7		199. 12' 33"	57.082	269. 51' 59"	P4
	26	1.7		19. 12' 24"	57.070	90. 7' 49"	P4
	27	1.7		199. 11' 43"	57.076	269. 51' 56"	P4
	28	1.7		19. 11' 40"	57.079	90. 7' 50"	P4
P4	2	1.7		351.38' 1"	57.083	88. 54' 51"	P3
1,508	3	1.7		196. 41' 46"	25.897	94. 25' 17"	P5
	4	1.7		351. 39' 20"	57.097	88. 55' 08"	P3
	5	1.7		196. 41' 24"	25.888	94. 24' 57"	P5
	6	1.7		16. 41' 23"	25.898	265. 34' 44"	P5
	7	1.7		171. 38' 34"	57.083	271. 5' 6"	P3
	8	1.7		351. 39' 15"	57.097	88. 54' 14"	P3
	9	1.7		196. 41' 17"	25.894	94. 25' 1"	P5
P6	11	0		214. 59' 49"	13.575	65. 32' 58"	P5
1,572	12	0		35. 0' 35"	13.963	249. 27' 38"	P5
	13	0		215. 0' 25"	13.573	65. 32' 58"	P5
	14	0		35. 0' 8"	13.572	294. 26' 44"	P5
	15	1.75		45. 39' 4"	20.032	124. 36' 0"	PG
	16	1.75		225. 39' 19"	20.031	235. 23' 5"	PG
	17	1.75		45. 39' 20"	20.031	124. 36' 58"	PG
	18	1.75		225. 39' 11"	20.031	235. 23' 46"	PG
	19	1.75		45. 39' 0"	20.031	124. 36' 30"	PG
	20	1.75		45. 2' 1"	20.278	124. 12' 56"	PG2
	21	1.75		225. 1' 4"	20.280	235. 48' 19"	PG2
	22	1.75		45. 2' 10"	20.281	124. 12' 0"	PG2
	23	1.75		225. 1' 53"	20.280	235. 47' 38"	PG2
	24	1.4		30. 11' 10"	28.112	69. 36' 44"	P7
	25	1.4		210. 12' 20"	28.100	290. 22' 41"	P7
	26	1.4		30. 12' 54"	28.112	69. 36' 25"	P7
	27	1.4		210. 12' 38"	28.111	290. 22' 38"	P7
P5	29	0		293. 25' 9"	25.920	86. 16' 44"	P4
1,452	30	0		113. 25' 31"	25.913	273. 43' 43"	P4
	31	0		293. 25' 18"	25.910	86. 16' 39"	P4
	32	0		113. 25' 17"	25.959	273. 44' 2"	P4
	33	1.7		53. 56' 42"	13.564	116. 51' 53"	P6
	34	1.7		233. 56' 30"	13.552	243. 7' 26"	P6

