

**THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR 3D IMAGE  
EXTRACTION FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPH**

**PENYELIDIK:**

ASSOC PROF DAUT DAMAN  
PROF. DR. GHAZALI SULONG  
ASSOC PROF. SARUDIN KARI  
NIK ISROZAIDI NIK ISMAIL  
MOHD SHAFRY MOHD RAHIM  
ASSOC PROF. DR IBRAHIM BUSU  
AZMI MD JAFRI

**RESEARCH VOT NO: 74206**

**PUSAT PENGURUSAN PENYELIDIKAN  
UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA**

**SESI 2003 / 2006**

**UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA**  
**Research Management Centre**

**PRELIMINARY IP SCREENING & TECHNOLOGY ASSESSMENT FORM**

*(To be completed by Project Leader submission of Final Report to RMC or whenever IP protection arrangement is required)*

**PROJECT TITLE IDENTIFICATION : THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR 3D  
IMAGE EXTRACTION FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPH**

Vote No:

**1. PROJECT LEADER :**

74206

Name : ASSOC. PROF DAUT BIN DAMAN

Address : FSKSM, UTM 8130 Johor

Tel : 07 5532315 Fax : 07 5565044 e-mail : daut@utm.my

**2. DIRECT OUTPUT OF PROJECT** *(Please tick where applicable)*

Scientific Research	Applied Research	Product/Process Development
<input checked="" type="checkbox"/> Algorithm	<input type="checkbox"/> Method/Technique	<input type="checkbox"/> Product / Component
<input type="checkbox"/> Structure	<input checked="" type="checkbox"/> Demonstration / Prototype	<input type="checkbox"/> Process
<input type="checkbox"/> Data		<input checked="" type="checkbox"/> Software
<input type="checkbox"/> Other, please specify _____	<input type="checkbox"/> Other, please specify _____	<input type="checkbox"/> Other, please specify _____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

**3. INTELLECTUAL PROPERTY** *(Please tick where applicable)*

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Not patentable         | <input type="checkbox"/> Technology protected by patents |
| <input type="checkbox"/> Patent search required            | <input type="checkbox"/> Patent pending                  |
| <input type="checkbox"/> Patent search completed and clean | <input type="checkbox"/> Monograph available             |
| <input type="checkbox"/> Invention remains confidential    | <input type="checkbox"/> Inventor technology champion    |
| <input type="checkbox"/> No publications pending           | <input type="checkbox"/> Inventor team player            |
| <input type="checkbox"/> No prior claims to the technology | <input type="checkbox"/> Industrial partner identified   |

**5. LIST OF EQUIPMENT BOUGHT USING THIS VOT**

1. One(1) unit Personal Computer
2. One(1) Printer
3. One(1) Data Capture

**6. STATEMENT OF ACCOUNT**

a)	APPROVED FUNDING	RM : RM88,000.00
b)	TOTAL SPENDING	RM : RM81,208.59
c)	BALANCE	RM : RM 6,791.41

**7. TECHNICAL DESCRIPTION AND PERSPECTIVE**

*Please tick an executive summary of the new technology product, process, etc., describing how it works. Include brief analysis that compares it with competitive technology and signals the one that it may replace. Identify potential technology user group and the strategic means for exploitation.*

## a) Technology Description

The technique/algorithm developed is to extract information of 2D image and then construct a 3D image. The algorithm may be used or utilized in GIS development, computer games development, interactive simulations software, education and visualization

## b) Market Potential

The technique developed can enhance existing algorithm in extracting and visualization of 2D map. The algorithm may be used by Visualization of Spatial Data developers. In Malaysia, Forestry Department, Irrigation Department, Mapping Department and Government Research Institutes can benefit the research.

## c) Commercialisation Strategies

The result of the research can be utilized by collaboration of UTM with government and government research Institutes in near future.

Signature of Project Leader :-

Date :-

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**8. RESEARCH PERFORMANCE EVALUATION**

a) FACULTY RESEARCH COORDINATOR

Research Status	( )	( )	( )	( )	( )	( )
Spending	( )	( )	( )	( )	( )	( )
Overall Status	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	Excellent	Very Good	Good	Satisfactory	Fair	Weak

Comment/Recommendations :

---



---



---



---

.....

Signature and stamp of  
JKPP Chairman

Name : .....

Date : .....

b) RMC EVALUATION

Research Status	( )	( )	( )	( )	( )	( )
Spending	( )	( )	( )	( )	( )	( )
Overall Status	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	Excellent	Very Good	Good	Satisfactory	Fair	Weak

Comments :-

---



---



---



---



---



---

Recommendations :

- Needs further research
- Patent application recommended
- Market without patent
- No tangible product. Report to be filed as reference

.....  
 Signature and Stamp of Dean / Deputy Dean  
 Research Management Centre

Name : .....  
 Date : .....

# BAB I

## PENGENALAN

### 1.1 Pendahuluan

Gambarfoto udara merupakan gambarfoto yang diperolehi dengan menggunakan peralatan kamera khas yang diletakkan pada kapal terbang dan diambil pada ketinggian yang tertentu. Peralatan moden yang digunakan sekarang dapat mengambil gambarfoto udara yang mengandungi maklumat berkaitan dengan ketinggian, jaringan jalanraya, bangunan, jambatan dan sebagainya [8]. Walaubagaimanapun, maklumat ketinggian tidak boleh diperolehi dengan menggunakan peralatan konvensional. Ini adalah kerana peralatan konvensional menghasilkan gambarfoto 2D sahaja seperti yang terdapat dalam gambarfoto lama. Maklumat ketinggian adalah penting, kerana maklumat 3D diperlukan dalam bidang perancangan bandar dan wilayah, perhutanan, kajibumi, penghasilan peta pertanian serta bidang *Geographical Information System* (GIS) [30].

Gambarfoto udara lama mempunyai nilai sejarah yang lampau. Tesis ini adalah berkaitan dengan kaedah mendapatkan ketinggian dari suatu gambarfoto udara lama yang berskala kelabu. Pada kebiasaannya, data-data gambarfoto udara lama yang berkaitan dengan ketinggian diperolehi dengan menggunakan teknik fotogrametri. Fotogrametri berasaskan kaedah *shadow height method*, *displacement method* dan paralak.

Fotogrametri adalah merupakan satu kaedah yang penting untuk membantu mendapatkan maklumat ketinggian bagi penghasilan peta pertanian, perhutanan, kajibumi, dan juga peta-peta untuk tujuan perancangan bandar serta wilayah. Secara

umumnya, keperluan fotogrametri hendaklah mengambil kira faktor-faktor berikut [2]:

1. Kegunaan peta ukur,
  - a. Teknik Fotografi Khas (contohnya: fotografi berwarna untuk penyelidikan hidrografi, fotografi infra-merah untuk kajian tumbuhan, dan lain-lain)
  - b. Mosaik, Petafoto dan sebarang Gantian Peta;
  - c. Kajian-kajian Geografi dan Geologi;
  - d. Kaedah Grafik Untuk Ukuran Butirjelas;
  - e. Kaedah Plotan Stereo untuk Pengukuran Kejuruteraan dan Topografi.
2. Sempadan Projek
3. Penempatan dan Jenis Kawalan
4. Rupabentuk Bumi

Penggunaan kaedah fotogrametri adalah penting dalam bidang topografi dan pemetaan. Sebahagian dari negara maju dan juga negara sedang membangun telah menggunakan kaedah fotogrametri untuk tujuan pemetaan. Kerja-kerja fotogrametri melibatkan aktiviti-aktiviti berikut [1]:

1. Penentuan jarak ufuk bumi dan sudut dari ukuran pada fotograf tegak.
2. Penentuan ketinggian objek dari ukuran anjakan imej pada foto dengan menggunakan foto tunggal.
3. Penentuan ketinggian objek dan ketinggian titik bumi dari ukuran paralaks imej dengan menggunakan pasangan foto stereo.
4. Pemetaan dengan alat plot stereoskopi.
5. Pemetaan ortofoto.
6. Perancangan penerbangan untuk fotografi fotogrametri.

Kaedah fotogrametri telah pun diketahui umum dapat memberikan maklumat ketinggian dengan tepat. Walaubagaimanapun, kaedah ini adalah rumit serta memerlukan sumber tenaga manusia yang banyak dan mengakibatkan kos yang tinggi. Implikasinya, ramai golongan professional GIS telah memilih pendekatan kos yang murah berbanding dengan ketepatan bagi penghasilan pemetaan digital [31]. Pelbagai idea yang telah dikemukakan oleh komuniti GIS bagi menyatukan penggunaan fotogrametri digital dalam GIS.

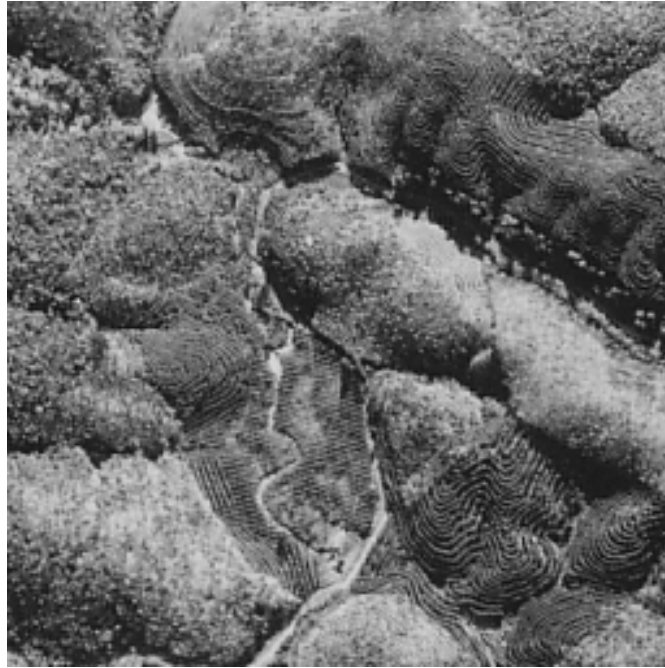
Menurut Mladen Stojic (2000), jumlah pengguna GIS yang menggunakan data 3D iaitu yang melibatkan ketinggian dalam permodelan spatial dan analisis data telah menunjukkan peningkatan yang agak ketara. Output bagi produk yang dihasilkan daripada teknik pengimejan 3D geografi termasuklah DTM, DSM, ciri-ciri 3D serta maklumat atribut spatial dan non-spatial yang berkaitan dengan ciri-ciri geografi. Dengan menggunakan sumber utama maklumat geografi, tambahan data GIS boleh diperolehi, dikemaskini dan diubahsuai.

Oleh yang demikian, adalah tidak mustahil untuk mengenalpasti lokasi geografi dalam ruang 3D dan menghubungkan lokasi tersebut dengan maklumat atributnya melalui fotogrametri, *remote sensing*, GIS dan pemaparan 3D. Kombinasi teknik pengimejan geografi diikuti dengan kejituan dan ketepatan fotogrametri adalah merupakan satu idea untuk membangunkan GIS 3D yang lebih mantap pada masa hadapan.

## **1.2 Latarbelakang Masalah**

Kepentingan pengumpulan data daripada sumber gambarfoto udara lama (seperti dalam Rajah 1.1) telah dinyatakan dalam dengan jelas[1]. Data yang diperolehi daripada gambarfoto udara lama adalah merupakan data yang mempunyai sejarahnya tersendiri, yang tak ternilai harganya.





Rajah 1.1: Contoh gambarfoto udara lama

Penyelidikan mengenai penggunaan gambarfoto udara untuk menghasilkan imej 3D telah dilakukan oleh beberapa penyelidik [30,31,32]. Gambarfoto udara adalah merupakan sumber data yang paling utama dalam pembinaan pangkalan data GIS [26]. Seperti yang telah diterangkan sebelum ini, gambarfoto udara lama mengandungi maklumat berkaitan dengan ketinggian, jaringan jalanraya, bangunan, jambatan dan sebagainya [8]. Data-data tersebut adalah merupakan data sejarah yang perlu disimpan untuk rujukan generasi seterusnya. Data sejarah ini penting untuk kegunaan dalam pelbagai bidang yang berkaitan.

Penghasilan paparan 3D daripada gambaran permukaan bumi dalam bentuk 2D masih lagi mempunyai kekangan dan banyak maklumat hilang disebabkan oleh pergerakan udara semasa imej kawasan tersebut diambil ataupun disebabkan oleh resolusi imej itu sendiri [23]. Kekaburan dan kekurangan maklumat yang terdapat pada imej ini diatasi dengan menyatukan pengetahuan mengenai tempat tersebut dalam proses permodelan dengan menggunakan pentafsiran imej.

Bidang Sains dan Teknologi yang berkaitan dengan pengurusan dan penyelidikan mengenai permukaan bumi telah berkembang dengan pesatnya

terutamanya dalam Teknologi *Remote Sensing* dan Fotogrametri. Satelit telah digunakan untuk mendapatkan data mengenai permukaan bumi secara terus.

Penggunaan teknologi moden boleh menghasilkan penyelesaian yang terbaik dalam merekodkan maklumat berkaitan dengan permukaan bumi. Namun begitu, pada hakikatnya kita tidak boleh merekodkan data pada masa lampau dengan menggunakan teknologi yang ada sekarang. Data-data tersebut adalah merupakan data sejarah yang mungkin tersimpan dalam bentuk negatif gambarfoto udara, cetakan gambarfoto udara, peta dan sebagainya.

Oleh yang demikian, satu usaha penyelidikan perlu dilakukan untuk mengeluarkan maklumat-maklumat tersebut. Setelah penggunaan komputer diperkenalkan, penggunaan fotogrametri digital dan GIS yang beroperasi dengan menggunakan komputer telah meningkat dengan mendadak. Dengan bantuan komputer juga, data vektor dan data raster boleh dimanipulasikan dengan mudah dan telah meningkatkan lagi penggunaan imej dalam bentuk data digital [27,28].

### **1.3 Pernyataan Masalah**

Seperti yang dinyatakan pada bahagian latarbelakang masalah di atas, penyelidikan ini adalah berkaitan dengan pengestrakan maklumat bagi imej 3D daripada imej 2D daripada gambarfoto udara lama.

Oleh itu, pernyataan masalah yang wujud dalam penyelidikan ini ialah,

*Bolehkah imej 3D diestrak daripada gambarfoto udara lama yang berskala kelabu?*

Berdasarkan kepada pernyataan masalah di atas, berikut adalah persoalan yang perlu dijawab bagi menyelesaikan permasalahan penyelidikan ini :

1. Bagaimana nilai tinggi boleh diestrak daripada imej digital gambarfoto udara berskala kelabu?
  - (a) Bagaimanakah nilai skala kelabu dikira?
  - (b) Bagaimanakah cara untuk menentukan nilai ketinggian pada imej berskala kelabu?
  
2. Bagaimana untuk mengestrak maklumat tinggi?

#### **1.4 Matlamat**

Matlamat penyelidikan ini adalah untuk mengestrak maklumat tinggi ( $z$ ) bagi menghasilkan imej 3D daripada gambarfoto udara lama berskala kelabu.

#### **1.5 Objektif Penyelidikan**

Objektif bagi penyelidikan ini adalah seperti berikut,

1. Mengkaji mengenai sifat-sifat gambarfoto udara dan perkaitannya dengan sifat piksel.
2. Mengkaji kaedah yang digunakan bagi mengeluarkan nilai tinggi daripada gambarfoto udara.
3. Menghasilkan satu algoritma untuk mencari nilai tinggi berdasarkan nilai skala kelabu setiap piksel yang terdapat di dalam gambarfoto.
4. Membangunkan satu prototaip sistem pengestrakan data tinggi daripada gambarfoto udara lama.

## 1.6 Skop Penyelidikan

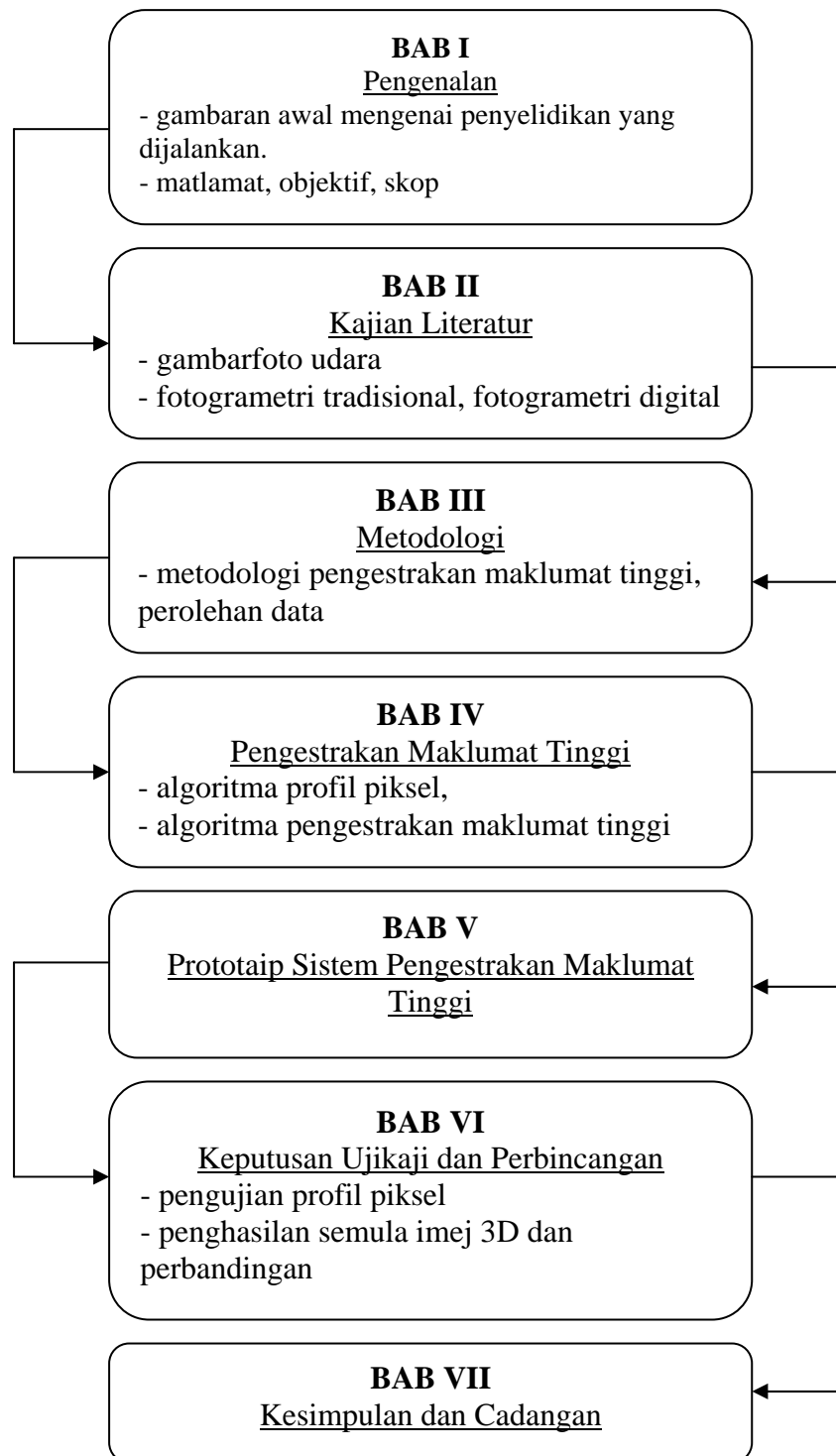
Untuk memastikan penyelidikan ini dapat dijalankan dengan sempurna, beberapa andaian dan batasan yang berkaitan dengan gambarfoto udara dinyatakan dengan jelas.

Dalam penyelidikan ini, pengukuran ketinggian adalah melibatkan pengiraan pada satu gambarfoto sahaja. Manakala sumber data utama iaitu gambarfoto udara lama bagi kawasan hutan dianggap sebagai gambarfoto udara tegak dan telah dirakamkan pada ketinggian kurang daripada 5,000 meter. Gambarfoto udara ini adalah gambarfoto yang berskala kelabu dan berada di dalam keadaan baik. Sekiranya gambarfoto udara yang digunakan dirakam pada ketinggian melebihi 5,000 meter, objek yang terdapat di dalam imej gambarfoto udara tersebut akan menjadi terlalu kecil. Di samping itu, semakin tinggi gambarfoto udara di ambil, semakin banyak gangguan yang akan timbul seperti tompokan awan akan menjadi semakin banyak.

Dari segi pengiraan ketinggian pula, sumber cahaya dan kedudukan matahari ketika gambarfoto udara tersebut dirakamkan diabaikan. Faktor awan dan angin serta koordinat sebenar pada permukaan bumi bagi gambarfoto tersebut tidak diambil kira. Penetapan untuk mengabaikan sumber cahaya dan kedudukan matahari dibuat berdasarkan kepada maklumat bagi sumber data yang diperolehi adalah amat terhad. Penyelidikan ini juga bertujuan untuk mendapatkan teknik asas bagi pengestrakan imej 3D daripada gambarfoto udara dengan menggunakan gabungan teknik pemprosesan imej dan teknik fotogrametri. Pembaikan hasil penyelidikan dinyatakan di dalam Bab VI sebagai cadangan kepada penyelidikan yang akan datang.