## RAW DATA

	35	1.7	53. 56' 55"	13.565	116. 52' 1"	P6
	36	1.7	233. 56' 19"	13.567	243. 9' 38"	P6
P7	38	1.7	331. 59' 20"	28.190	110. 2' 59"	P6
1.413	39	1.7	151. 59' 43"	28.164	249. 55' 38"	P6
	40	1.7	331. 59' 1"	28.162	110. 4' 38"	P6
	41	1.7	152. 1' 56"	28.147	249. 55' 5"	P6
	42	1.4	37. 44' 51"	43.897	77. 10' 47"	P8
	43	1.4	217. 44' 54"	43.893	282. 48' 39"	P8
	44	1.4	37. 44' 52"	43.892	77. 11' 21"	P8
	45	1.4	217. 45' 24"	43.887	282. 48' 49"	P8
P8	47	1.7	27. 36' 59"	41.575	112. 32' 22"	P7
1.478	48	1.7	207. 37' 9"	43.938	257. 29' 23"	P7
	49	1.7	27. 36' 54"	41.558	112. 30' 48"	P7
	50	1.7	207. 37' 41"	43.931	257. 28' 59"	P7
	51	1.7	211. 30' 3"	28.869	86. 12' 50"	P9
	52	1.7	31. 30' 24"	28.872	273. 47' 17"	P9
	53	1.7	211. 29' 28"	28.870	86. 13' 9"	P9
	54	1.7	31. 29' 4"	28.864	273. 47' 3"	P9
P9	56	1.7	185. 0' 42"	28.873	93. 19' 40"	P8
1.525	57	1.7	4. 59' 26"	28.880	266. 40' 22"	P8
	58	1.7	185. 0' 6"	28.854	93. 19' 31"	P8
	59	1.7	4. 57' 59"	28.872	266. 40' 51"	P8
	60	1.7	52. 26' 24"	31.854	105. 41' 11"	P10
	61	1.7	232. 24' 49"	31.830	254. 17' 35"	P10
	62	1.7	52. 24' 28"	31.824	105. 42' 49"	P10
	63	1.7	232. 24' 19"	31.836	254. 18' 33"	P10
P10	65	1.7	346. 37' 17"	31.878	73. 53' 14"	P9
1.568	66	1.7	166. 38' 27"	31.877	286. 7' 40"	P9
	67	1.7	346. 35' 46"	31.865	73. 53' 12"	P9
	68	1.7	166. 36' 5"	31.856	286. 6' 20"	P9
	69	1.7	122. 14' 40"	50.020	101. 56' 43"	P1
	70	1.7	302. 14' 26"	50.021	258. 4' 21"	P1
	71	1.7	122. 14' 10"	50.024	101. 56' 7"	P1
	72	1.7	302. 13' 52"	50.021	258. 3' 5"	P1
G3	143	1.7	19. 9' 34"	11.31	59. 12' 42"	G2
1,371	144	0.2	155. 49' 52"	9.041	95. 12' 9"	G4
	145	0.2	335. 49' 58"	9.083	264. 30' 34"	G4
	146	0.2	335. 49' 58"	9.029	264. 45' 44"	G4
	147	1.7	199. 7' 38"	11.337	300. 48' 25"	G2
	148	1.7	19. 7' 58"	11.403	59. 25' 0"	G2
	149	0.2	155. 50' 21"	9.03	95. 15' 50"	G4
	150	1.7	199. 7' 53"	11.406	300. 34' 21"	G2
	151	1.7	199. 7' 53"	11.406	300. 34' 21"	G2
	152	1.7	237. 35' 8"	2.508	296. 44' 49"	LDI
	153	1.7	284. 27' 46"	1.552	287. 52' 16"	LDI
	154	1.7	209. 53' 27"	1.227	297.17' 44"	S
	155	1.7	214. 45' 36"	3.829	293. 53' 46"	LDI
	156	1.7	194. 17' 4"	3.215	289. 37' 29"	L
	157	1.7	153. 2' 11"	1.65	281. 46' 20"	S
	158	1.7	121. 49' 9"	1.349	283. 34' 39"	SDA
	159	1.35	165. 33' 11"	4.163	89. 23' 18"	SDA
	160	1.35	157. 48' 12"	4.48	89. 44' 21"	SA
	161	1.35	148. 0' 17"	4.584	89. 49' 9"	SDI
	162	1.35	166. 33' 37"	2.133	87. 59' 1"	SDA
	163	1.35	151. 49' 13"	2.243	89. 57' 17"	S
	164	1.35	140. 4' 23"	2.087	90. 15' 32"	SDI
	165	1.35	231. 44' 51"	0.0772	93. 30' 4"	SDA
G4	167	1.35	329. 21' 39"	8.976	91. 18' 29"	G3
0.7	168	1.35	138. 53' 14"	7.679	92. 3' 39"	G5
	169	1.35	319. 2' 39"	7.682	267. 55' 6"	G5

## RAW DATA

	170	1.35	149.16'56"	8.98	268.44'22"	G5
	171	0.2	329.16'51"	8.979	91.15'14"	G3
	172	0.2	138.59'10"	7.681	92.2'16"	G5
	173	0.2	318.58'31"	7.677	267.58'7"	G5
	174	1.2	324.21'58"	2.399	80.18'15"	SDA
	175	1.2	323.13'36"	1.431	76.3'52"	SDA
	176	1.2	337.6'58"	1.299	73.42'9"	SDI
	177	1.2	330.53'55"	2.466	80.46'25"	SDI
	178	1.2	143.29'48"	2.417	79.54'44"	S
	179	1.2	142.2'7"	3.231	84.49'21"	SDA
	180	1.2	111.20'24"	1.905	80.52'48"	SDI
	181	1.2	131.2'10"	5.318	84.15'44"	SDI
G5	183	0.2	158.52'41"	7.639	93.36'32"	G4
0.91	184	0.2	338.45'6"	7.638	266.20'15"	G4
	185	0.2	158.49'26"	7.634	93.40'29"	G2
	186	0.2	338.50'48"	7.637	266.20'28"	G2
	187	0.3	324.0'44"	5.227	92.35'46"	G6
	188	0.3	143.58'47"	5.225	267.25'17	G6
	189	0.3	323.58'38"	5.227	92.33'26"	G6
	190	0.3	143.59'6"	5.227	267.26'54"	G6
	191	0.1	318.25'47"	3.717	98.29'8"	S
	192	0.1	317.59'31"	3.746	88.56'49"	DI
	193	0.1	318.31'50"	2.979	100.16'39"	DI
	194	0	296.31'10"	1.367	111.58'30"	DI
	195	0	317.12'45"	1.021	61.53'3"	S
	196	1.2	351.54'37"	1.066	63.4'7"	SDA
	197	1.2	176.0'13"	1.632	73.6'0	SDI
G6	199	0.2	321.30'40"	5.233	95.16'18"	G5
0.918	200	1.7	210.31'44"	14.39	86.47'11"	G7
	201	1.7	30.37'37"	14.376	273.13'28"	G7
	202	0.2	321.32'54"	5.219	95.22'10"	G5
	203	0.2	141.33'9"	5.221	264.37'21"	G5
	204	1.7	210.26'21"	14.373	86.58'10"	G7
	205	1.7	30.21'39"	14.373	273.2'32"	G7
	206	1.7	332.27'4"	1.863	69.36'49"	LA
	207	1.37	336.19'58"	1.541	85.25'57"	DA
	208	1.7	305.21'27"	1.574	67.1'49"	AL
	209	1.7	282.5'31"	1.851	67.58'7"	AL
	210	1.7	271.39'6"	1.58	93.34'19"	DA
	211	0	263.43'1"	1.739	112.41'36"	L
	212	1.7	195.56'10"	3.926	78.41'11"	S
	213	1.7	184.48'6"	3.906	77.58'54"	S
	214	1.7	187.6'49"	7.286	82.49'33"	S
	215	1.7	193.31'6"	6.969	83.11'6"	S
	216	1.7	206.44'28"	10.887	85.19'10"	S
	217	1.7	202.25'41"	11.218	85.8'11"	S
	218	1.7	189.22'1"	14.646	77.40'24"	L
	219	1.7	198.3'14"	12.84	81.6'53"	L
	220	1.7	197.36'49"	17.791	80.6'21"	L
	221	1.7	206.43'11"	16.118	83.29'5"	L
	222	1.7	202.44'4"	21.02	81.58'49"	L
	223	1.7	211.10'50"	19.9	84.59'15"	L
	224	1.7	205.12'12"	25.401	81.40'25"	L
	225	1.7	213.47'13"	24.168	85.46'34"	L
	226	0	203.53'6"	25.53	81.40'8"	DI
	227	0	201.45'31"	20.75	81.26'50"	DI
	228	0	190.10'1"	16.058	79.44'52"	DI
	229	0	172.14'21"	12.028	74.40'10"	DI
	230	0	179.0'1"	10.118	81.43'54"	L
	231	0	223.12'22"	4.02	83.22'7"	L
	232	0	212.57'27"	6.79	86.59'4"	L