## 1.7 Susunan Tesis

Bagi memudahkan pembacaan tesis ini, Rajah 1.2 menunjukkan carta alir bagi susunan tesis ini.



Rajah 1.2: Carta alir susunan tesis

## 1.8 Sumbangan Ilmiah

Berikut ialah sumbangan ilmiah yang dapat dihasilkan melalui penyelidikan yang telah dijalankan ini. Sumbangan ilmiah ini telah dibahagikan kepada dua bahagian iaitu:

1. Algoritma bagi mengestrak nilai tinggi daripada gambarfoto udara lama.
2. Pengestrakan maklumat tinggi daripada gambarfoto udara lama.
3. Pengumpulan data tinggi daripada sumber gambarfoto udara lama dalam satu fail data mengandungi data  $x,y$  dan  $z$ .
4. Penghasilan imej 3D daripada data yang diperolehi.

## **BAB II**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1 Pendahuluan**

Kajian literatur dalam penyelidikan ini melibatkan pengukuran tinggi dengan kaedah fotogrametri secara konvensional berbanding dengan kaedah fotogrametri digital. Pada kebiasaannya, dengan kaedah fotogrametri secara konvensional pengukuran tinggi dibuat menggunakan dua gambarfoto yang bertindan. Bagaimanapun dalam penyelidikan ini, hanya satu gambarfoto udara sahaja digunakan bagi tujuan pengestrakan. Bab ini juga menerangkan mengenai aktiviti-aktiviti penyelidikan yang melibatkan pengestrakan maklumat ketinggian daripada imej digital gambarfoto udara lama 2D. Teknik-teknik yang digunakan termasuklah penggunaan grafik voksel dan manipulasi sifat yang ada pada elemen imej digital iaitu piksel.

#### **2.2 Gambarfoto Udara**

Potensi penggunaan gambarfoto udara untuk tujuan pemetaan telah dikaji seawal tahun 1851 oleh pengkaji dari Perancis, Aimé Laussedat, dan telah digunakan secara meluas semasa Perang Dunia Pertama [8]. Imej gambarfoto udara yang pertama telah dirakamkan di Paris pada tahun 1856 oleh F.Tournachon. Imej tersebut telah dirakamkan

daripada belon udara pada paras ketinggian yang rendah. Hasil daripada penemuan ini telah mencetuskan perkembangan pesat sains fotogrametri.

Pada tahun 1840, Jean Arago, seorang pakar ilmu Geodesi berbangsa Perancis telah mengembangkan penggunaan fotografi di dalam pengukuran topografi. Walaubagaimanapun, hanya pada tahun 1849 penggunaan fotografi di dalam pengukuran topografi berjaya dibuktikan oleh seorang pegawai tentera Perancis bernama Aime' Laussedat melalui eksperimen-eksperimennya dengan menggunakan layang-layang dan belon untuk mengambil gambarfoto kawasan bumi dari udara. Penyelidikan beliau di dalam bidang ini telah dihentikan disebabkan oleh kesukaran untuk mendapatkan gambarfoto udara daripada layang-layang dan belon tersebut.

Pemetaan Topografik menggunakan kaedah fotogrametri telah diperkenalkan di Amerika Utara dalam tahun 1886 oleh Captain Deville, seorang yang berbangsa Kanada. Beliau menggunakan prinsip-prinsip Laussedat untuk memetakan kawasan pergunungan Kanada Barat. Di Sweden, S.A. Andr e telah memperkenalkan gambarfoto udara pada tahun 1893 dan dengan menggunakan belon udara sebagai platformnya.

Pada tahun 1894, Coast dan Geodetic Survey Amerika Syarikat telah berjaya memetakan sempadan Alaska dan Kanada dengan menggunakan kaedah yang sama. Di Jerman, Meydenbaure merupakan orang yang pertama menggunakan kaedah pengukuran menggunakan fotografi. Beliau merupakan orang yang pertama menggunakan perkataan fotogrametri dalam melakukan kerja-kerja penyelidikan di Jerman.

Pada tahun 1900, seorang yang berbangsa Austria, Kapten Theodore Scheimpflug telah melakukan percubaan untuk mengambil gambarfoto dari udara dengan menggunakan belon udara panas. Kamera udara yang digunakan oleh beliau telah disangkutkkan kepada bakul belon tersebut untuk mendapatkan liputan kawasan yang lengkap dan luas.



Dalam tahun 1909, Dr. Carl Pulfrich, seorang yang berbangsa Jerman telah memajukan lagi kegunaan fotogrametri untuk pemetaan dengan mengambil pasangan stereofoto. Semenjak itu, peralatan dan juga teknik-teknik pemetaan secara stereofotogrametri mula berkembang. Pada awal dekad kurun kedua puluh, penggunaan belon udara telah digantikan dengan kapal terbang.

Sekitar tahun 1913, kapal terbang mula digunakan untuk mengambil gambarfoto dari udara, hasil daripada kejayaan adik-beradik Wright mencipta kapal terbang dalam tahun 1902. Gambarfoto udara telah digunakan secara meluas sewaktu Perang Dunia Kedua, terutamanya dalam kerja-kerja tinjauan di antara Perang Dunia Pertama dan Kedua. Penggunaan fotogrametri udara untuk pemetaan telah berkembang dengan pesatnya. Setelah berakhirnya Perang Dunia Kedua, hampir semua negara maju telah menggunakan fotogrametri secara meluas.

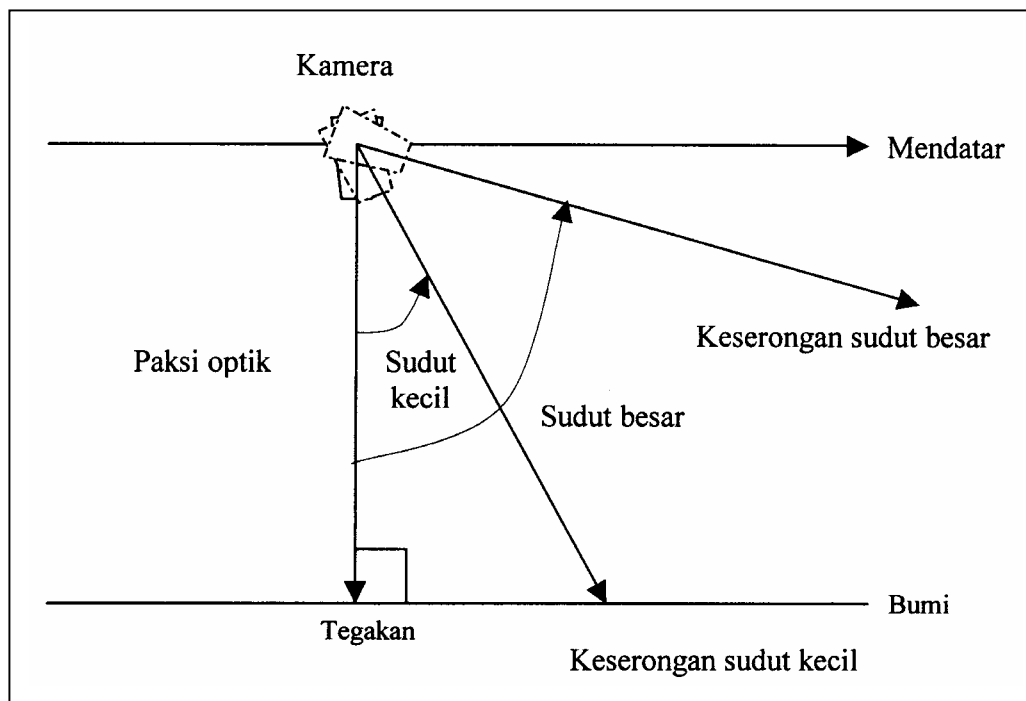
Imej gambarfoto udara telah digunakan di seluruh dunia untuk menghasilkan peta serta menyelenggara peta tersebut. Maklumat yang ada pada peta seperti jaringan jalanraya, jambatan, bangunan dan sebagainya pada kebiasaannya disimpan dalam format digital vektor dalam sistem GIS dan CAD.

Imej gambarfoto udara diambil dengan menggunakan kapal terbang untuk mendapatkan satu siri imej dengan menggunakan satu gulung filem yang khas. Filem ini kemudiannya diproses dan dipotong menjadi negatif. Saiz biasa bagi negatif tersebut adalah 9' x 9' (23 cm x 23 cm) [8]. Skala terakhir bagi imej gambarfoto udara adalah bergantung kepada ketinggian kapal terbang semasa gambarfoto udara tersebut diambil.

### 2.3 Klasifikasi Gambarfoto Udara

Secara amnya, terdapat tiga jenis gambarfoto udara, iaitu tegak, senget dan oblik. Gambarfoto udara jenis tegak diambil dalam keadaan paksi optik dan kamera berada pada kedudukan yang tegak [1, 9]. Walaubagaimanapun, pada kebiasaannya berlaku juga kecondongan paksi optik yang tidak disengajakan dan tidak dapat dielakkan yang dinamakan gambarfoto udara senget.

Gambarfoto udara jenis senget diambil dengan paksi kamera yang sengaja dicondongkan. Terdapat dua jenis keserongan yang bergantung kepada keluasan sudut kecondongan. Bagi keserongan sudut besar, biasanya kamera dicondongkan pada sudut yang lebih besar daripada tegakan. Oleh yang demikian, kamera hanya mengarah sedikit sahaja ke bawah dan gambarfoto yang dihasilkan biasanya mengandungi ufuk ketara bumi. Bagi keserongan sudut kecil, kamera dicondongkan pada sudut yang kecil daripada tegakan. Oleh yang demikian, kamera akan mengarah secara terus ke bawah dan hasilnya gambarfoto ini tidak mengandungi ufuk bumi (rujuk Rajah 2.1).



Rajah 2.1: Jenis-jenis gambarfoto udara

Walaupun wujud pengkelasan sebegini, namun semua gambarfoto udara adalah merupakan unjuran perspektif atau unjuran memusat yang terbentuk hasil daripada sinar cahaya merentas satu titik yang telah ditentukan, iaitu melalui kanta kamera [1, 9]. Perkara ini telah menimbulkan perubahan terhadap skala pada keseluruhan fotograf yang dihasilkan. Gambarfoto udara senget menekankan kesan perspektif ini dengan lebih nyata daripada gambarfoto tegak dengan perubahan skala yang nyata dari hadapan ke belakang dan dari sisi ke sisi yang lain.

Skala bagi gambarfoto udara adalah bergantung kepada ketinggian kapal terbang dan jarak fokus kamera semasa gambarfoto udara tersebut diambil. Maklumat mengenai ketinggian kapal terbang dan jarak fokus kamera adalah merupakan data yang penting. Dalam penyelidikan ini, hanya terdapat maklumat mengenai skala bagi gambarfoto udara. Oleh yang demikian, ketinggian kapal terbang semasa gambarfoto udara hanya boleh diperolehi sekiranya maklumat mengenai skala gambarfoto udara dan klasifikasi kamera diketahui.

Terdapat pelbagai jenis kamera yang digunakan di seluruh dunia untuk mendapatkan gambarfoto udara dan tiap-tiap jenis kamera itu diklasifikasikan mengikut bidang sudut pandangan iaitu jenis kanta yang digunakan [1]. Sudut tersebut dikenali sebagai sudut sempit, normal, luas dan sudut luas lampau. Klasifikasi bagi kamera boleh dilihat dalam Jadual 2.1 di bawah.

<b>Klasifikasi</b>	<b>Format Foto</b>	<b>Jarak fokus</b>	<b>Luas Bidang Sudut</b>
	<b>Mm</b>	<b>Mm</b>	<b>Pandangan (°)</b>
Sudut Sempit	140 x 140	600	20
	230 x 230	600	30
Sudut Normal	140 x 140	170	60
	180 x 180	210	60
	230 x 230	210	80
	230 x 230	300	60

Sudut Luas	180 x 180	115	90
	230 x 230	152	94
Luas Sudut Lampau	180 x 180	55	135
	230 x 230	85	125
	230 x 230	88	120

Jadual 2.1: Jadual Klasifikasi Kamera

Maklumat-maklumat yang terkandung di dalam Jadual 2.1 di atas adalah penting untuk melakukan proses pengestrakan nilai ketinggian sebenar yang mana memerlukan maklumat mengenai ketinggian kapal terbang semasa gambarfoto udara di ambil dan jarak fokus kamera. Pada amnya, kamera sudut luas sering digunakan untuk mengambil gambarfoto udara untuk tujuan pemetaan dan pengukuran tinggi yang dibuat adalah tepat.

Secara umumnya, skala bagi gambarfoto udara boleh dikira dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\text{Skala foto, } S_f = \frac{c}{H_p} \quad (2.1)$$

di mana,

$c$  = jarak fokus

$H_p$  = tinggi minimum penerbangan atas paras purata permukaan bumi

## 2.4 Pengukuran Tinggi Menggunakan Teknik Fotogrametri

Definisi bagi istilah fotogrametri ialah sains atau seni bagi memperolehi ukuran yang betul dengan menggunakan gambarfoto. Menurut Dr. Zakaria [8], istilah fotogrametri mula digunakan dalam sebuah buku berbahasa Jerman yang diterbitkan oleh Meydenbauer pada tahun 1839. Prinsip fotogrametri boleh digunakan pada gambarfoto yang diambil dari permukaan bumi (dikenali sebagai fotogrametri trestrial) dan juga gambarfoto udara (dikenali sebagai fotogrametri udara). Dalam bidang geografi, gambarfoto udara digunakan untuk tujuan teknikal dan pemetaan topografi. Terdapat banyak lagi kegunaannya, terutama penghasilan maklumat ketinggian atau model permukaan bumi termasuklah maklumat yang berkaitan dengan perubahan bentuk permukaan bumi.

Terdapat tiga kaedah fotogrametri yang biasa digunakan bagi pengukuran maklumat tinggi. Dua daripada kaedah tersebut menggunakan satu gambarfoto iaitu *Shadow Height Method* dan *Displacement Method*. Satu kaedah lagi menggunakan dua gambarfoto dan pengukuran adalah berdasarkan kepada perbezaan nilai paralak. Kajian literatur ditumpukan kepada kaedah pengukuran tinggi menggunakan satu gambarfoto sahaja.

### 2.4.1 Shadow Height Method

Pengiraan tinggi bagi sesuatu objek boleh dilakukan sekiranya bayang yang disebarkan oleh sesuatu objek boleh diukur dan sudut matahari yang menyebabkan terhasilnya bayang tersebut diketahui (boleh diperolehi daripada latitud, tarikh dan masa). Rajah 2.2 menunjukkan gambaran yang jelas mengenai pernyataan di atas. Oleh yang demikian, pengiraan tinggi objek tersebut boleh dilakukan dengan menggunakan persamaan trigonometri iaitu,

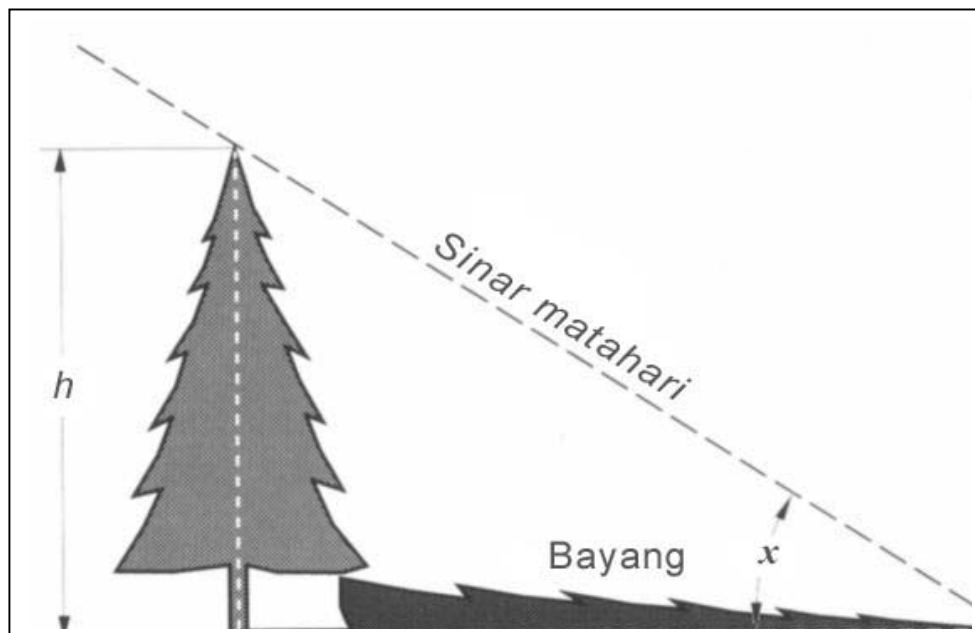
$$h = Ls \times \tan(x) \quad (2.2)$$

di mana,

$\tan(x)$  = tangen bagi sudut matahari daripada permukaan bumi

$Ls$  = panjang bayang

Andaian yang dibuat ialah bayang yang terhasil dan objek tersebut adalah bersudut tegak. Bahagian atas objek mestilah dikenalpasti dengan betul bagi menghasilkan imej yang jelas. Namun begitu, terdapat banyak kesilapan yang mungkin berlaku kerana bayang bukanlah sentiasa kelihatan jelas dan pengiraan sudut matahari adalah merupakan satu proses yang berterusan.

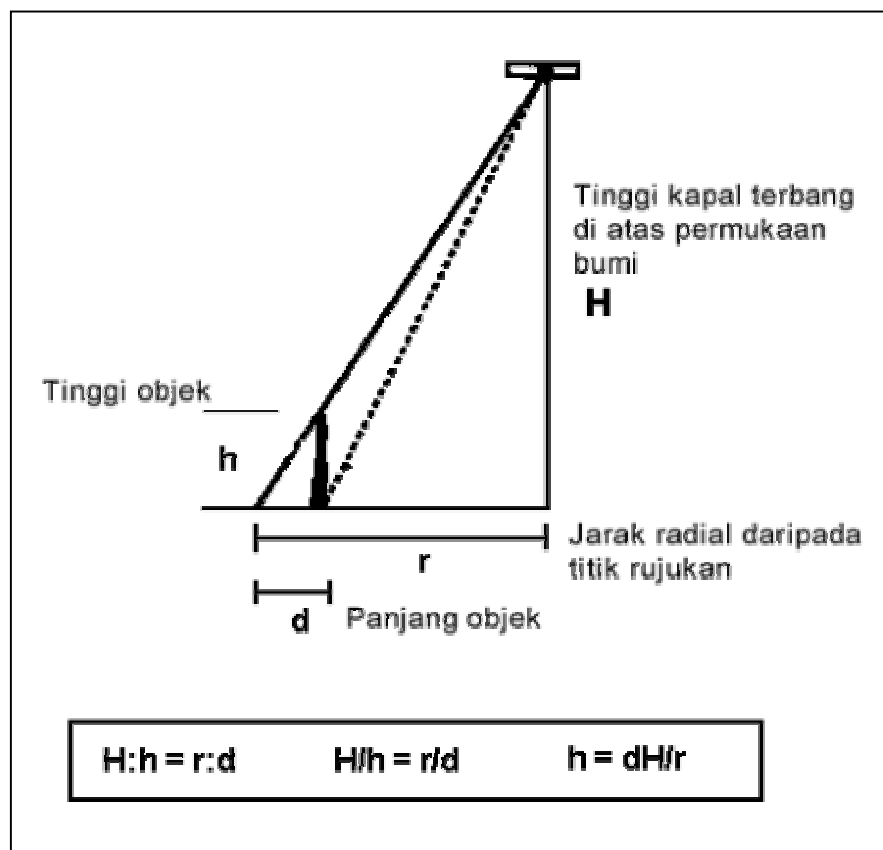


Rajah 2.2: Pengiraan tinggi menggunakan teknik *Shadow Height Method*

### 2.4.2 Displacement Method

Pengiraan tinggi dengan menggunakan *Displacement Method* boleh digambarkan seperti dalam Rajah 2.3 di bawah. Terdapat beberapa syarat yang perlu dipatuhi iaitu,

1. Terima titik asas sebagai nadir gambarfoto (anggap gambarfoto tegak).
2. Tahu dengan jelas atau boleh mengukur ketinggian di mana gambarfoto diambil.
3. Kedua-dua bahagian atas dan bawah objek yang hendak diukur mestilah boleh dilihat dengan jelas.
4. Sudut perubahan bagi imej mestilah cukup untuk diukur dengan tepat dengan menggunakan peralatan yang ada.



Rajah 2.3: Pengiraan tinggi menggunakan kaedah *Displacement Method*

Persamaan (2.3) menunjukkan pertalian secara matematik bagi tinggi kapal terbang di atas permukaan bumi ( $H$ ), perubahan yang terhasil ( $d$ ), tinggi objek ( $h$ ) dan jarak radial daripada titik rujukan ( $r$ ).

$$d = \frac{hr}{H} \quad (2.3)$$

Bagi tujuan pengiraan tinggi bagi sesuatu objek, persamaan di atas boleh diubahsuai untuk mengira tinggi objek daripada gambarfoto udara iaitu,

$$h = \frac{Hd}{r} \quad (2.4)$$

di mana,

$d$  = perubahan yang terhasil

$h$  = tinggi objek

$r$  = jarak radial daripada titik asas ke bahagian atas objek

$H$  = tinggi kapal terbang di atas permukaan bumi

Terdapat beberapa sifat bagi perubahan yang terhasil ( $d$ ) iaitu,

1. Setara dengan tinggi kepada objek ( $h$ ).
2. Setara dengan jarak radial daripada titik rujukan ( $r$ ),
3. Setara secara songsang kepada tinggi kamera ( $H$ ).