## RAW DATA

	233	1.7		213.17'49"	9.851	78.26'18"	L
	234	0		218.19'51"	9.86	79.28'6"	DA
	235	0		220.19'35"	6.576	76.42'58"	DA
G7	237	1.7		115.33'22"	14.339	87.32'5"	G6
1.428	236	1.7		302.26'50"	29.351	89.5'40"	G8
	237	1.7		302.26'47"	29.351	89.5'40"	G8
	238	1.7		302.26'47"	29.351	89.5'40"	G8
	239	1.7		122.35'21"	29.381	270.52'18"	G8
	240	1.7		295.59'10"	14.282	270.33'54"	G6
	241	1.7		115.56'30"	14.293	89.24'34"	G6
	242	1.7		302.36'9"	29.329	89.8'14"	G8
	243	1.7		122.35'50"	29.329	270.51'23"	G8
	244	1.7		295.55'0"	14.295	270.30'59"	G6
	245	0		146.36'50"	11.547	79.49'32"	L
	246	0		159.38'27"	13.159	77.9'43"	L
	247	1.2		144.55'23"	16.455	76.46'36"	L
	248	1.2		141.6'37"	14.651	77.32'14"	L
	249	1.2		127.23'9"	18.094	81.23'45"	L
	250	1.2		114.15'59"	15.951	89.56'26"	L
	251	0		349.46'32"	3.24	85.40'1"	DA
	252	0		319.17'56"	8.384	89.9'8"	DA
	253	0		311.18'43"	14.646	89.26'26"	DA
	254	0		305.48'4"	21.914	89.29'6"	DA
G7	256	1.7		57.13'58"	29.294	88.50'50"	G7
1.422	257	1.7		199.43'39"	14.086	88.59'43"	G9
	258	1.7		19.45'35"	14.084	271.1'4"	G9
	259	1.7		237.23'59"	29.224	271.6'19"	G9
	260	0		24.51'27"	4.152	105.37'18"	S
	261	0		34.40'25"	4.244	88.37'39"	S
	262	0		33.45'41"	2.173	87.5'42"	S
	263	0		11.32'21"	2.21	94.20'31"	DA
	264	0		320.35'44"	1.413	83.42'1"	DA
	265	2		183.2'29"	3.452	87.59'46"	S
	266	2		203.19'19"	3.638	82.10'15"	S
	267	2		183.27'45"	8.324	86.9'3"	S
	268	2		191.46'22"	7.981	86.10'11"	S
	269	2		202.39'42"	16.773	88.57'43"	S
	270	2		206.31'32"	16.451	88.3'20"	S
	271	1.7		214.46'19"	15.595	85.5'21"	L
	272	1.7		216.4'20"	12.331	79.18'34"	L
	273	1.7		217.27'59"	5.854	73.25'29"	L
	274	1.7		143.42'52"	1.752	82.36'29"	L
G9	276	1.7		102.10'21"	14.077	89.6'33"	G8
1.42	275	1.7		350.39'48"	18.781	89.16'46"	G10
	277	1.7		350.56'20"	18.848	89.16'3"	G10
	278	1.7		170.41'46"	18.85	270.43'21"	G10
	279	1.7		281.58'10"	14.19	270.52'59"	G8
	280	1.7		140.14'21"	6.056	80.59'58"	L
	281	1.7		147.27'47"	2.814	75.6'4"	LDI
	282	1.7		328.9'42"	6.768	87.25'49"	S
	283	1.7		336.10'53"	6.084	88.1'7"	S
	284	1.7		345.38'13"	9.115	88.4'31"	S
	285	1.7		352.3'55"	8.538	88.19'27"	S
	286	1.7		341.17'8"	14.019	82.30'16"	L
	287	1.7		319.59'8"	8.292	78.27'40"	L
	288	0		319.35'2"	8.887	77.34'50"	DI
	289	0		328.42'44"	11.429	80.4'13"	DI

## RAW DATA

G10	291	1.7	144.55'22"	18.768	89.26'13"	G9
1.41	292	1.7	260.15'1"	19.739	89.10'46"	G11
	293	1.7	80.14'12"	19.75	270.50'26"	G11
	294	1.7	325.0'9"	18.645	270.32'38"	G9
	295	1.7	273.19'15"	8.616	87.50'29"	S
	296	1.7	264.4'11"	8.362	87.33'15"	S
	297	1.7	261.13'58"	16.19	88.43'8"	S
	298	1.7	255.17'54"	16.623	89.11'45"	S
	299	1.7	261.44'15"	20.77	89.6'6"	S
	300	1.7	256.1'12"	21.644	89.19'44"	S
	301	1.7	268.34'50"	22.579	89.10'18"	S
	302	1.7	266.26'39"	24.253	89.5'54"	S
	303	1.7	270.32'3"	19.227	85.44'13"	L
	304	1.7	276.57'58"	14.634	85.12'49"	L
	305	1.7	279.29'38"	9.512	81.12'48"	L
	306	1.7	243.40'16"	7.267	83.16'3"	D
	307	1.7	253.27'40"	11.604	84.21'8"	D
	308	1.7	238.4'22"	4.552	76.55'50"	L
	309	1.7	254.20'31"	8.56	83.50'41"	L
	310	1.7	253.45'9"	12.332	85.57'53"	L
G11	312	1.7	329.20'45"	19.74	89.20'35"	G10
1.53	313	0.4	205.8'13"	16.366	92.12'58"	G12
	314	0.4	25.9'6"	16.36	267.45'32"	G12
	315	1.7	149.26'0"	19.734	270.40'52"	G10
	316	1.7	207.45'59"	11.081	88.6'12"	S
	317	1.7	216.48'39"	10.468	89.32'2"	S
	318	1.7	201.41'58"	16.083	88.36'34"	S
	319	1.7	207.34'33"	16.631	88.21'4"	S
	320	1.7	191.0'8"	18.523	83.27'8"	L
	321	1.7	193.18'23"	13.825	81.46'19"	L
	322	0	185.25'58"	9.973	80.3'7"	L
	323	0	185.28'0"	9.972	80.4'3"	L
	324	1.7	131.46'36"	6.475	71.13'56"	LDI
	325	1.7	104.33'9"	4.613	66.32'16"	LDI
	326	1.7	148.26'33"	8.84	72.32'20"	L
	327	0	171.41'36"	13.346	75.45'44"	ST
	328	0	220.53'49"	7.458	83.27'45"	DA
G12	330	1.7	226.42'5"	16.374	89.24'29"	G11
1.47	331	1.7	354.15'11"	12.228	88.18'34"	G13
	332	1.7	173.55'3"	12.383	272.3'24"	G13
	333	1.7	47.7'37"	16.304	270.38'16"	G11
	334	1.7	227.9'51"	16.35	89.22'19"	G11
	335	0	210.10'59"	8.469	84.28'27"	DA
	336	0	189.47'11"	7.148	85.33'31"	DA
	337	0	175.29'22"	3.99	78.36'11"	DA
	338	0	39.53'39"	2.4	66.58'31"	DA
	339	0	8.24'11"	5.737	87.29'56"	S
	340	0	7.29'54"	6.818	92.0'23"	SM
G13	342	1.7	1.43'28"	12.291	90.12'0"	G12
1.53	343	1.7	116.5'33"	23.773	77.54'39"	G14
	344	1.7	296.6'33"	23.756	282.5'12"	G14
	345	1.7	181.27'54"	12.313	269.47'33"	G12
	346	1.7	336.42'39"	5.274	88.32'27"	S
	347	1.7	342.57'0"	2.272	88.14'35"	S
	348	1.7	254.33'5"	1.676	77.7'2"	SDA
	349	1.7	99.32'35"	6.782	88.43'3"	S
	350	1.7	117.20'24"	6.944	88.21'2"	S
	351	1.7	99.55'46"	10.739	89.25'9"	S