## 2.5 Fotogrametri Digital

Penggunaan teknologi moden membolehkan gambarfoto dan imej digital diproses dengan menggunakan komputer dan boleh digunakan untuk tujuan pengukuran melalui kaedah fotogrametri. Gabungan teknologi moden dan kaedah fotogrametri tradisional dikenali sebagai fotogrametri digital. Dalam fotogrametri digital, gambarfoto udara lama bercetak ditukarkan kepada bentuk digital dengan menggunakan alat pengimbas. Dengan menggunakan peralatan moden seperti kamera digital, imej boleh diperolehi dalam format digital dengan mudah. Penggunaan imej digital telah membenarkan penghasilan aplikasi dan automasi pemprosesan yang baru. Di antara penyelidikan yang melibatkan penggunaan kaedah fotogrametri digital ialah penghasilan ortofoto digital, DTM, DEM serta pemaparan data dan sebagainya.

### 2.5.1 Model Permukaan Bumi Digital (DTM)

Konsep bagi permodelan permukaan secara amnya menerangkan mengenai proses untuk mempersembahkan permukaan fizikal atau permukaan tiruan dengan menggunakan model geometri, yang dinamakan pernyataan matematik [19]. *Digital Terrain Model* (DTM) sebenarnya berkaitan dengan gambaran bagi permukaan asal bumi.

Penciptaan model fizikal bagi permukaan bumi adalah berkaitan dengan permulaan kepada penerimaan terhadap DTM secara amnya telah dipelopori oleh dua orang jurutera Amerika, Miller C. dan LaFlamme R.A., yang berkerja di Massachusetts Institute of Technology pada lewat tahun 1950an [20]. Pengertian yang telah diberikan oleh mereka berdua berkaitan dengan DTM adalah seperti di bawah :

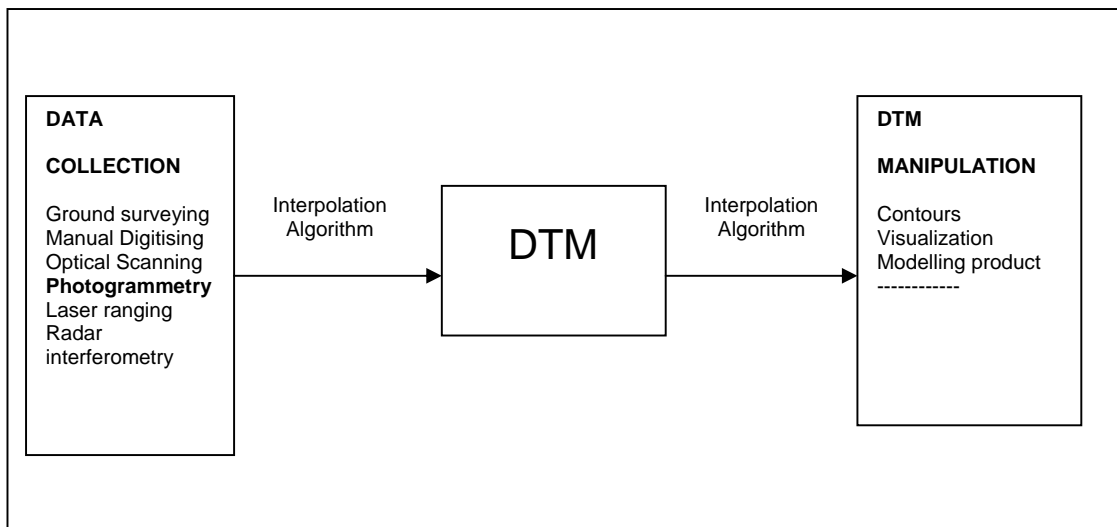
*“ The digital terrain model (DTM) is simply a statistical representation of the continuous surface of the ground by a large number of selected points with known X,Y,Z coordinate in an arbitrary coordinate field”.*

Secara umumnya, DTM adalah terdiri daripada :

1. Sebilangan titik pada permukaan yang menggambarkan permukaan bumi, disimpan dalam sistem komputer.
2. Satu atau lebih algoritma yang boleh digunakan untuk menambahkan nilai bagi setiap perubahan ketinggian pada mana-mana titik lain berdasarkan kepada kedudukan yang diberi.

Data DTM adalah melibatkan ruang lingkup elemen geografi dan ciri-ciri semulajadi seperti sungai atau sempadan. Pada kebiasaannya, DTM juga akan disertakan dengan data yang berkaitan dengan permukaan bumi seperti kecerunan, rupa, jarak penglihatan dan sebagainya [20]. Penerimaan terhadap DTM adalah berkaitan dengan ketinggian di atas puncak dan ketinggian mutlak bagi titik yang terkandung di dalam model [6]. Dalam kebanyakan keadaan, penerimaan ini kebiasaannya adalah merujuk kepada penghasilan jujukan biasa bagi ketinggian, kebiasaannya dalam grid segiempat, di atas permukaan bumi.

Terdapat banyak kajian di peringkat antarabangsa yang berkaitan dengan kaedah penghasilan DTM. Berdasarkan kajian tersebut, beberapa faktor penting dikenalpasti bagi memodelkan permukaan bumi iaitu sumber dan teknik perolehan data, ketepatan, produk akhir serta bidang aplikasi bagi model permukaan bumi. Pendekatan yang digunakan secara umumnya mengandungi beberapa langkah seperti dalam Rajah 2.4 [25],



Rajah 2.4: Teknik Perolehan DTM

Bagi kebanyakan kes, data mentah bagi DTM mengandungi titik yang berselang-seli dan ruang yang tidak sama. Oleh yang demikian, pemprosesan awal memerlukan penambahan nilai di antara titik untuk menganggarkan nilai dalam bentuk grid yang tetap. Penambahan dilakukan dengan mengandaikan dua lokasi yang bersebelahan dalam ruang adalah berkemungkinan mempunyai nilai yang hampir sama bagi atribut, seperti ketinggian [6]. Perkaitan ini mempengaruhi pengurangan jauh jarak daripada lokasi di mana penambahan dibuat [15].

Pengenalan ciri-ciri di antara prosedur penambahan yang berbeza adalah jarak bagi fungsi penambahan yang digunakan [20]. Menurut Petrie (1990), ciri-ciri yang diperkenalkan ialah,

1. *Pointwise method*, yang melibatkan penentuan bebas bagi parameter yang berfungsi dan nilai tinggi bagi setiap nod grid yang ditambah.
2. *Global methods*, yang melibatkan penambahan bagi satu permukaan 3D yang kompleks melalui set data yang lengkap bagi ukuran tinggi, dengan

penambahan yang berikutnya bagi tinggi permukaan bumi pada setiap nod atau titik yang perlu pada grid tetap.

3. *Patchwise methods*, yang mana rangkaian bagi permukaan 3D setempat atau tampalan adalah dibuktikan daripada mana rangkaian ketinggian bagi titik grid yang bersebelahan diletakkan bersama setiap tampalan yang boleh ditambah.

Penekanan perlu diberikan terhadap pemilihan kaedah penambahan nilai di antara titik yang dilakukan kerana ia merupakan elemen penting bagi DTM. Manipulasi yang seterusnya seperti penghasilan kontur atau pemaparan rupabentuk permukaan bumi memerlukan pengumpulan resolusi data permukaan bumi yang baik untuk peningkatan penskalaan (*up-scaling*) atau pengurangan spatial (*down scaling*) [5]. Ini merupakan keperluan bagi mempersembahkan model permukaan bumi secara menyeluruh dan berkesan.

### 2.5.2 Model Ketinggian Digital (DEM)

*Digital Elevation Models* (DEM) adalah merupakan fail data yang mempunyai nilai ketinggian bagi permukaan bumi di kawasan yang tertentu pada jarak grid tetap di permukaan bumi. Jarak di antara setiap permukaan kawasan titik grid adalah dirujuk kepada sistem koordinat geografi iaitu latitud-longitud ataupun sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM). Semakin dekat jarak di antara titik grid diletakkan, semakin banyak maklumat dapat disimpan di dalam fail. Maklumat berkaitan puncak dan lembah di dalam permukaan bumi boleh dimodelkan dengan lebih baik menggunakan jarak grid yang lebih kecil berbanding dengan jarak grid yang besar. Ketinggian pada titik grid selain daripada yang telah dinyatakan tidak akan terdapat di dalam fail tersebut. Oleh yang demikian, titik puncak dan lembah yang tidak berada dalam lingkungan grid tidak akan direkodkan ke dalam fail.

Fail DEM boleh dalam bentuk ASCII atau binary. Jadi, untuk membaca fail ini secara terus, kita mesti mengetahui format sebenar keseluruhan fail tersebut. Biasanya

nama fail memberikan rujukan lokasi pada sesetengah titik peta dalam fail. Fail ini sebenarnya hanya mengandungi nilai z (nilai ketinggian) dan tidak mengandungi lokasi geografi sebenar yang berkaitan dengan titik tersebut. Lokasi sebenar yang berkaitan dengan data ketinggian boleh diketahui dengan menggunakan perisian yang boleh membaca *header file* DEM. Bila ketinggian dikira pada lokasi selain daripada titik grid sebenar, terdapat kaedah bagi interpolasi dari titik grid yang digunakan.

Fail DEM juga tidak mengandungi maklumat sivil seperti jalan atau bangunan. DEM adalah bukan imej peta yang diimbias dan bukannya *bitmap*. DEM tidak mengandungi ketinggian kontur, tetapi hanya mengandungi nilai ketinggian pada kawasan tertentu pada lokasi titik grid yang tertentu sahaja. Sesetengah syarikat yang menghasilkan data DEM memilih untuk melakukan enkripsi pada fail DEM mereka, untuk mengelakkan sesetengah pihak menggunakan fail tersebut.

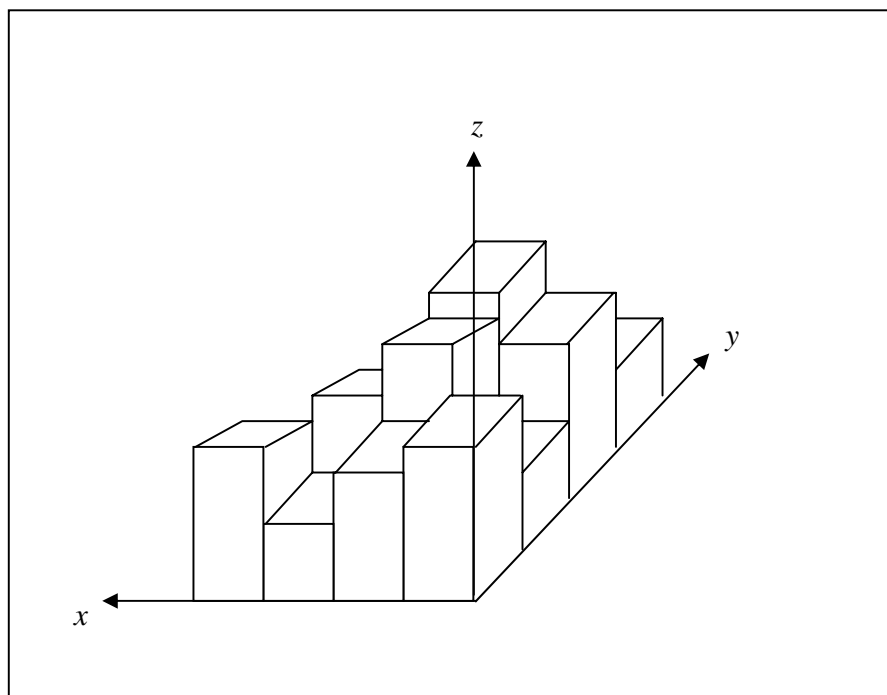
### 2.5.3 Grafik Voksel

Grafik voksel pada dasarnya merupakan satu teknik penghasilan data bentuk muka bumi untuk gunung-ganang dan juga lantai lautan [12]. Perkataan voksel ataupun *voxel* berasal dari perkataan *volume* iaitu isipadu dan *pixel* iaitu piksel ataupun dari perkataan *volume* dan *elements*. Ia merupakan entiti 3D yang berbentuk kubik dan memenuhi ruang. Setiap voksel mempunyai nilai numerik yang mewakili nilai atau pemalar tersendiri seperti warna, kepekatan, masa, ketinggian, kelajuan dan sebagainya [7].

Visualisasi isipadu adalah satu kaedah untuk menyerap maklumat dari set data volumetrik dengan penggunaan grafik interaktif, dan ia menitik beratkan persembahan, manipulasi dan lorekan [3]. Set data volumetrik diwakilkan sebagai grid tetap 3D dan biasanya disimpan dalam ingatan sementara komputer.

Dalam permainan simulasi penerbangan, grafik vokal digunakan untuk menghasilkan pandangan 3D dari kumpulan piksel ataupun garisan lurus. Pandangan 3D ini biasanya berada di dalam berbentuk muka bumi. Perwakilan bentuk muka bumi ini merujuk kepada konsep pembinaan data ruang untuk dijadikan bagi permukaan bumi di dalam simulasi [14].

Luiz Carlos Guedes, *et. al* [10] telah menggunakan pendekatan penyebaran cahaya untuk melorekkan permukaan bumi dengan menganggap bahawa permukaan bumi dimodelkan menggunakan *Digital Elevation Map* (DEM) dan *Digital Color Map* (DCM). DEM adalah dihubungkan dengan ketinggian kepada setiap kedudukan ( $x,y$ ) dalam permukaan bumi dan DCM dihubungkan dengan nilai warna bagi setiap kedudukan dalam permukaan bumi. Peta ini adalah merupakan sampel bagi tinggi dan kawasan berwarna dalam bentuk grid yang seragam. Bahagian bagi kenaikan permukaan bumi dengan tinggi dan warna diambil daripada DEM dan DCM, dan pada kebiasaannya dipanggil vokal (lihat Rajah 2.5).



Rajah 2.5: Contoh vokal

Dalam kes ini, mereka menganggap bahawa permukaan bumi selalunya dipersembahkan dalam bentuk ruang grid bagi kolum pada voksel. Setiap voksel mempunyai nilai tinggi, diambil daripada data tinggi, dan nilai warna diambil daripada foto digital.

Tinggi dan tekstur peta, secara amnya disimpan dalam bentuk fail imej dimana nilai bagi setiap pixel pada kedudukan  $(i, j)$  dipersembahkan semula, berasingan dengan tinggi dan warna bagi titik koordinat  $(i*S_{xy}, j*S_{xy})$  dalam bentuk mendatar.

Luis Carlos Castrol Guedes [9] mencadangkan penyelesaian kepada masalah untuk mengira koordinat  $z$  bagi setiap piksel yang dilukis pada model permukaan bumi yang berasaskan voksel. Penyelesaian yang dicadangkan adalah menggunakan hubungan bagi piksel dalam kolum yang sama dan menggunakan kaedah *linear cost increment* untuk mengemaskini koordinat  $z$ .

Setiap voksel mempunyai nilai tinggi, diambil daripada data tinggi, dan nilai warna diambil daripada gambarfoto digital. Pendekatan yang digunakan adalah dengan mengambil kira perkaitan logik di antara piksel bagi sesuatu kolum untuk mencari perubahan peningkatan linear daripada satu piksel kepada satu piksel yang lain. Di bawah ini adalah contoh algoritma asas bagi voksel yang digunakan untuk mengesan ketinggian (lihat Rajah 2.5)

```

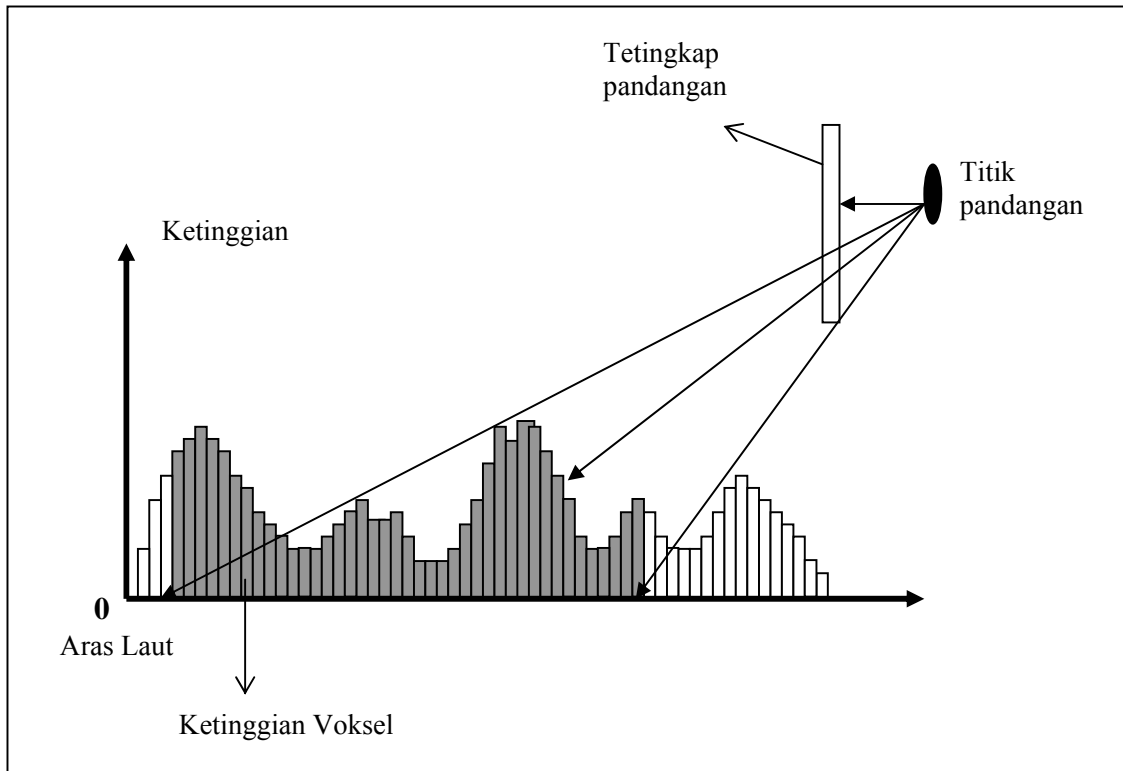
CastColumn( col, x0, y0, dx, dy, dz[] )
{
  z = H; x = x0; y = y0; // init position
  d = 0; // init depth
  row = MAX_ROW; // start at last row
  for v = 1 to MaxRayDepth {
    x += dx; y += dy; z += dz[row];
    d += cos(ViewAngle) - // update depth
        dz[row]*sin(ViewAngle);
    h = GetHeight(x,y); // get voxel height
    if (h > z) { // ray intersects with voxel
      color=GetColor(x,y); //get voxel color
      do { // paint the pixel
        SetPixel(col,row,color);
        ph = v*(dz[row]-dz[row-1]);
        z += ph; // update ray height
        d -= ph*sin(ViewAngle); //upd. depth
        dBuffer[row,col] = d; //upd.d-buffer
        if(--row < 0) return;
      }while(h>z); //ray intersects w. voxel
    }
  }
}

```

Rajah 2.6: Algoritma asas bagi voksels

Daniel Cohen-Or, *et. al* dalam kertas kerja mereka [7], menyatakan bahawa permukaan bumi dan objek 3D dipersembahkan dengan pemetaan tekstur model berasaskan voksels. Setiap voksels mempersembahkan dan menyimpan sejumlah atribut diskrit dalaman bagi sesuatu model. Voksels yang memaparkan permukaan bumi mempunyai nilai ketinggian dan nilai warna, manakala voksels yang memaparkan model 3D mempunyai tekstur daripada gambarfoto. Model permukaan bumi diwakili oleh peta berasaskan voksels yang dijana daripada peta diskrit bagi ketinggian yang diwarnakan dengan peta gambarfoto udara yang berkenaan. Algoritma perlorekan yang digunakan adalah berasaskan kepada pendekatan pemetaan secara kebelakang yang dikenali sebagai penyebaran sinar (lihat Rajah 2.7). Imej dijana dengan menyebarkan cahaya daripada titik pandangan melalui setiap piksel bagi imej pada model tersebut. Cahaya melalui bahagian atas voksels bagi permukaan bumi sehingga ia bersilang dengan permukaan bumi. Warna bagi permukaan bumi disampelkan dan dipetakan semula pada sumber piksel tersebut.





Rajah 2.7 : Teknik sebaran ke belakang

Teknik yang dipakai adalah berasaskan kepada *discrete grid traversal*. Ketinggian sepanjang cahaya adalah semakin bertambah serta disampelkan secara seragam dan dibandingkan dengan ketinggian permukaan bumi di bawahnya, sehingga terjadinya pertembungan dan warna bagi permukaan bumi pada titik pertemuan dipetakan semula kepada sumber piksel.