## RAW DATA

	352	1.7	110.9'0"	11.047	88.57'58"	S
	353	1.7	94.39'21"	14.918	89.35'57"	S
	354	1.7	106.57'35"	14.693	89.4'46"	S
	355	1.7	101.38'27"	17.389	90.27'30"	S
	356	1.7	105.44'9"	17.523	91.28'45"	S
	357	1.7	111.52'8"	18.038	86.59'1"	L
	358	1.7	113.1'23"	12.275	86.56'35"	L
	359	1.7	120.40'14"	8.671	85.1'4"	L
	360	1.7	139.9'17"	4.182	76.22'16"	L
	361	1.7	87.48'52"	12.953	86.8'29"	L
	362	1.7	84.48'10"	7.967	85.0'24"	L
	363	1.7	71.10'50"	4.099	79.36'33"	L
	364	0	54.19'32"	5.22	77.26'5"	DI
	365	0	82.2'49"	8.414	83.32'37"	DI
	366	0	84.37'20"	12.608	86.52'37"	DI
	367	0	93.44'51"	15.811	88.13'38"	DI
	368	1.7	127.22'59"	18.727	78.6'24"	DA
	369	0	138.55'43"	11.302	77.19'10"	L
G14	371	1.7	250.38'57"	23.742	101.27'27"	G13
1.51	373	0.07	356.42'32"	29.968	82.8'33"	G15
	374	0.07	176.43'10"	29.968	277.51'2"	G15
	375	1.7	70.34'52"	23.73	258.36'50"	G13
	376	0	308.53'23"	10.082	86.32'58"	DI
	377	1.7	296.25'26"	4.891	100.53'12"	L
	378	1.7	269.27'21"	5.194	109.55'0"	L
	379	0	179.14'29"	3.337	84.21'6"	DA
	380	0	104.49'9"	1.894	76.37'9"	DA
	381	1.7	184.1'22"	2.237	81.47'6"	L
	382	1.35	47.10'43"	3.297	75.13'17"	LDA
	383	1.35	21.30'39"	4.113	86.13'8"	L
	384	2.75	319.12'29"	8.915	105.7'58"	LDI
	385	2.75	347.19'27"	10.657	101.19'15"	LDI
	386	2.75	355.32'4"	13.786	100.40'49"	LDI
	387	2.75	352.30'52"	7.04	115.44'16"	L
	388	2.75	12.11'24"	11.22	105.30'20"	L
	389	1.7	29.13'54"	2.227	90.39'50"	LDA
	390	1.7	24.33'29"	22.491	91.10'20"	LDI
	391	1.7	26.30'35"	22.735	90.58'55"	L
	392	1.7	15.43'49"	20.32	94.45'4"	LDI
	393	1.7	22.6'18"	19.37	97.26'47"	L
	394	1.7	7.21'19"	16.39	85.34'24"	L
	395	1.7	5.19'55"	21.986	81.11'22"	L
	396	1.7	1.18'52"	27.289	78.38'32"	L
G15	398	1.7	21.54'1"	29.809	100.12'18"	G14
1.547	399	1.7	201.56'8"	29.858	259.48'11"	G14
	400	1.7	21.56'52"	29.688	100.12'18"	G14
	401	1.7	201.43'57"	29.722	259.45'9"	G14
	402	1.8	76.13'10"	20.816	54.26'27"	P6
	403	1.8	256.14'14"	20.819	305.34'5"	P6
	404	1.8	76.14'12"	20.82	54.26'26"	P6
	405	1.8	256.14'3"	20.817	305.33'37"	P6
	406	1.7	355.18'13"	3.079	96.49'7"	L
	407	3	28.51'31"	4.365	117.8'6"	L
	408	3	49.31'5"	7.147	107.24'1"	LDI
	409	3	84.6'47"	6.843	101.45'49"	LDI
	410	0	124.17'48"	3.358	93.3'21"	LDI
	411	0	160.45'11"	4.313	71.53'37"	LDI
	412	1.7	219.29'16"	6.378	59.28'38"	LDI
	413	0	213.0'59"	3.125	61.46'25"	L







Data Rata-rata Poligon terbuka terikat koordinat

G8	256	1.7	57	13	58	57.233	142.495	142	29	41	142.427	29.294	88	50	50	88.847	G7
	259	1.7	237	23	59	237.400	142.36	142	21	36	29.224	29.224	271	6	19	271.105	G7
1.422	257	1.7	199	43	39	199.728					14.863	14.864	88	59	43	88.995	G9
	258	1.7	19	45	35	19.760					14.864	14.864	271	1	4	271.018	G9
G9	276	1.7	102	10	21	102.173					14.077	14.077	89	6	33	89.109	G8
	279	1.7	281	58	10	281.969					14.861	14.861	270	52	59	270.883	G8
1.42	275	1.7	350	39	48	350.663	248.491	248	29	27	18.781	18.781	89	16	46	89.279	G10
	277	1.7	350	56	20	350.939	248.727	248	43	36	18.848	18.848	89	16	3	89.268	G10
	278	1.7	170	41	46	170.696					18.85	18.85	270	43	21	270.723	G10
G10	291	1.7	144	55	22	144.923					18.768	18.768	89	26	13	89.437	G9
	294	1.7	325	0	9	325.003					18.645	18.645	270	32	38	270.544	G9
1.41	292	1.7	260	15	1	260.250	115.328	115	19	39	115.281	19.739	89	10	46	89.179	G11
	293	1.7	80	14	12	80.237	115.234	115	14	3	19.75	19.75	270	50	26	270.841	G11
G11	312	1.7	329	20	45	329.346					19.740	19.740	89	20	35	89.343	G10
	315	1.7	149	26	0	149.433					19.734	19.734	270	40	52	270.681	G10
1.53	313	0.4	205	8	13	205.137	235.791	235	47	28	16.656	16.656	92	12	58	92.216	G12
	314	0.4	25	9	6	25.152	235.718	235	43	6	16.65	16.65	267	45	32	267.759	G12
G12	330	1.7	226	42	5	226.701					16.674	16.674	89	24	29	89.408	G11
	333	1.7	47	7	37	47.127					16.654	16.654	270	38	16	270.638	G11
	334	1.7	227	9	51	227.164					16.65	16.65	89	22	19	89.372	G11
1.47	331	1.7	354	15	11	354.253	127.552	127	33	6	127.552	12.228	88	18	34	88.309	G13
	332	1.7	173	55	3	173.918	126.791	126	47	26	12.383	12.383	272	3	24	272.057	G13
G13	342	1.7	1	43	28	1.724					12.291	12.291	90	12	0	90.200	G12
	345	1.7	181	27	54	181.465					12.313	12.313	269	47	33	269.793	G12
1.53	343	1.7	116	5	33	116.093	114.368	114	22	5	23.773	23.773	77	54	39	77.911	G14
	344	1.7	296	6	33	296.109	114.644	114	38	39	23.756	23.756	282	5	12	282.087	G14
G14	371	1.7	250	38	57	250.649					23.742	23.742	101	27	27	101.458	G13
	375	1.7	70	34	52	70.581					23.73	23.73	258	36	50	258.614	G13
1.51	373	0.07	356	42	32	356.709	106.06	106	3	35	106.099	29.968	82	8	33	82.143	G15
	374	0.07	176	43	10	176.719	106.138	106	8	18	29.968	29.968	277	51	2	277.851	G15
G15	388	1.7	21	54	1	21.900					29.809	29.809	100	12	18	100.205	G14
1.547	399	1.7	201	56	8	201.936	54.3192	54	19	9	54.310	29.858	259	48	11	259.803	G14
	400	1.7	21	56	52	21.948	54.3017	54	18	6	29.688	29.688	100	12	18	100.205	G14
	401	1.7	201	43	57	201.733	54.2889	54	17	20	29.722	29.722	259	45	9	259.753	G14
	402	1.8	76	13	10	76.219	54.5017	54	30	6	20.816	20.816	54	26	27	54.441	P6
	403	1.8	256	14	14	256.237					20.819	20.819	305	34	5	305.568	P6
	404	1.8	76	14	12	76.237					20.82	20.82	54	26	26	54.441	P6
	405	1.8	256	14	3	256.234					20.817	20.817	305	33	37	305.560	P6