## 2.6 Kesimpulan

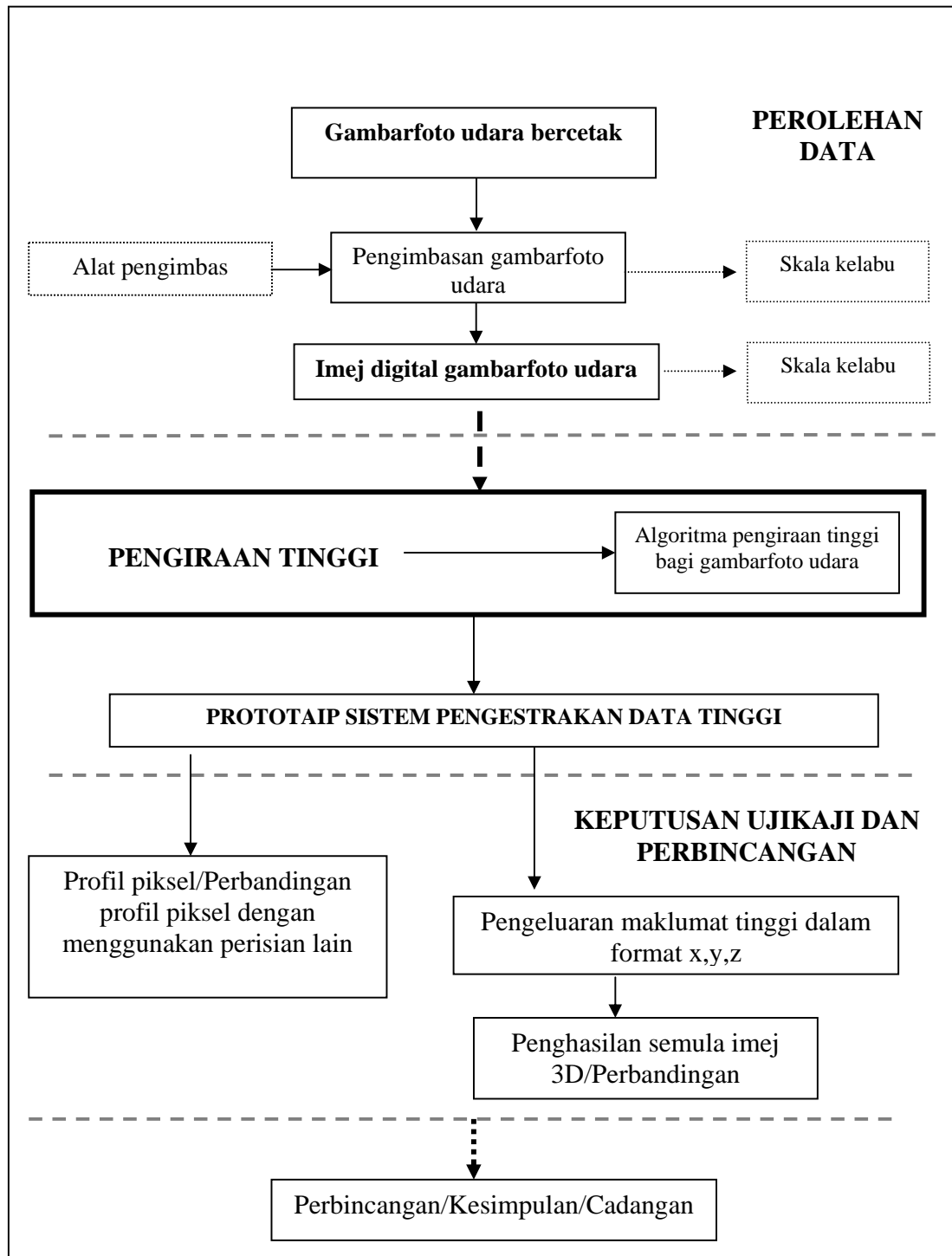
Sebagai kesimpulannya, tinggi bagi sesuatu objek boleh diukur dengan hanya menggunakan satu gambarfoto udara. Gambarfoto udara tersebut mestilah gambarfoto udara tegak. Dalam bidang fotogrametri digital, imej digital boleh digunakan untuk tujuan pengiraan tinggi. Terdapat beberapa penyelidik seperti Luiz Carlos Guedes, *et. al* telah menggunakan sifat yang ada pada imej digital untuk mendapatkan maklumat mengenai tinggi. Perkaitan di antara piksel dan voksel boleh dimanfaatkan bagi mengira ketinggian yang terdapat pada gambarfoto udara lama.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENYELIDIKAN**

#### **3.1 Pendahuluan**

Metodologi penyelidikan yang digunakan bagi mengestrak maklumat tinggi daripada gambarfoto udara diterangkan di dalam bab ini. Rekabentuk metodologi penyelidikan ini dibahagikan kepada kepada tiga bahagian utama iaitu bahagian Perolehan Data, Pengestrakan Maklumat Tinggi serta bahagian Keputusan Ujikaji dan Perbincangan (lihat Rajah 3.1). Bahagian Perolehan data melibatkan kaedah bagi perolehan data yang merangkumi penukaran format gambarfoto udara bercetak kepada bentuk digital. Manakala bahagian Pengestrakan Maklumat Tinggi melibatkan proses pengeluaran maklumat tinggi daripada setiap piksel yang terdapat dalam gambarfoto udara digital tersebut. Bahagian Keputusan Ujikaji dan Perbincangan menerangkan mengenai hasil yang diperolehi daripada ujikaji yang dijalankan serta perbincangan mengenainya.



Rajah 3.1: Rekabentuk Metodologi Penyelidikan

### 3.2 Perolehan Data

Sumber data yang digunakan dalam penyelidikan ini diambil daripada koleksi gambarfoto udara yang terdapat di Perpustakaan Sultanah Zanariah, UTM seperti di dalam Jadual 3.1 di bawah :

Nombor Garisan Terbang	L 51 N	L 77 N
Nombor Filem	C 10	C 71
Nombor Gambar	33 – 67 (35)	88 – 125 (38)
Skil	1:25 000	1:25 000
Tarikh Penggambaran	1966	1966

Jadual 3.1: Senarai koleksi gambarfoto udara yang digunakan

Data-data yang diperolehi dalam bentuk cetakan (data analog) akan ditukarkan kepada imej digital (data digital) 2D untuk tujuan pemprosesan menggunakan komputer.

#### 3.2.1 Data Analog ke Data Digital

Terdapat tiga alasan utama mengapa data analog perlu ditukarkan kepada data digital iaitu,

1. Kita perlukan komputer bagi mengendalikan data.
2. Kebanyakan isyarat yang ada adalah dalam bentuk analog.
3. Komputer hanya boleh mengendalikan data digital.

Jadual 3.2 di bawah menunjukkan beberapa kaedah bagi penukaran data analog kepada data digital.

<b>Proses</b>	<b>Peralatan</b>	<b>Faktor yang diambil kira</b>	<b>Hasil</b>
Koordinat X, Y	Digitizer	Resolusi dalam arah X dan Y	Fail data yang akan digunakan untuk sesuatu program
Isyarat dalam makmal, contohnya pengukuran suhu	Papan litar penukar analog ke digital di dalam komputer	Kadar persempelan Resolusi binary	Fail data yang akan digunakan untuk sesuatu program
Penukaran gambarfoto kepada data digital	Alat pengimbas	Resolusi dalam arah X dan Y Resolusi binary Ketepatan warna	Fail imej digital (contohnya bmp, jpg, gif)
Merakamkan imej-imej	Kamera digital Imej plate	Resolusi dalam arah X dan Y Resolusi binary Ketepatan warna Kepekaan	Fail imej digital (contohnya bmp, jpg, gif)
Merakamkan bunyi	Peranti penukar analog ke digital dalam kad bunyi komputer	Kadar persempelan Resolusi binari	Fail bunyi digital
Penukaran format atau rakaman video	Kombinasi alatan di atas	Semua di atas	Fail video digital (contohnya quicktime, mpg, avi)

Jadual 3.2: Kaedah penukaran data analog kepada data digital

Bagi mendapatkan imej gambarfoto udara digital, langkah pertama yang harus dilakukan ialah memilih gambarfoto udara yang sesuai daripada koleksi yang ada. Koleksi data yang telah dipilih untuk diimbas adalah seperti yang disenaraikan di dalam Jadual 3.3.

<b>Fail Koleksi</b>	<b>Koleksi Gambarfoto Udara</b>
L 51 N C 10/ 33 – 67 (35)	C10-38
	C10-46
	C10-46
	C10-49
	C10-50
L 77 N C 71/ 88 – 125 (38)	C71-108
	C71-111
	C71-120
	C71-122
	C71-180

Jadual 3.3: Koleksi gambarfoto udara yang diimbas

Seterusnya, gambarfoto udara diimbas dengan menggunakan alat pengimbas seperti dalam Rajah 3.2 di bawah.



Rajah 3.2: Alat pengimbas

Spesifikasi bagi alat pengimbas yang digunakan untuk mengimbas gambarfoto udara lama dalam penyelidikan ini adalah seperti dalam Jadual di bawah.

<b>Pengeluar</b>	Canon
<b>Model</b>	CanoScan D660U
<b>Elemen Pengimbasan</b>	3 garisan warna CCD
<b>Sumber Cahaya</b>	Lampu Katod Sejuk
<b>Resolusi Optik</b>	Photo/doc: 600x1200dpi, 35mm film: 1200x1200dpi oleh VAROS
<b>Antaramuka</b>	USB
<b>Pengansuran Pengimbasan</b>	
Warna	14-bit input/8-bit output bagi setiap warna (RGB)
Skala Kelabu	14-bit input/8-bit output
<b>Kelajuan Pengimbasan</b>	
Warna	114 saat (600 dpi), 38 saat (300 dpi)
Skala Kelabu	76 saat (600 dpi), 25 saat. (300 dpi)
<b>Sistem Pengoperasian</b>	Windows

Jadual 3.4: Spesifikasi teknikal alat pengimbas

Pengimbasan gambarfoto udara adalah bertujuan untuk mendapatkan imej digital gambarfoto udara. Terdapat dua faktor yang boleh mendatangkan kesan terhadap resolusi (*resolution*) imej yang diimbas. Faktor-faktor tersebut adalah :

1. Skala bagi gambarfoto udara yang diambil. Skala ini adalah berdasarkan kepada aras ketinggian kapal terbang dari permukaan bumi dan jarak fokus bagi kamera yang digunakan apabila mengambil gambarfoto udara tersebut.



2. Nilai DPI (*Dot Per Inch*) yang digunakan bagi mengimbas fotoudara. DPI merupakan kaedah pengukuran resolusi bagi sesebuah pengimbas. Jika lebih tinggi nilai dpi perkakasan tersebut maka lebih baiklah kualiti imej yang bakal dihasilkan.

Resolusi imej adalah merujuk kepada jumlah maklumat yang tersimpan di dalam imej dan ia juga akan menentukan ketepatan imej tersebut. Biasanya resolusi imej diukur dalam *dot per inch* (dpi). Nilai dpi akan memberi kesan kepada saiz fail dan masa pemprosesan.

Oleh kerana resolusi bagi sesuatu imej digital penting dalam menentukan ketepatan nilai skala kelabu yang akan diukur, maka dalam ujikaji bagi penyelidikan ini, gambarfoto udara tersebut diimbas dengan menggunakan beberapa resolusi yang berbeza iaitu 200 dpi, 400 dpi, 600 dpi, 720 dpi dan 1200 dpi.

Gambarfoto udara yang bercetak yang telah diimbas akan disimpan dalam format fail digital. Format fail digital yang digunakan dalam penyelidikan ini ialah *.tiff*, *.gif*, *.bmp* dan *.jpg*.

### 3.2.2 Pengertian Imej Digital 2D

Imej digital 2D diterangkan sebagai fungsi keamatan cahaya dua dimensi  $f(x, y)$  di mana  $x$  dan  $y$  ialah koordinat spatial dan nilai bagi  $f$  pada mana-mana titik  $(x, y)$  adalah berkadar dengan keamatan ataupun nilai skala kelabu pada imej pada kedudukan tersebut [12].

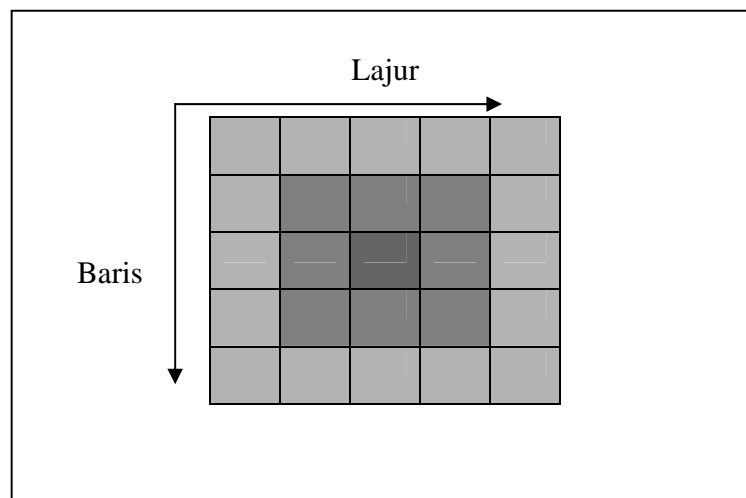
Untuk tujuan pengkomputeran, imej digital perlu dianggap sebagai satu jujukan dua dimensi di mana  $x$  dan  $y$  adalah indek bagi kedudukan imej. Setiap elemen di dalam jujukan tersebut dipanggil piksel (*picture element*).

Pengiraan ketinggian dalam penyelidikan ini adalah berdasarkan kepada penggunaan imej digital. Secara amnya, imej adalah merupakan perwakilan dua dimensi bagi sesuatu objek atau pandangan dalam persekitaran sebenar. Imej tersebut boleh jadi imej analog atau imej digital.

Imej digital terdiri daripada jujukan dua dimensi bagi elemen gambar yang disusun dalam lajur dan baris, dikenali sebagai piksel. Setiap piksel mewakili kawasan pada permukaan bumi. Piksel-piksel tersebut mempunyai nilai keamatan (*intensity*) dan lokasi (koordinat berdasarkan lajur dan baris).

Keamatan bagi piksel pada imej digital tersebut akan direkodkan sebagai nombor digital. Disebabkan ruang storan yang terhad, nombor digital tersebut disimpan dengan bilangan bit yang terhad (digit binari). Bilangan bit tersebut menunjukkan resolusi (resolution) radiometrik bagi imej. Sebagai contohnya, imej 8-bit akan mempunyai jarak atau skala dari 0 hingga 255. Nilai keamatan yang dikesan perlu diukur dan dijumlahkan semula sesuai dengan jarak ukuran tersebut.

Kedudukan bagi piksel adalah ditentukan berdasarkan kepada koordinat bagi lajur dan garis dalam imej dua dimensi. Untuk menjadikan koordinat ini lebih bermakna, lokasi sebenar bagi setiap piksel di atas permukaan tanah mesti diambil dari baris dan lajur yang sebenar [23]. Rajah 3.3 menunjukkan kedudukan piksel berdasarkan kepada lajur dan baris.



Rajah 3.3: Jujukan dua dimensi bagi elemen imej

### 3.3 Pengiraan Tinggi

Pengestrakan maklumat tinggi adalah melibatkan proses pengestrakan nilai keamatan pada setiap piksel pada gambarfoto udara digital. Proses pengiraan tinggi dilakukan berdasarkan kepada algoritma pengiraan tinggi menggunakan kaedah pemprosesan imej digital. Penerangan bagi pengeluaran maklumat tinggi dibincang secara terperinci di dalam bab berikutnya iaitu Bab IV.

#### 3.3.1 Prototaip Sistem Pengestrakan Data Tinggi

Satu prototaip sistem dibangunkan untuk mengestrak maklumat tinggi daripada data imej digital. Maklumat tinggi yang telah diestrak disimpan dalam format fail \*.txt mengandungi jujukan data  $x, y$  dan  $z$ . Penerangan mengenai prototaip sistem yang dibangunkan dinyatakan dalam Bab V.

### **3.4 Keputusan Ujikaji dan Perbincangan**

Terdapat dua ujikaji yang dijalankan di dalam penyelidikan ini iaitu ujikaji profil piksel dan ujikaji penghasilan semula imej 3D. Ujikaji profil piksel dilakukan bagi menentukan kaedah yang digunakan bagi mengeluarkan maklumat nilai keamatan pada setiap piksel adalah betul. Untuk tujuan tersebut, perbandingan profil piksel dilakukan dengan menggunakan beberapa perisian yang ada dipasaran. Bagi penghasilan semula imej 3D pula, maklumat tinggi yang diperolehi daripada setiap sampel data akan diplotkan semula dan dibandingkan imej asal. Keputusan ujikaji dilaporkan dan dibincangkan dalam Bab VI.

## **BAB IV**

### **PENGESTRAKAN MAKLUMAT TINGGI**

#### **4.1 Pendahuluan**

Bab ini menerangkan mengenai algoritma yang digunakan bagi melakukan pengestrakan maklumat tinggi yang terdapat dalam gambarfoto udara lama digital. Proses pengestrakan data dilakukan dengan mengestrak nilai skala kelabu yang terdapat pada setiap piksel yang diuji.

#### **4.2 Pengiraan Tinggi**

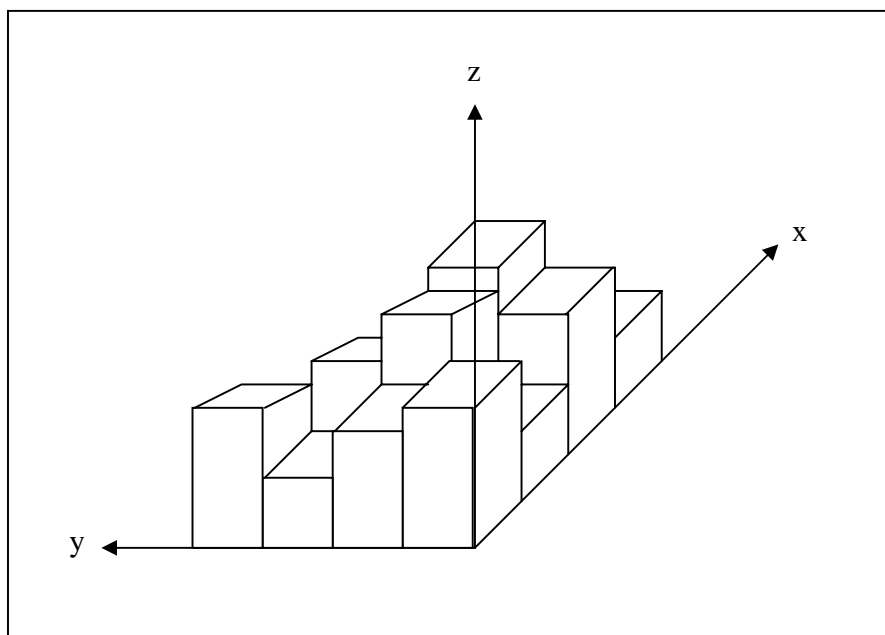
Pengiraan tinggian dalam penyelidikan ini adalah berdasarkan kepada penggunaan imej digital. Secara amnya, imej adalah merupakan perwakilan dua dimensi bagi sesuatu objek atau pandangan dalam persekitaran sebenar.

Fail imej menyimpan tatasusunan nilai piksel dalam 1, 2 dan 3 dimensi yang mengandungi 1 atau 2 bait per piksel. Nilai piksel adalah integer di dalam subjulat 0...255 atau -32768...32767. Fail imej ini digunakan untuk menyimpan imej RGB, imej hitam putih, imej indeks warna dan juga peta warna.

Perpustakaan imej biasanya menyediakan perisian untuk manipulasi fail-fail ini. Fail-fail biasanya di dalam bentuk TIFF, GIF, BMP ataupun JPEG boleh digunakan sebagai data voksel mengikut kesesuaian dan keperluan.

Komponen R, G dan B di dalam tesktur 2D dan paras bagi setiap *texel* (*texture element*) digunakan untuk mengenalpasti semua voksel yang terkandung di dalam model muka bumi beserta tesktur yang bersamaan dengannya. Model terakhir bagi isipadu tekstur diperolehi dengan merenjis (*splatting*) kesemua voksel kepada tatasusunan 3D dari tekstur RGB voksel [12, 21].

Kawasan tinggi pada dasarnya adalah satu unit lebar dan satu unit panjang segiempat sama dengan permukaan yang bergunung-ganang berada pada bahagian atasnya. Rajah 4.2 menggambarkan model kawasan tinggi. Tinggi gunung pada setiap titik diambil daripada nombor warna atau nilai indeks piksel dalam fail imej bagi grafik tersebut. Tinggi maksimum adalah satu, iaitu sejajar dengan had maksima bagi warna yang mungkin ataupun nilai indeks piksel dalam fail imej.