### Hitungan pendekatan Azimuth awal

Point	S. Horizontal				Azimuth	Jarak (d)	d sin $\alpha$	d cos $\alpha$	Koordinat		kode					
	d	m	s	des	des				X	Y						
P1					63.27952				660847.000	9074341.000	P1 diketahui	197.0074638	197	0	26.86968	Azimuth pendekatan
	259	27	45.000	259.4625	322.742	15.539	-9.40718	12.3675				197.1481705	197	8	53.41379	Azimuth Asli
G1									660837.593	9074353.367	G1	-0.140706697	0	-8	-26.5441	Selisih Az
	190	23	54.000	190.39833	333.1404	21.214	-9.58462	18.92535				0.140706697	0	8	26.54411	
G2									660828.008	9074372.293	G2					
	172	46	46.500	172.77958	325.9199	17.336	-9.71424	14.35863								
G3									660818.294	9074386.651	G3					
	264	0	3.500	264.00097	49.92091	12.131	9.282303	7.810638								
G4									660827.576	9074394.462	G4					
	126	11	53.333	126.19815	356.1191	7.680	-0.51979	7.662139								
G5									660827.056	9074402.124	G5					
	165	8	10.500	165.13625	341.2553	7.858	-2.52527	7.441481								
G6									660824.531	9074409.566	G6					
	249	2	46.000	249.04611	50.30142	14.380	11.06394	9.184995								
G7									660835.595	9074418.751	G7					
	186	37	55.000	186.63194	56.93336	29.348	24.59428	16.01241								
G8									660860.189	9074434.763	G8					
	142	25	38.500	142.42736	19.36072	14.864	4.927465	14.02297								
G9									660865.117	9074448.786	G9					
	248	36	31.500	248.60875	87.96947	18.849	18.83716	0.667857								
G10									660883.954	9074449.454	G10					
	115	16	51.000	115.28083	23.25031	19.743	7.793486	18.13956								
G11									660891.748	9074467.594	G11					
	235	45	17.000	235.75472	79.00503	16.653	16.34732	3.176108								
G12									660908.095	9074470.770	G12					
	127	33	6.000	127.55167	26.55669	12.348	5.520583	11.04519								
G13									660913.615	9074481.815	G13					
	114	38	39.000	114.64417	321.2009	23.765	-14.8906	18.5208								
G14									660898.725	9074500.336	G14					
	106	5	56.500	106.09903	247.2999	29.901	-27.5846	-11.5389								
G15									660871.140	9074488.797	G15					
	54	18	37.500	54.310417	121.6103	20.818	17.72929	-10.9115								
P6									660888.869	9074477.885	P6'					
									660889.227	9074477.852	P6 Diketahui					