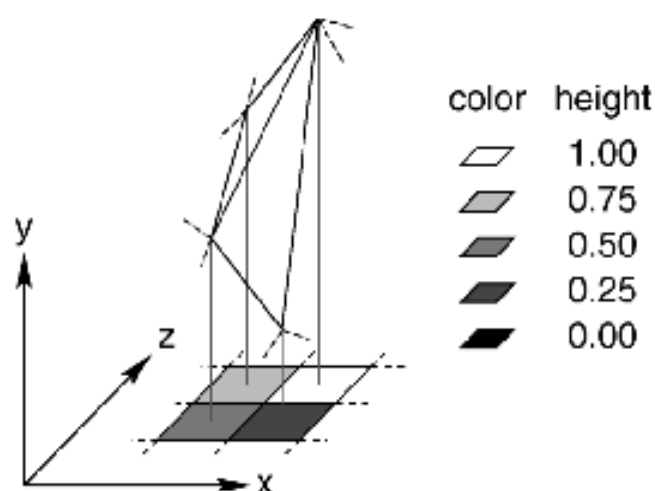
Rajah 4.2: Contoh model tinggi

Teknik pengestrakan ini melibatkan langkah-langkah berikut;

1. Input gambarfoto udara digital 2D daripada gambarfoto udara yang telah diimbas,
2. Menyesuaikan nilai skala kelabu bagi gambarfoto udara yang diimbas,
3. Pengubahsuaian algoritma asas pemprosesan imej digital untuk mendapatkan nilai tinggi pada setiap piksel pada imej.

Resolusi bagi kawasan tinggi dipengaruhi oleh dua faktor iaitu resolusi bagi imej dan resolusi bagi warna atau nilai indeks. Saiz bagi imej menentukan resolusi pada arah x dan z. Resolusi bagi warna atau nilai indeks menentukan resolusi disepanjang paksi y. Model kawasan tinggi yang diperbuat daripada imej 8 bit mempunyai 256 paras tinggi yang berbeza, manakala dengan menggunakan imej 16 bit pula, sebanyak 65536 paras tinggi yang berbeza boleh diperolehi.

Nilai tinggi pada setiap titik boleh diperolehi berdasarkan kepada nilai skala kelabu bagi imej tersebut (lihat Rajah 4.3). Warna putih adalah titik paling tinggi dan warna hitam adalah merupakan titik yang paling rendah di dalam imej.



Rajah 4.3: Nilai skala kelabu

Pengiraan untuk mengeluarkan data tinggi boleh dilakukan berdasarkan kepada profil bagi setiap piksel iaitu nilai skala kelabunya. Nilai skala kelabu pada piksel adalah berkadar dengan nilai tinggi sebenar. Katakan,  $P_s$  ialah tinggi paras skala kelabu dan  $H_p$  ialah tinggi kapal terbang. Oleh kerana tinggi paras skala kelabu 0 hingga 255 boleh dinisbahkan kepada tinggi kapal terbang, maka bagi satu paras tinggi skala kelabu  $P_h$  berbanding tinggi sebenar boleh dinyatakan seperti persamaan di bawah,

$$P_h = \frac{H_p}{P_s} \quad (4.1)$$

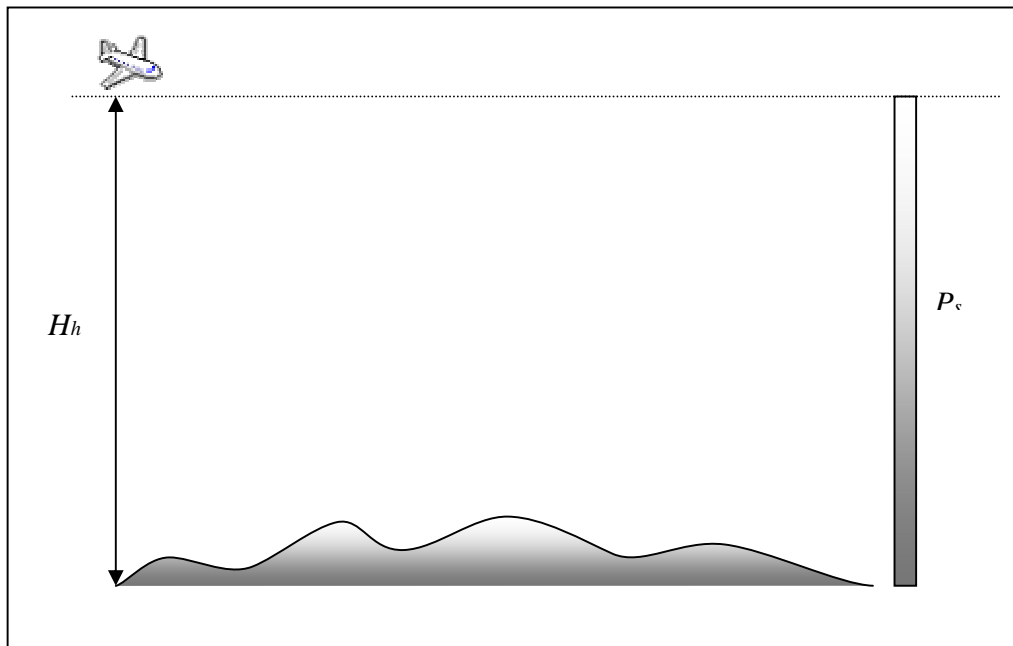
di mana,

$p_h$  = satu paras skala kelabu

$H_p$  = tinggi penerbangan

$P_s$  = sampel tinggi paras skala kelabu

Perkaitan di antara tinggi sebenar dan paras tinggi skala kelabu skala yang dinyatakan dalam persamaan 4.1 di atas boleh digambarkan dalam Rajah 4.4 di bawah.



Rajah 4.4: Perkaitan antara tinggi penerbangan dan paras skala kelabu



Maklumat tinggi sebenar boleh diperolehi dengan melakukan pengiraan berdasarkan kepada tinggi kapal terbang dan jarak fokus kamera semasa gambarfoto diambil. Katakan,  $H$  ialah tinggi sebenar yang hendak dikira dan  $N$  merupakan tinggi paras skala kelabu bagi satu piksel. Oleh kerana tinggi sebenar yang diwakili oleh satu paras skala kelabu ialah,

$$H = N \frac{H_p}{P_s}$$

Oleh sebab itu, tinggi sebenar,  $H$  ialah,

$$\therefore H = NP_h \quad (4.2)$$

Contoh pengiraan bagi mendapatkan nilai tinggi sebenar pada setiap piksel yang diuji ditunjukkan seperti di bawah. Maklumat-maklumat yang diperolehi daripada gambarfoto udara adalah seperti berikut:

Skala : 1:25,000 meter

Jarak fokus kamera : 152.63 mm

Berdasarkan kepada persamaan (1),

$$\text{Skala foto, } S_f = \frac{c}{H_p}$$

di mana,

$c$  = jarak fokus

$H_p$  = tinggi minimum penerbangan pada paras purata di atas permukaan bumi

$$S_f = \frac{1}{25,000} = \frac{152.63 \times 10^{-3}}{H_p}$$

$$H_p = 152.63 \times 25$$

$$\therefore H_p = 3185.75m$$

Berdasarkan kepada tinggi kapal terbang semasa penggambaran dilakukan, pengiraan bagi mendapatkan nisbah satu tahap skala kelabu berbanding tinggi sebenar dikira. Katakan sampel tahap skala kelabu  $P_s = 250$  ( julat skala kelabu ialah 0 hingga 255). Oleh yang demikian, paras tinggi bagi satu skala kelabu dikira menggunakan persamaan 4.1 di atas,

$$p_h = \frac{3,185.75m}{250}$$

$$p_h = 12.743m$$

Oleh yang demikian, bagi setiap satu paras skala kelabu mewakili 12.743 meter tinggi sebenar.

Katakan nilai skala kelabu pada satu piksel yang diuji ialah 245. Untuk mendapatkan nilai tinggi sebenar pada piksel tersebut, nilai tinggi sebenar bagi satu paras kelabu didarabkan dengan nilai skala kelabu pada piksel tersebut. Hasil darab kedua-dua nilai ini adalah merupakan nilai tinggi sebenar,  $H$ . Kaedah pengiraan adalah seperti di bawah.

$$H = NP_h$$

di mana,

$H$  = tinggi sebenar

$N$  = nilai skala kelabu pada piksel

$P_h$  = nisbah satu paras skala kelabu berbanding tinggi penerbangan

$$\begin{aligned}
 H &= 245 \times 12.743m \\
 &= 3122.035m
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kepada pengiraan di atas, nilai skala kelabu pada piksel yang diuji mewakili satu titik pada permukaan bumi pada ketinggian 3,122.035 meter.

### 4.3 Pengestrakan Maklumat Tinggi

Sebelum pengujian dilakukan ke atas setiap piksel, manipulasi terhadap nilai RGB kepada nilai HSV dilakukan bagi mendapatkan nilai skala kelabu bagi setiap piksel. Berikut adalah algoritma yang digunakan untuk melakukan manipulasi terhadap nilai RGB kepada nilai HSV

```

MinValue := MinIntValue([rgbRed, rgbGreen, rgbBlue]);
V := MaxIntValue([rgbRed, rgbGreen, rgbBlue])

```

Mengira nilai saturation: saturation = 0 sekiranya r, g dan b adalah 0

```

IF V = 0
THEN S := 0
ELSE S := (255 * Delta) DIV V;

```

(4.3)

```

IF S = 0
THEN H := 0
ELSE BEGIN {Chromatic}

```

(4.4)

UNTUK NILAI RGB

$IF \text{ rgbtRed} = V$   
 $THEN H := (60 * (\text{rgbtGreen} - \text{rgbtBlue})) \text{ DIV Delta}$  (4.5)  
 {di antara kuning dan magenta}

$IF \text{ rgbtGreen} = V$   
 $THEN H := 120 + (60 * (\text{rgbtBlue} - \text{rgbtRed})) \text{ DIV Delta}$  (4.6)  
 {di antara cyan dan kuning}

$IF \text{ rgbtBlue} = V$   
 $THEN H := 240 + (60 * (\text{rgbtRed} - \text{rgbtGreen})) \text{ DIV Delta};$  (4.7)  
 {di antara magenta dan cyan}  
 $END;$

$IF H < 0$   
 $THEN H := H + 360;$  (4.8)

Proses pengestrakan maklumat tinggi dilakukan dengan mengeluarkan profile bagi setiap piksel yang diuji bermula dari titik A ( $x_1, y_1$ ) ke titik B ( $x_2, y_2$ ). Berikut adalah algoritma yang digunakan untuk menguji nilai profil piksel pada satu garisan

$FOR k := 0 \text{ TO PixelDistance DO}$   
 $fraction := k / \text{PixelDistance};$

mendapatkan nilai x bagi titik mula dan nilai akhir  
 $x := (1.0 - fraction) * (\text{StartPoint.X} + 0.5) +$   
 $fraction * (\text{EndPoint.X} + 0.5);$

mendapatkan nilai y bagi titik mula dan nilai akhir  
 $y := (1.0 - fraction) * (\text{StartPoint.Y} + 0.5) +$   
 $fraction * (\text{EndPoint.Y} + 0.5);$

```

i := TRUNC(x);
j := TRUNC(y);
RGB := pRGBTripleArray(Bitmap.Scanline[j])[i];

FOR m := 0 TO BitmapSlice.Height-1 DO
  pRGBTripleArray(BitmapSlice.Scanline[m])[k] := RGB
  RGBToHSV(RGB, H,S,V);
  Intensity := (RGB.rgbtred+RGB.rgbtgreen+RGB.rgbtblue) DIV 3;      (4.9)

```

Algoritma yang digunakan bagi menguji nilai piksel kemudiannya diubah bagi tujuan pengestrakan nilai tinggi pada setiap piksel yang terdapat dalam data yang diuji. Algoritma (4.10) menunjukkan bagaimana nilai tinggi diestrak berdasarkan kepada nilai dimensi bagi sesuatu imej.

```

Image.Width := MinIntValue( [Bitmap.Width, ImageDesignWidth] );
Image.Height := MinIntValue( [Bitmap.Height, ImageDesignHeight] );

```

```

FOR i := 0 TO Bitmap.Height-1 DO
  BEGIN
    FOR j := 0 TO Bitmap.Width-1 DO
      BEGIN
        RGB := pRGBTripleArray(Bitmap.Scanline[i])[j];
        x:=j;
        y:=i;

        Intensity := (RGB.rgbtred+RGB.rgbtgreen+RGB.rgbtblue) DIV 3;
        MemoDataExtract.Lines.Add(Format('%3D %3D %3d ',

```

$$[x, y, Intensity] )); \quad (4.10)$$

Berdasarkan kepada algoritma di atas, data tinggi yang diesttrak disusun dalam jujukan x,y dan z seperti yang digambarkan di dalam Jadual 4.1 di bawah,

<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
1	1	0
2	1	4
3	1	35
4	1	250
5	1	78
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.

Jadual 4.1: Contoh jujukan data *x,y* dan *z* yang diperolehi

#### 4.4 Kesimpulan

Sebagai kesimpulannya, algoritma yang digunakan bagi pengujian profil piksel diubahsuai bagi membolehkan pengestrakan maklumat tinggi dilakukan piksel demi piksel berdasarkan kepada dimensi sumber data yang digunakan. Prototaip sistem pengestrakan maklumat tinggi dibangunkan berdasarkan kepada algoritma pengestrakan maklumat tinggi yang dinyatakan di dalam ini.

## **BAB V**

### **PROTOTAIP SISTEM PENGESTRAKAN MAKLUMAT TINGGI**

#### **5.1 Pendahuluan**

Bab ini menerangkan mengenai proses dan langkah-langkah yang perlu dilakukan bagi melakukan pengestrakan maklumat tinggi daripada sampel data gambarfoto udara lama. Sampel data yang berlainan kumpulan dan nilai *dpi* diuji dengan menggunakan protaip Sistem Pengestrakan Maklumat Tinggi.

#### **5.2 Sumber Data**

Sumber data yang digunakan dalam penyelidikan ini adalah seperti yang telah di nyatakan di dalam Bab III (Jadual 3.1). Daripada sumber data tersebut sebanyak 50 sampel data telah diambil untuk tujuan pengujian.

Sampel data yang digunakan adalah mengikut kumpulan data tertentu dan diimbis berdasarkan kepada lima *dpi* yang berbeza iaitu *200dpi*, *400dpi*, *600dpi*, *720dpi* dan *1200 dpi*. Dimensi bagi sampel data yang digunakan ialah 256 x 256 piksel. Penggunaan imej berdimensi 256 x 256 piksel sebagai sampel data penyelidikan ini

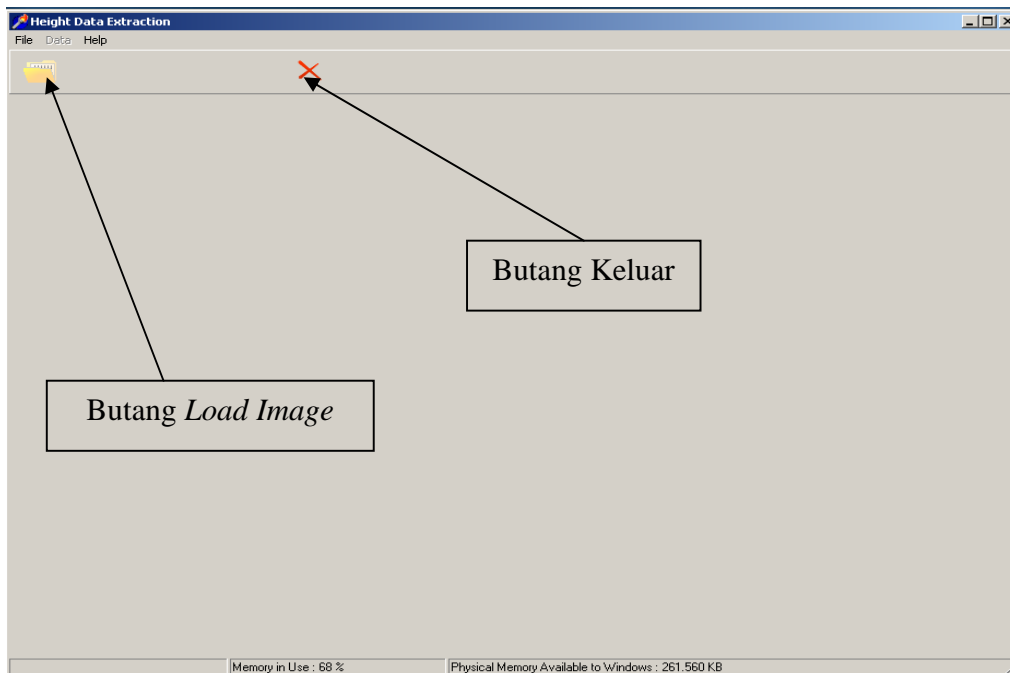
adalah kerana terdapat kekangan dari segi masa yang diambil bagi mengestrak nilai tinggi pada sampel tersebut.

### 5.3 Prototaip Sistem Pengestrakan Maklumat Tinggi

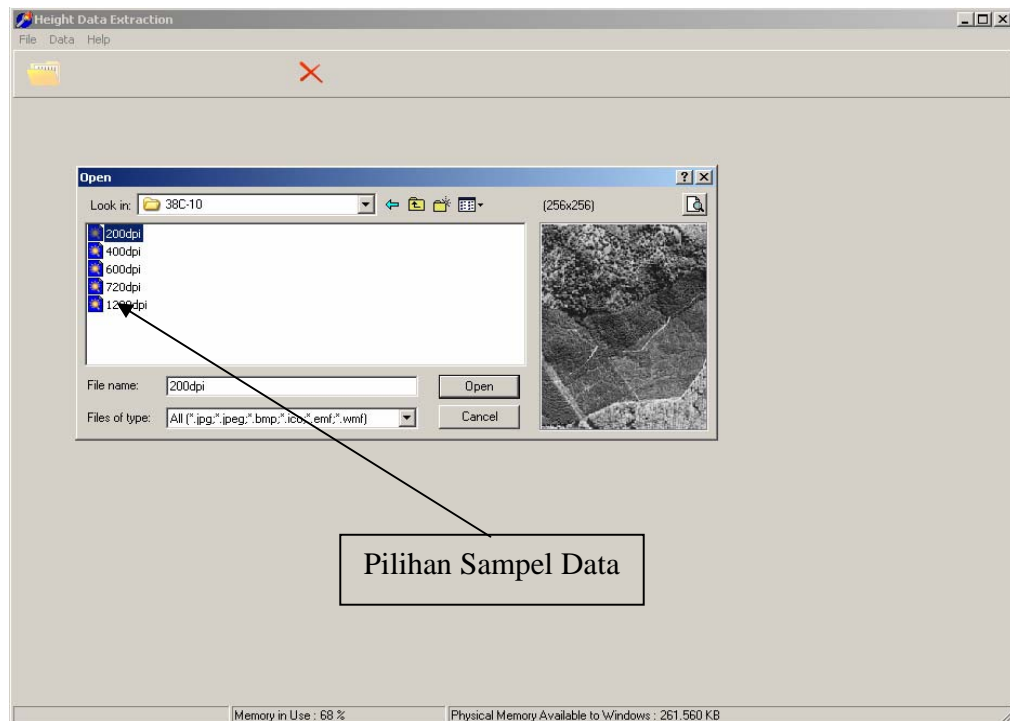
Berdasarkan kepada kaedah pengestrakan maklumat tinggi yang dinyatakan di dalam Bab IV, satu prototaip sistem pengestrakan maklumat tinggi telah dibangunkan. Prototaip sistem ini boleh melakukan pengujian profil piksel pada satu garisan lurus daripada titik  $x_1, y_1$  dan  $x_2, y_2$  serta pengestrakan maklumat tinggi bagi setiap piksel di dalam data yang diuji.

Rajah 5.1 menunjukkan antaramuka utama bagi prototaip Sistem Pengestrakan Maklumat Tinggi yang dibangunkan. Sampel data yang hendak diuji boleh dipilih dengan menekan butang *Load Image* pada menu ikon yang terdapat dalam antaramuka sistem. Satu kekotak pilihan data dipaparkan seperti dalam Rajah 5.2 dipaparkan. Semua sampel data yang disenaraikan telah dikelaskan berdasarkan kepada kumpulan data dan nilai *dpi*.



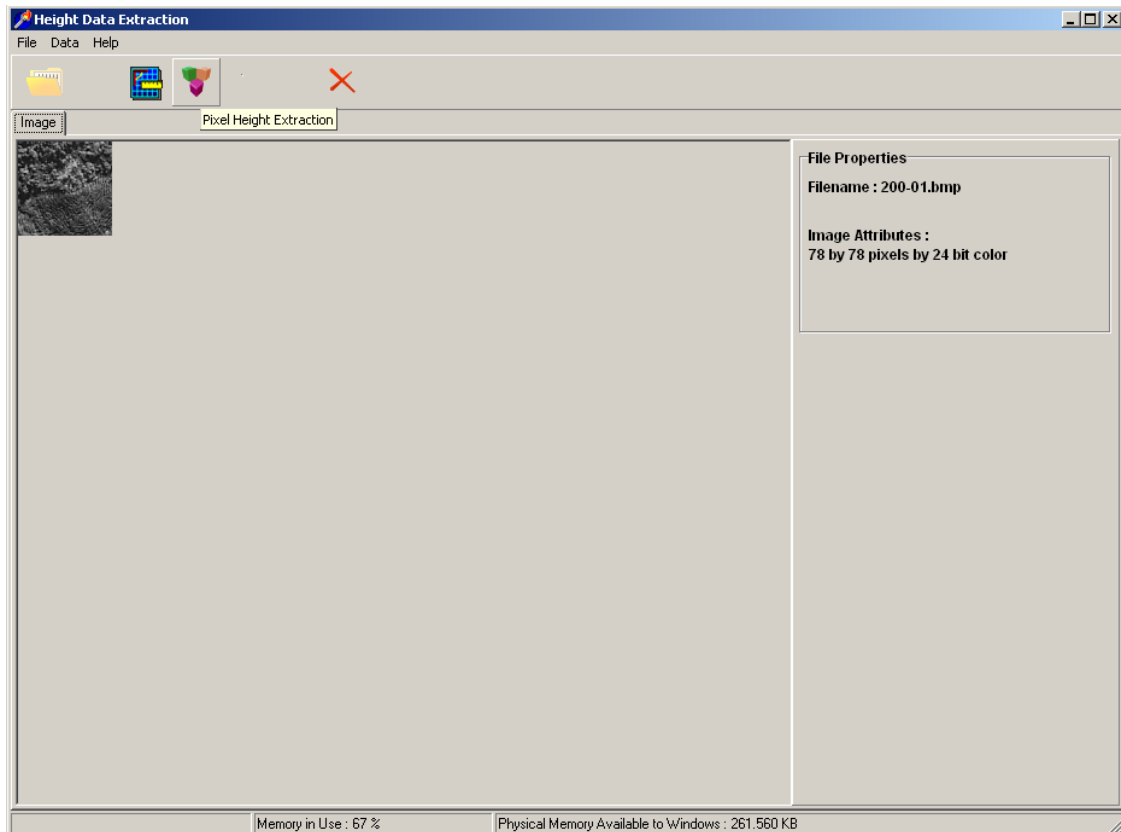


Rajah 5.1: Antaramuka utama



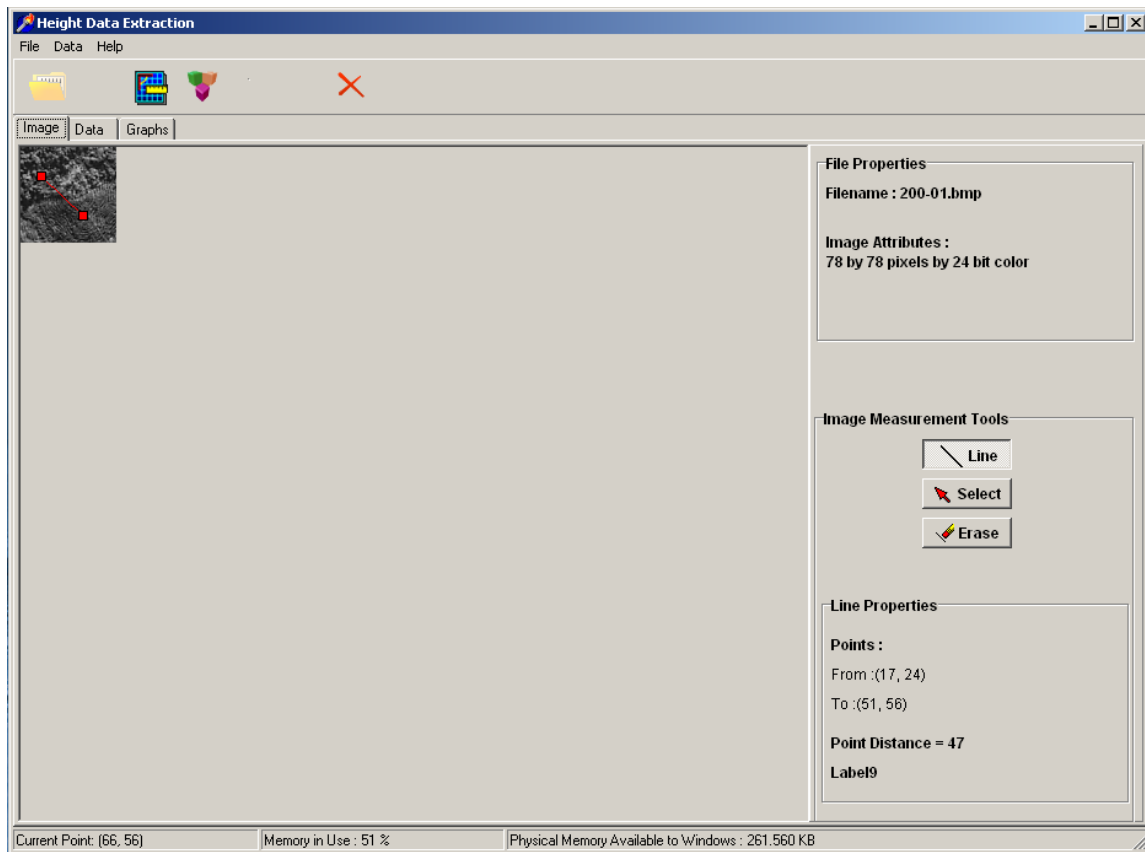
Rajah 5.2: Pilihan sampel data

Setelah pilihan sampel data dibuat, data tersebut dipaparkan pada skrin utama seperti dalam Rajah 5.3 di bawah.



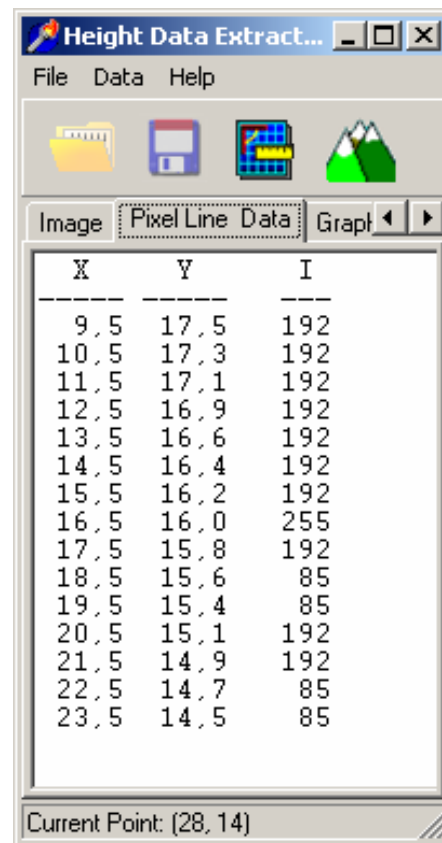
Rajah 5.3: Sampel data yang diuji

Pengujian profil piksel pada satu garisan pada gambarfoto udara ditunjukkan seperti dalam Rajah 5.4 di bawah.



Rajah 5.4: Pengujian profile bagi piksel pada satu garisan

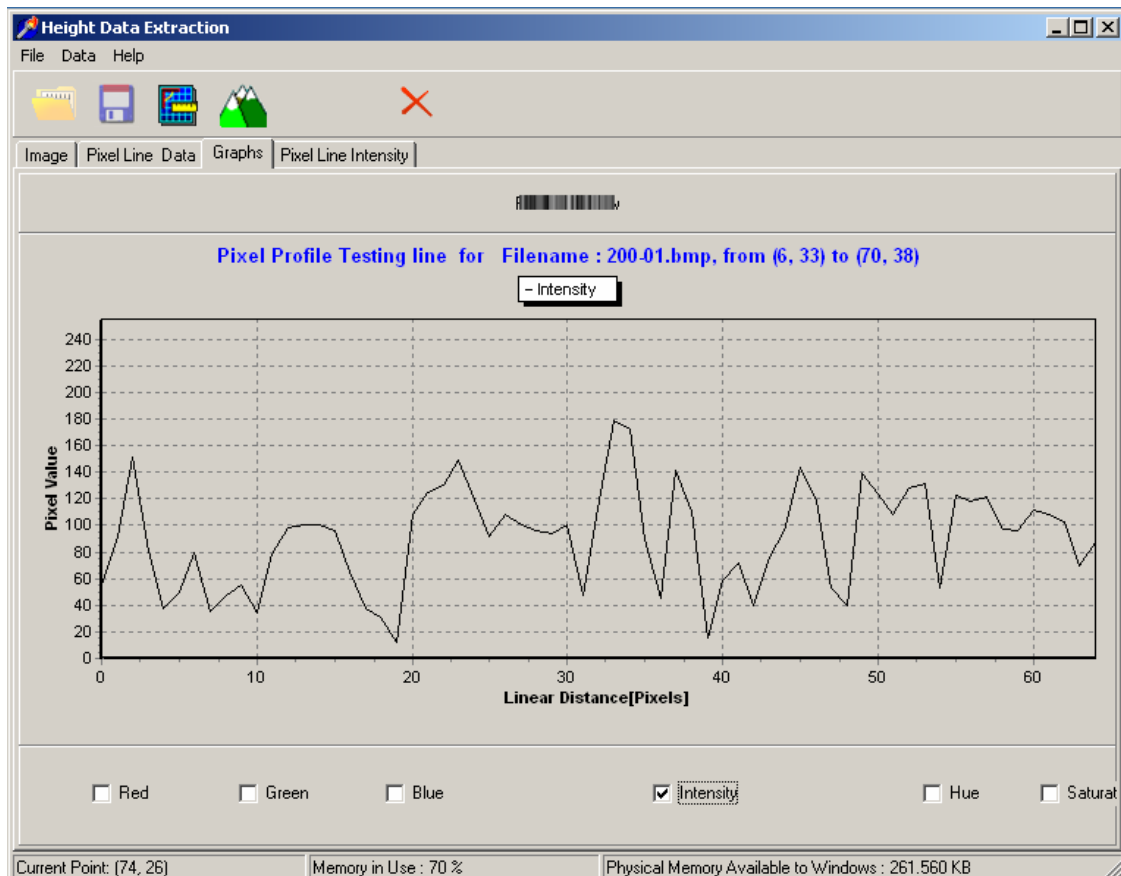
Data- data yang diperolehi bagi setiap piksel di sepanjang garisan tersebut dipaparkan dalam jujukan  $x,y, z$  seperti dalam Rajah 5.5.



X	Y	I
9,5	17,5	192
10,5	17,3	192
11,5	17,1	192
12,5	16,9	192
13,5	16,6	192
14,5	16,4	192
15,5	16,2	192
16,5	16,0	255
17,5	15,8	192
18,5	15,6	85
19,5	15,4	85
20,5	15,1	192
21,5	14,9	192
22,5	14,7	85
23,5	14,5	85

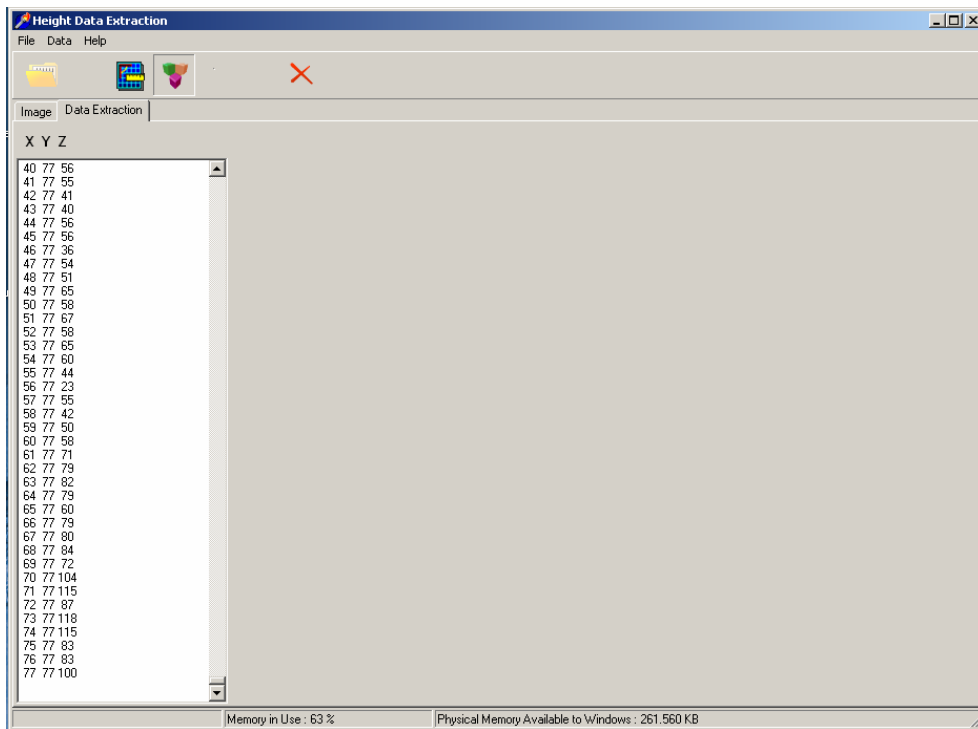
Rajah 5.5: Profile data bagi setiap piksel di sepanjang garisan

Seterusnya, satu graf diplotkan untuk melihat perbezaan nilai skala kelabu bagi setiap piksel serta gambaran ketinggian yang terbentuk bagi garisan yang diuji (Rajah 5.6). Graf ketinggian yang lebih jelas boleh dilihat pada lampiran A.



Rajah 5.6: Graf ketinggian bagi setiap piksel disepanjang garisan

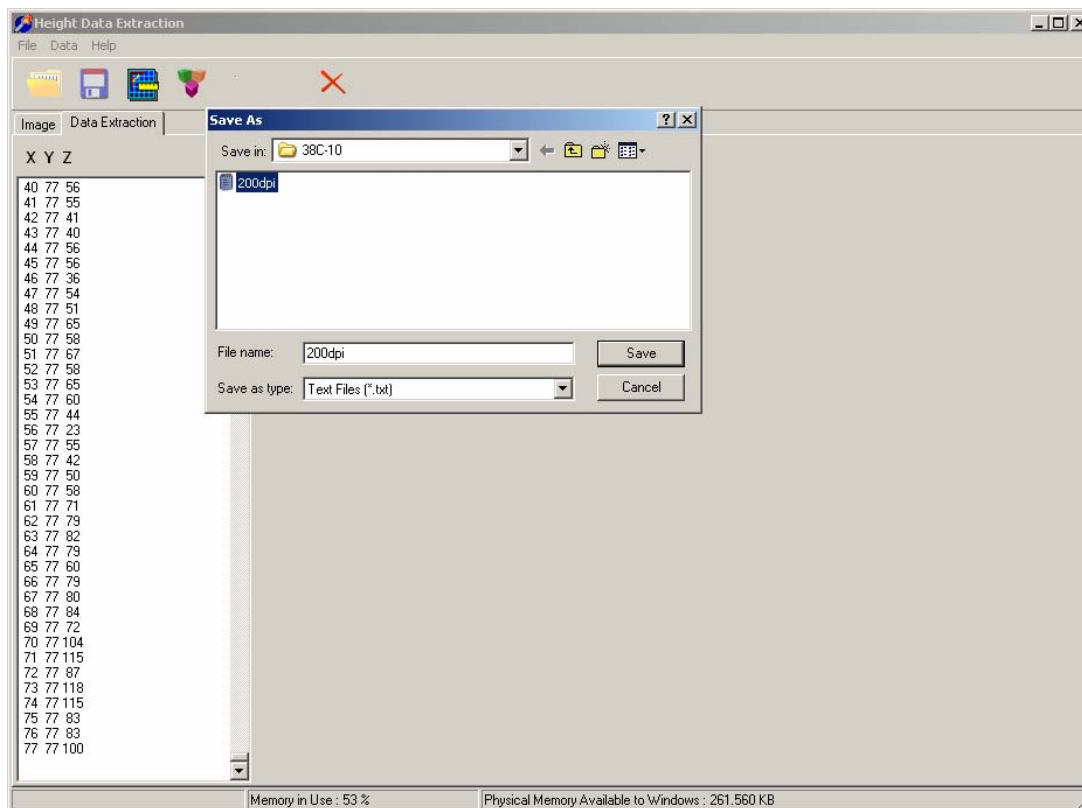
Setelah pengujian profil piksel dilakukan, proses pengestrakan maklumat tinggi bagi setiap piksel dilakukan dengan menekan butang *Pixel Height Extraction*. Satu paparan yang menunjukkan maklumat tinggi diestrak piksel demi piksel ditunjukkan seperti dalam Rajah 5.7 di bawah.



Rajah 5.7: Maklumat tinggi yang diekstrak

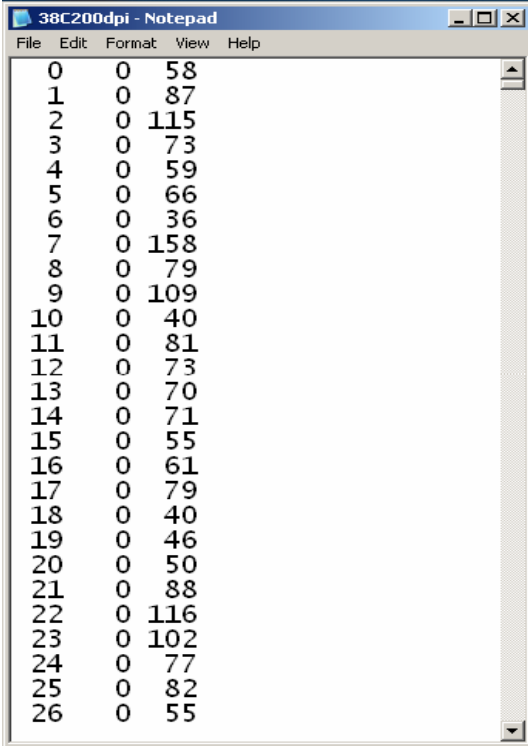
#### 5.4 Hasil Pengestrakan Maklumat Tinggi

Hasil daripada proses pengestrakan maklumat tinggi adalah satu jujukan data tinggi yang boleh disimpan dalam format fail *\*.txt*. Rajah 5.8 menunjukkan data maklumat tinggi yang diestrak disimpan ke dalam fail yang diberi nama *200dpi.txt*.



Rajah 5.8: Data maklumat tinggi yang disimpan

Di dalam fail tersebut jujukan maklumat tinggi (z) disusun berdasarkan kepada kedudukan piksel pada koordinat  $x$  dan  $y$ . Contoh jujukan data tinggi yang diperolehi ditunjukkan seperti dalam Rajah 5.9.



Index	Column 1	Column 2
0	0	58
1	0	87
2	0	115
3	0	73
4	0	59
5	0	66
6	0	36
7	0	158
8	0	79
9	0	109
10	0	40
11	0	81
12	0	73
13	0	70
14	0	71
15	0	55
16	0	61
17	0	79
18	0	40
19	0	46
20	0	50
21	0	88
22	0	116
23	0	102
24	0	77
25	0	82
26	0	55

Rajah 5.9: Sampel data yang diperolehi

## 5.5 Kesimpulan

Prototaip Sistem Pengestrakan Maklumat Tinggi yang dibangunkan ini boleh digunakan untuk menguji profil piksel pada satu garisan. Selain daripada itu, pengstrakan maklumat tinggi boleh dilakukan pada setiap piksel yang terdapat dalam imej digital gambarfoto udara lama. Masa perolehan data yang diestrak adalah bergantung kepada dimensi sampel data yang diuji. Data maklumat tinggi yang telah diestrak di simpan dalam fail berformat *\*.txt* mengikut jujukan  $x, y$  dan  $z$ .



## BAB VI

### KEPUTUSAN UJIKAJI DAN PERBINCANGAN

#### 6.1 Pendahuluan

Dalam bab ini, keputusan pengujian profil piksel serta perbandingan imej 3D yang dihasilkan semula dan imej asalnya dilaporkan. Keputusan pengujian profil piksel yang diperolehi dibandingkan dengan menggunakan tiga perisian pemrosesan imej yang sedia ada di pasaran iaitu Perisian *Bersoft Image Measurement*, *efgLabs* dan *Image-Pro Plus*. Data-data yang telah diestrak kemudiannya digunakan bagi menghasilkan semula imej asal 2D dalam bentuk imej 3D. Imej 3D dihasilkan dengan menggunakan perisian *3DField*. Perbandingan di antara imej 3D yang dihasilkan semula menggunakan perisian *3DField* dan imej asalnya dilakukan untuk melihat persamaan di antara kedua-dua imej tersebut. Perbincangan mengenai keputusan ujikaji yang dijalankan dilakukan pada bahagian terakhir bab ini.

#### 6.2 Sampel Data

Sampel data yang digunakan adalah mengikut kumpulan data tertentu dan diimbis berdasarkan kepada lima *dpi* yang berbeza iaitu *200dpi*, *400dpi*, *600dpi*, *720dpi* dan *1200 dpi*. Dimensi bagi sample data yang digunakan ialah 256 x 256 piksel. Penggunaan imej berdimensi 256 x 256 piksel sebagai sampel data dalam penyelidikan ini adalah kerana terdapat kekangan dari segi masa yang diambil bagi pemrosesan pengestrakan maklumat tinggi. Jadual di bawah menunjukkan masa

yang diambil bagi mengestrak maklumat tinggi berdasarkan dimensi imej yang digunakan.

Dimensi imej	Masa pengestrakan (saat)
1280 x 1024 piksel	± 2300 saat
1024 x 768 piksel	± 1380 saat
800 x 600 piksel	± 842 saat
256 x 256 piksel	± 115 saat

Jadual 6.27: Perbandingan masa pengestrakan maklumat tinggi berdasarkan dimensi imej yang digunakan

### 6.3 Pengujian Profil Piksel

Pengujian ke atas sampel data dijalankan dengan mendapatkan profil bagi setiap piksel yang diuji disepanjang garisan bermula dari titik A ( $x_1, y_1$ ) ke titik B ( $x_2, y_2$ ). Seterusnya nilai keamatan bagi piksel tersebut akan diplotkan berdasarkan jarak di antara titik A dan B. Perbandingan bagi profil piksel yang diuji dilakukan dengan menggunakan perisian *Bersoft Image Measurement*, *efgLabs* dan *Image-Pro Plus*. Pemilihan ketiga-tiga perisian ini dibuat berdasarkan kemampuan untuk melakukan pengujian profil piksel. Jadual 6.1 di bawah menunjukkan perbandingan perisian-perisian yang digunakan untuk melakukan analisa pada imej.