282.425    41.8695    136.8852

**Data Hitungan Poligon Terbuka Terikat Koordinat**

Point	S. Horizontal				sellisih Az	Azimuth				Jarak (d)	d sin $\alpha$			d cos $\alpha$			Koordinat			kode
	d	m	s	des		d	m	s	des		d sin $\alpha$	$\Delta x$	k $\Delta x$	d cos $\alpha$	$\Delta y$	k $\Delta y$	X	Y	Z	
P1																660847.000	9074341.000	111.000	P1	
G1	259	27	45	259.463	0.140707	322	52	57.81077424	322.88273	15.539	-9.377	0.002	-9.37455	12.391	0.003	12.39315	660837.625	9074353.393	105.591	G1
G2	190	23	54	190.398	0.140707	333	16	51.81077424	333.28106	21.214	-9.538	0.003	-9.53506	18.949	0.004	18.95235	660828.090	9074372.346	94.407	G2
G3	172	46	46	172.780	0.140707	326	3	38.31077424	326.06064	17.336	-9.679	0.002	-9.67645	14.382	0.003	14.38533	660818.414	9074386.731	88.515	G3
G4	264	0	4	264.001	0.140707	49	55	15.26666667	49.92091	12.131	9.282	0.002	9.28405	7.811	0.002	7.81265	660827.698	9074394.543	82.724	G4
G5	126	11	53	126.198	0.140707	356	15	35.14410758	356.25976	7.680	-0.501	0.001	-0.49987	7.663	0.001	7.66467	660827.198	9074402.208	82.947	G5
G6	165	8	11	165.136	0.140707	341	23	45.64410758	341.39601	7.858	-2.507	0.001	-2.50586	7.448	0.001	7.44897	660824.692	9074409.657	83.201	G6
G7	249	2	46	249.046	0.140707	50	26	31.64410758	50.44212	14.380	11.086	0.002	11.08853	9.158	0.002	9.16019	660835.781	9074418.817	83.226	G7
G8	186	37	55	186.632	0.140707	57	4	26.64410758	57.07407	29.348	24.634	0.004	24.63775	15.952	0.005	15.95684	660860.419	9074434.774	83.418	G8
G9	142	25	39	142.427	0.140707	19	30	5.144107578	19.50143	14.864	4.962	0.002	4.96403	14.011	0.002	14.01330	660865.383	9074448.787	83.401	G9
G10	248	36	31	248.609	0.140707	88	6	36.64410758	88.11018	18.849	18.839	0.003	18.84146	0.622	0.003	0.62473	660884.224	9074449.412	83.358	G10
G11	115	16	51	115.281	0.140707	23	23	27.64410758	23.39101	19.743	7.838	0.003	7.84085	18.120	0.003	18.12365	660892.065	9074467.536	83.351	G11
G12	235	45	17	235.755	0.140707	79	8	44.64410758	79.14573	16.653	16.355	0.002	16.35747	3.136	0.003	3.13872	660908.422	9074470.675	83.836	G12
G13	127	33	6	127.552	0.140707	26	41	50.64410758	26.69740	12.348	5.548	0.002	5.54947	11.032	0.002	11.03365	660913.972	9074481.708	83.971	G13
G14	114	38	39	114.644	0.140707	321	20	29.64410758	321.34157	23.765	-14.845	0.003	-14.84170	18.557	0.004	18.56126	660899.130	9074500.269	88.891	G14
G15	106	5	56	106.099	0.140707	247	26	26.14410758	247.44060	29.901	-27.613	0.004	-27.60851	-11.471	0.005	-11.46619	660871.522	9074488.803	94.457	G15
P6	54	18	37	54.310	0.140707	121	45	3.644107578	121.75101	20.818	17.702	0.003	17.70544	-10.955	0.003	-10.95157	660889.227	9074477.852	109.086	P6

DIKETAHUI

DIKETAHUI

$\Sigma d$  282.425                      0.041                      0.047  
 $\Sigma d \sin \alpha$  42.186                       $\Sigma d \cos \alpha$  136.805                      0.06211  
fx 0.041                      KL 1: 4546.841  
fy 0.047