Perisian	Kemampuan		
	Analisa	Pemvisualan	Pengujian Profil
Bersoft Image Measurement	√		√
Image-Pro		√	√
Photodeler	√	√	

efgLabs			√
Global Lab Image	√	√	
3DField		√	
EVS	√	√	

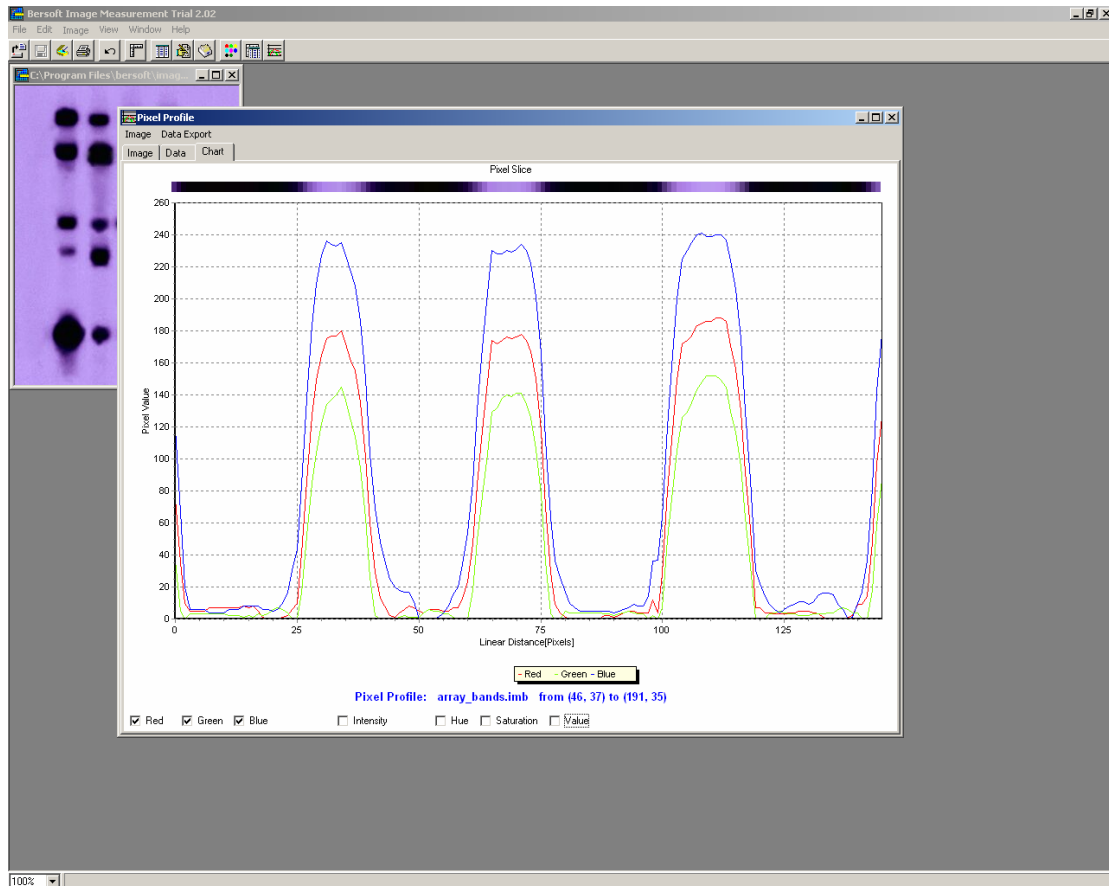
Jadual 6.1: Perbandingan kemampuan perisian di pasaran

### 6.3.1 Perisian *Bersoft Image Measurement*

Bersoft Image Measurement merupakan perisian yang berkeupayaan untuk melakukan analisa dimensi, pengukuran imej skala kelabu dan imej warna 24 bit, sudut, perimeter, kawasan, titik, garisan, profil piksel dan lain-lain lagi.

Perisian ini juga mempunyai boleh melakukan fungsi transformasi geometri seperti putaran, penskalaan, pembalikan serta mempunyai fungsi pemprosesan imej yang standard.

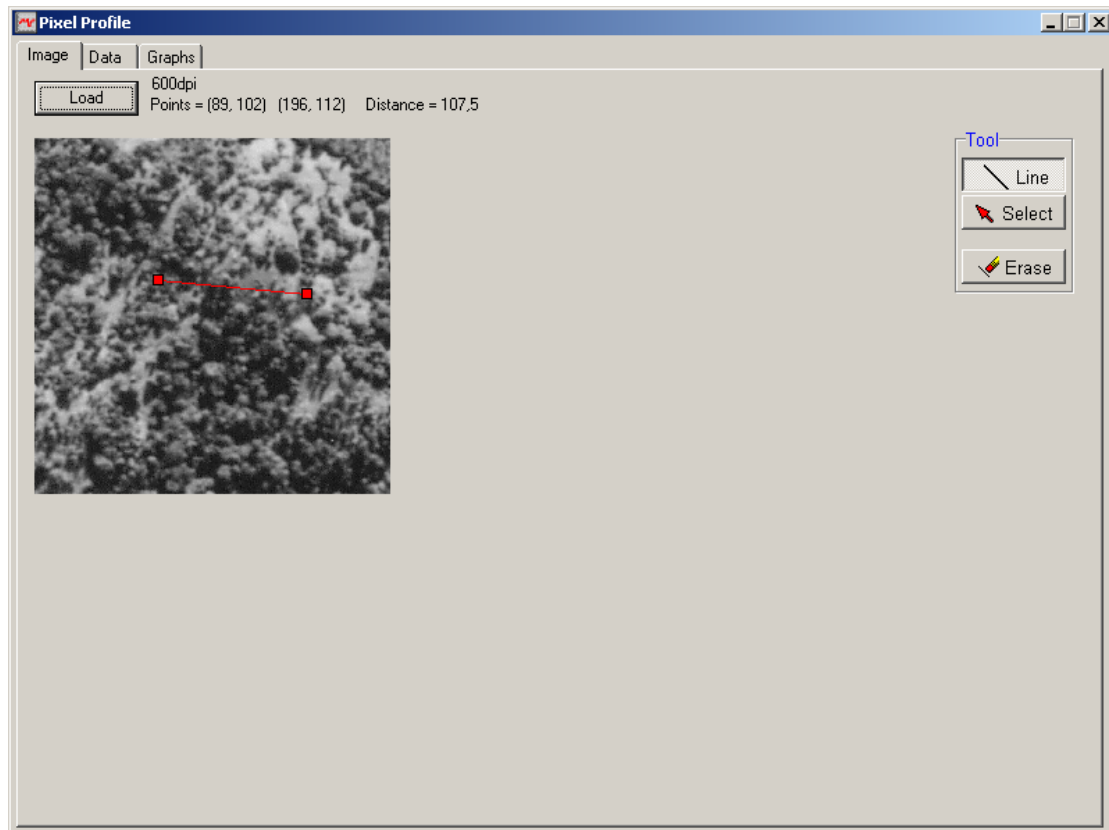
Rajah 6.1 menunjukkan antaramuka pengguna bagi Perisian *Bersoft Image Measurement* yang digunakan untuk membandingkan profil piksel dalam penyelidikan ini.



Rajah 6.1: Antaramuka perisian *Bersoft Image*

### 6.3.2 Perisian efgLabs

Perisian efgLabs (Rajah 6.2) adalah merupakan perisian yang dihasilkan khusus untuk mendapatkan profil piksel dan memaparkan graf bagi nilai piksel pada satu garisan yang diuji. Penghasilan perisian ini adalah khusus untuk tujuan penganalisaan imej. Pengujian terhadap profil piksel telah dilakukan pada *USAF 1951 Test Target*, yang merupakan cara untuk menentukan keamatan pada sistem. Ia juga digunakan untuk menganalisa sasaran bagi Canon EOS D30 dan ISO 12233.

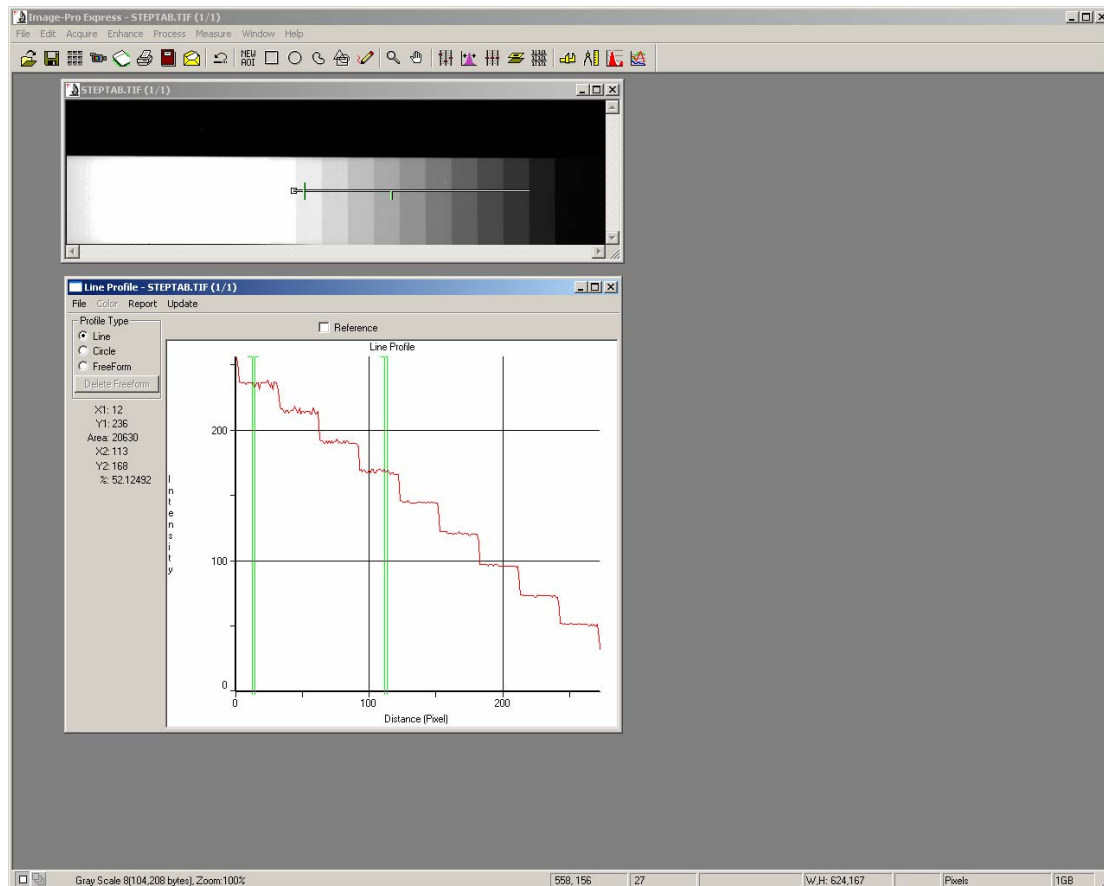


Rajah 6.2: Antaramuka perisian efglabs

### 6.3.3 Perisian *Image-Pro Plus*

*Image-Pro Plus* adalah merupakan perisian yang digunakan bagi melakukan pelbagai analisa ke atas imej. Perisian ini digunakan secara meluas di dalam bidang forensik, pengimejan industri, sains, remote sensing, pegimejan satelit dan sains hayat. Perisian ini menyediakan kemudahan untuk mendapatkan imej, memproses dan menganalisa imej dengan menggunakan satu komputer ataupun secara rangkaian.

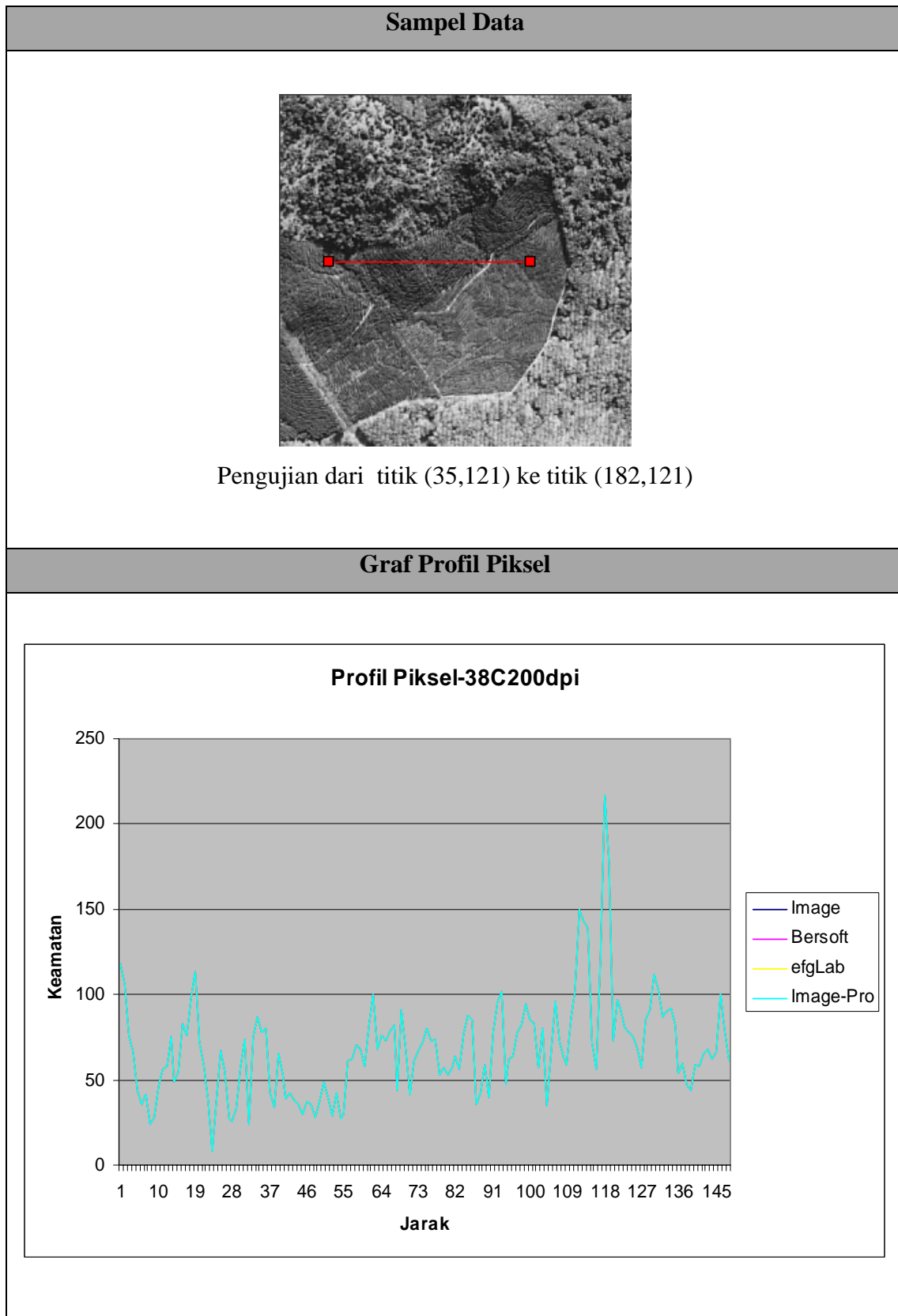
Seperti Perisian *Bersoft Image Measurement*, perisian ini juga berupaya melakukan analisa ke atas profil bagi piksel. Rajah 6.3 di bawah menunjukkan antaramuka bagi perisian ini.



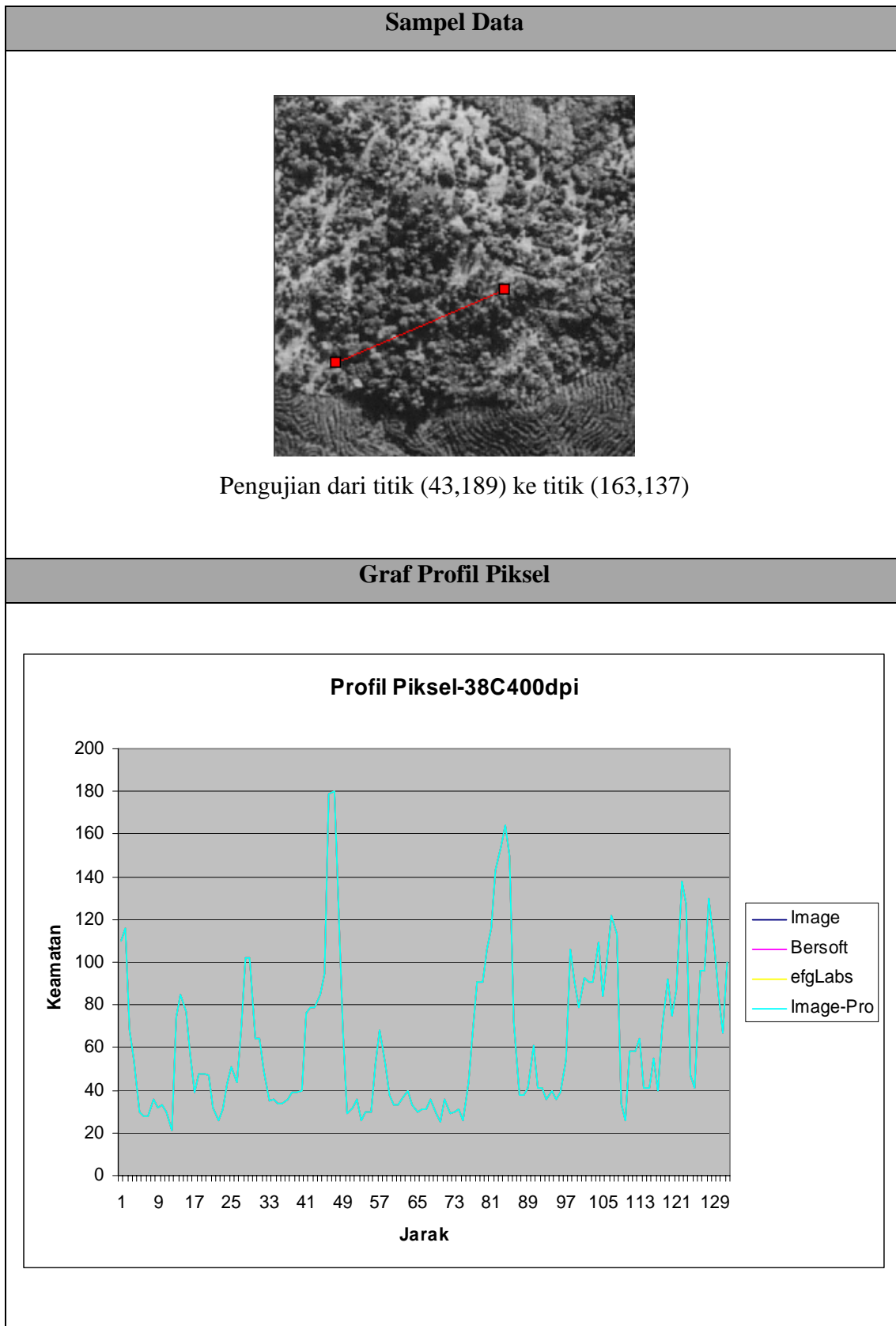
Rajah 6.3: Antaramuka perisian *Image-Pro Plus*

#### 6.4 Keputusan Pengujian Profil Piksel

Keputusan ujikaji profil piksel pada satu garisan adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 6.2 hingga Jadual 6.26. Data-data yang diperolehi diplotkan dalam bentuk graf perbandingan profil piksel (nilai keamatan piksel) bagi setiap garisan (jarak) dengan menggunakan perisian *Microsoft Excel 2000*.

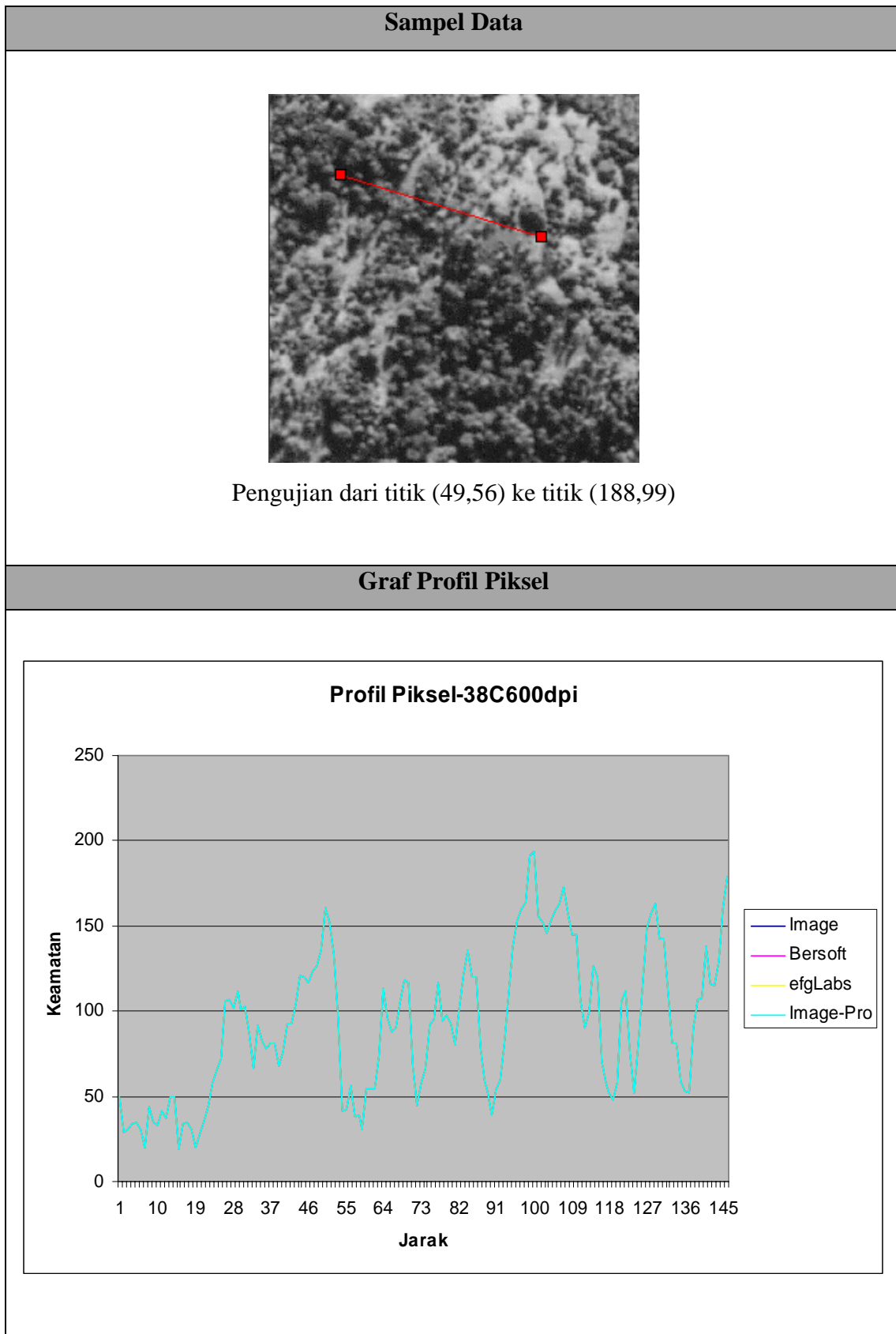


Jadual 6.2: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 38C200dpi

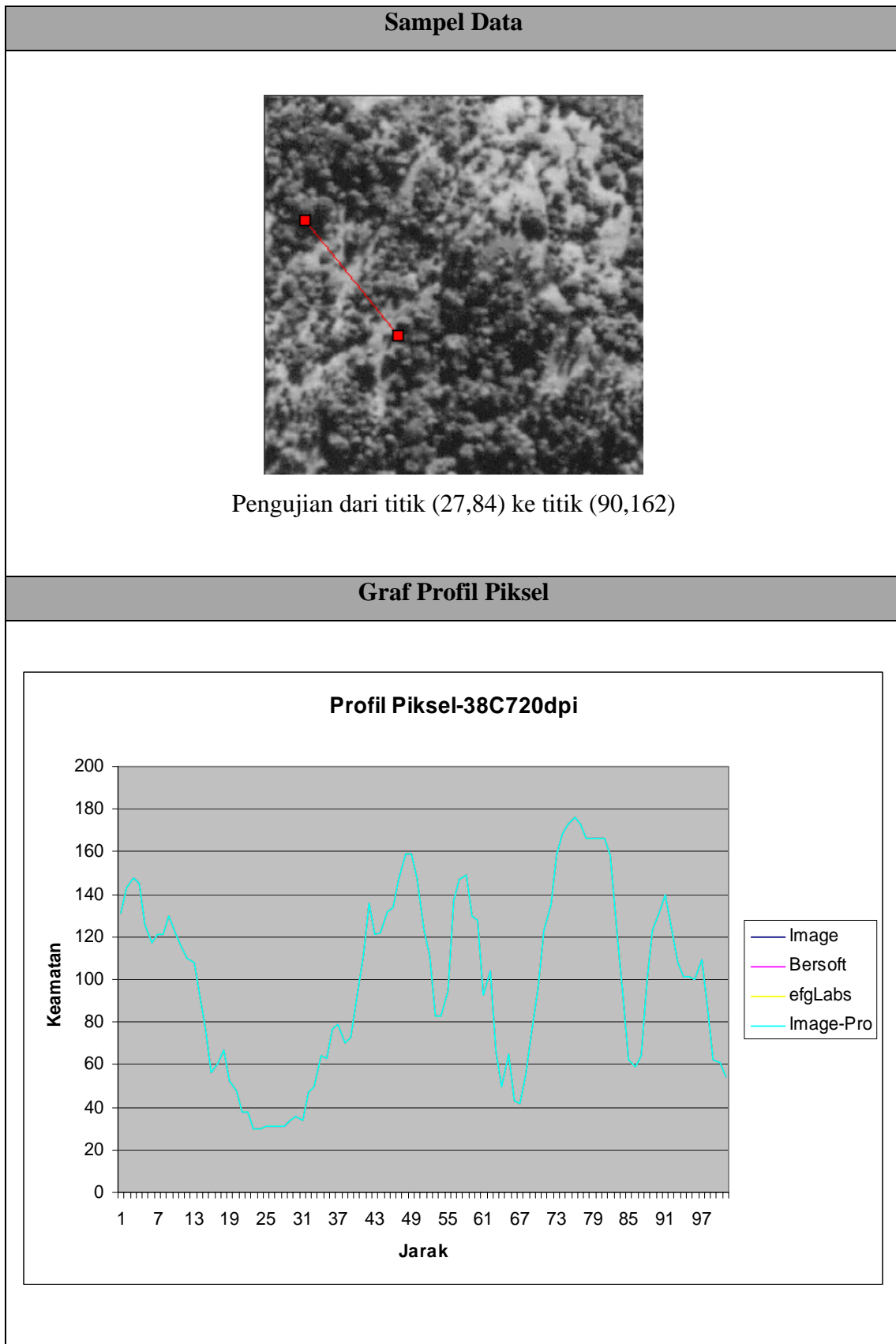


Jadual 6.3: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 38C400dpi

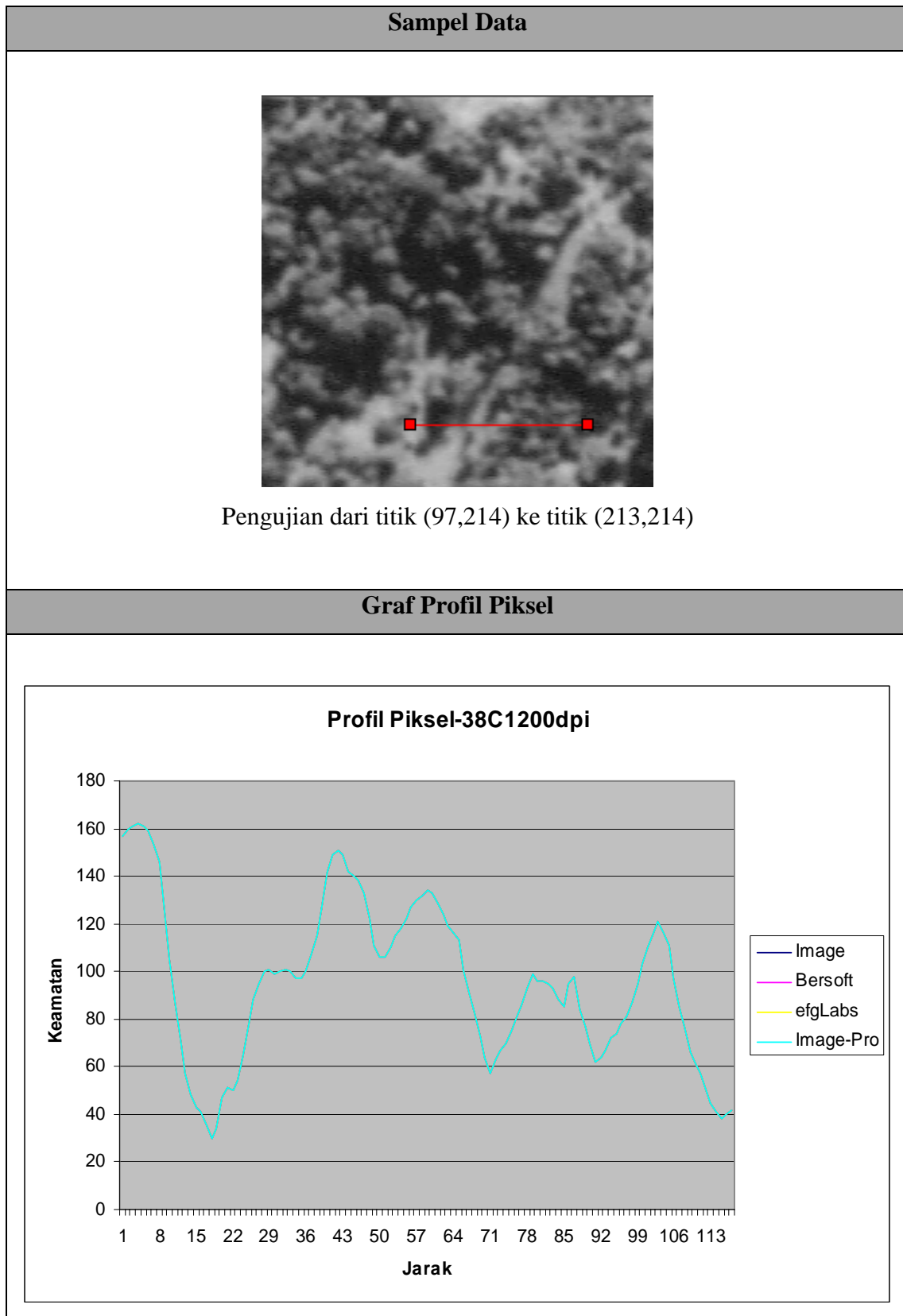




Jadual 6.4: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 38C600dpi

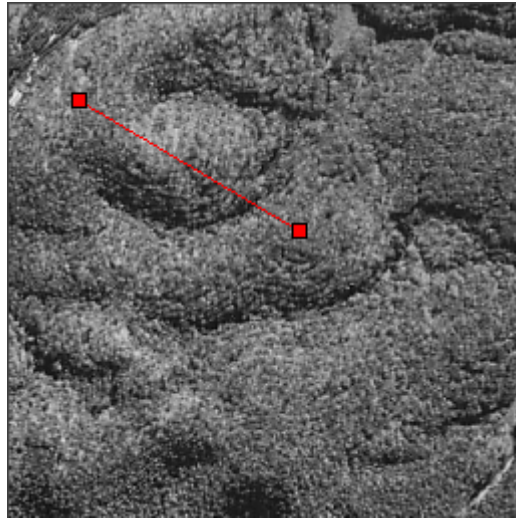


Jadual 6.5: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 38C720dpi



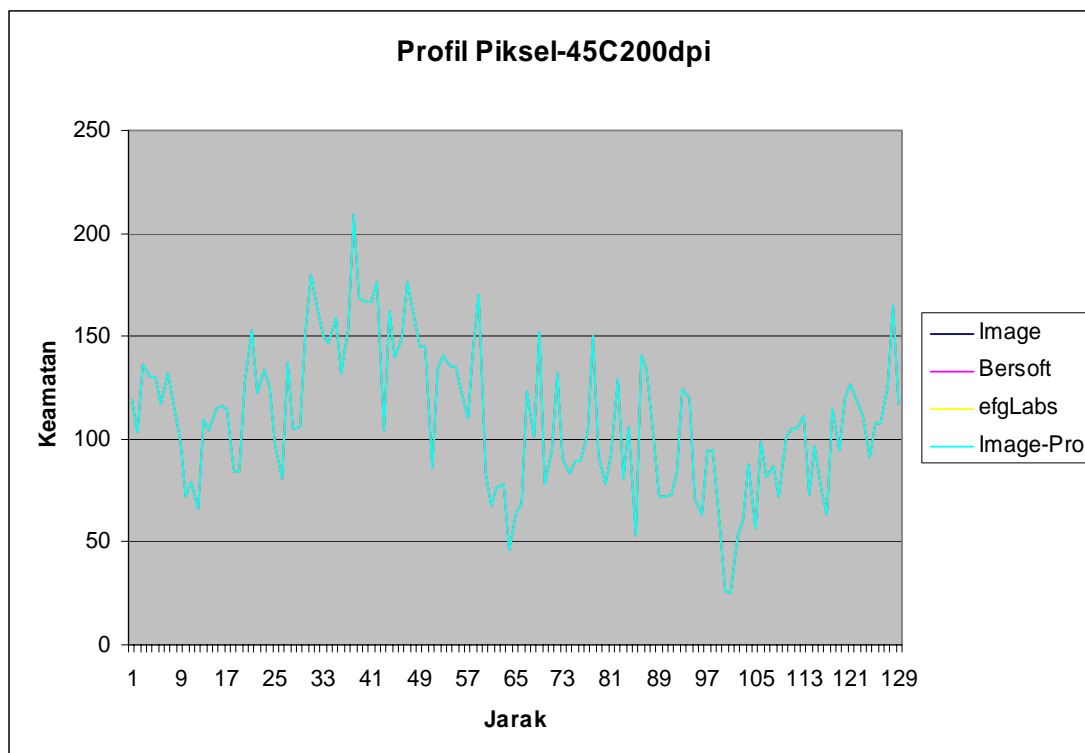
Jadual 6.6: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 38C1200dpi

### Sampel Data



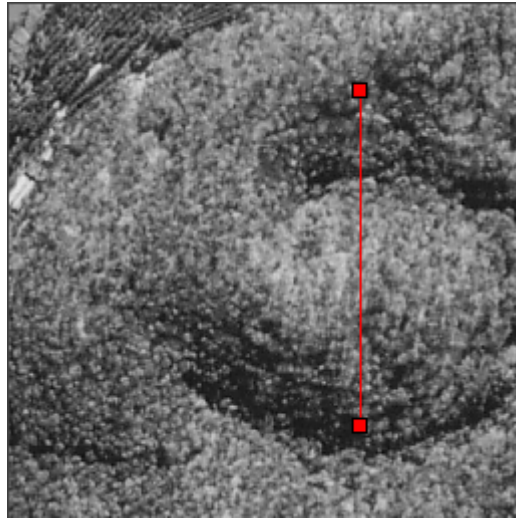
Pengujian dari titik (35,48) ke titik (145,113)

### Graf Profil Piksel



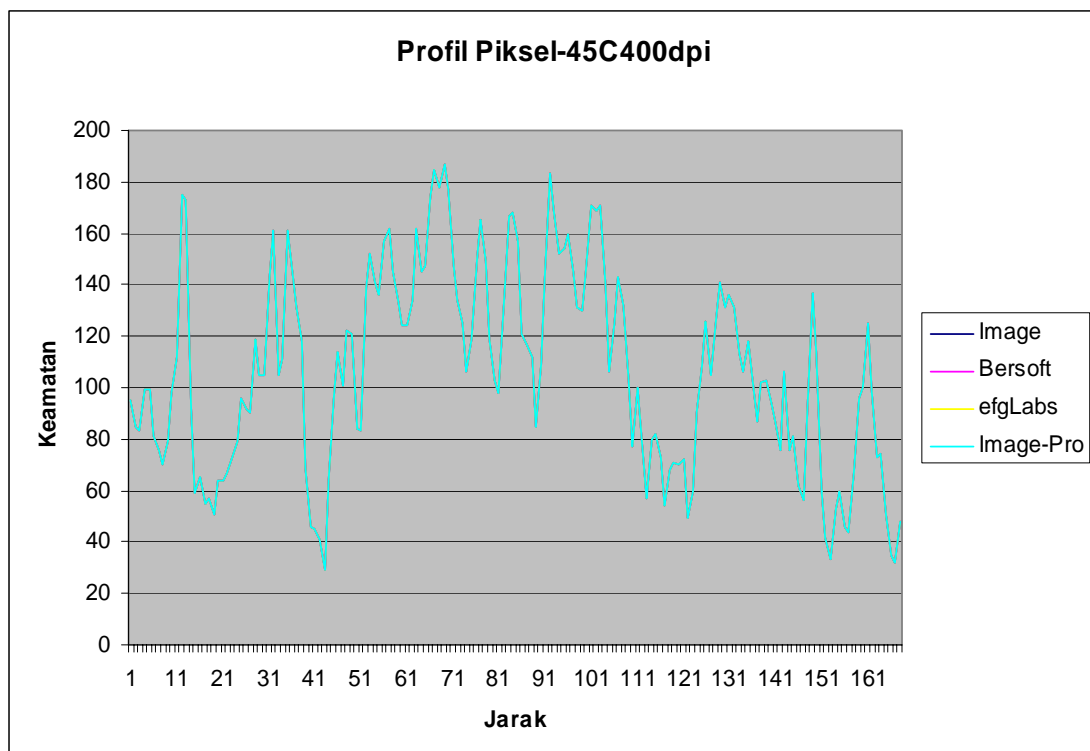
Jadual 6.7: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 45C200dpi

### Sampel Data

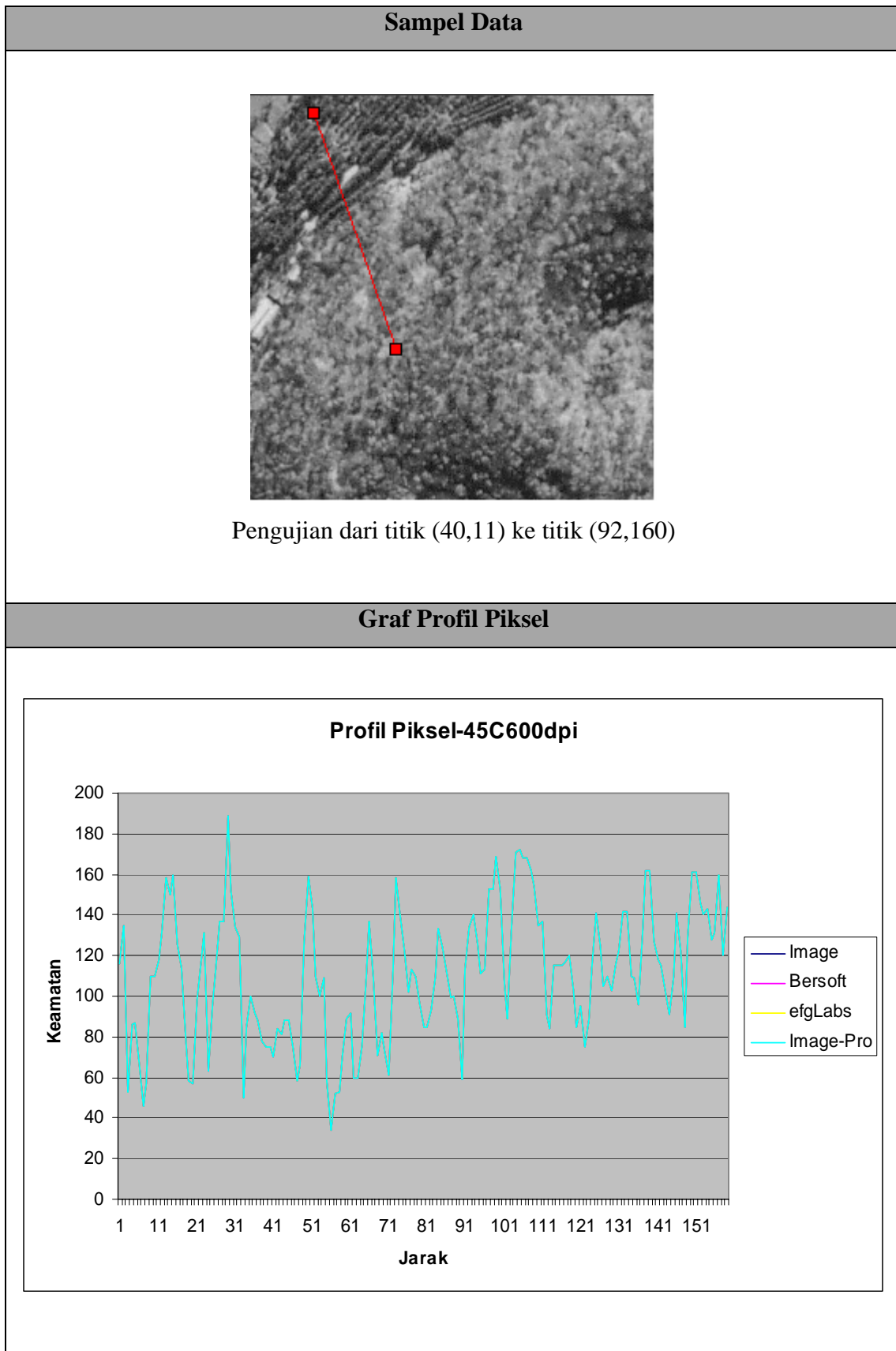


Pengujian dari titik (175,43) ke titik (175,210)

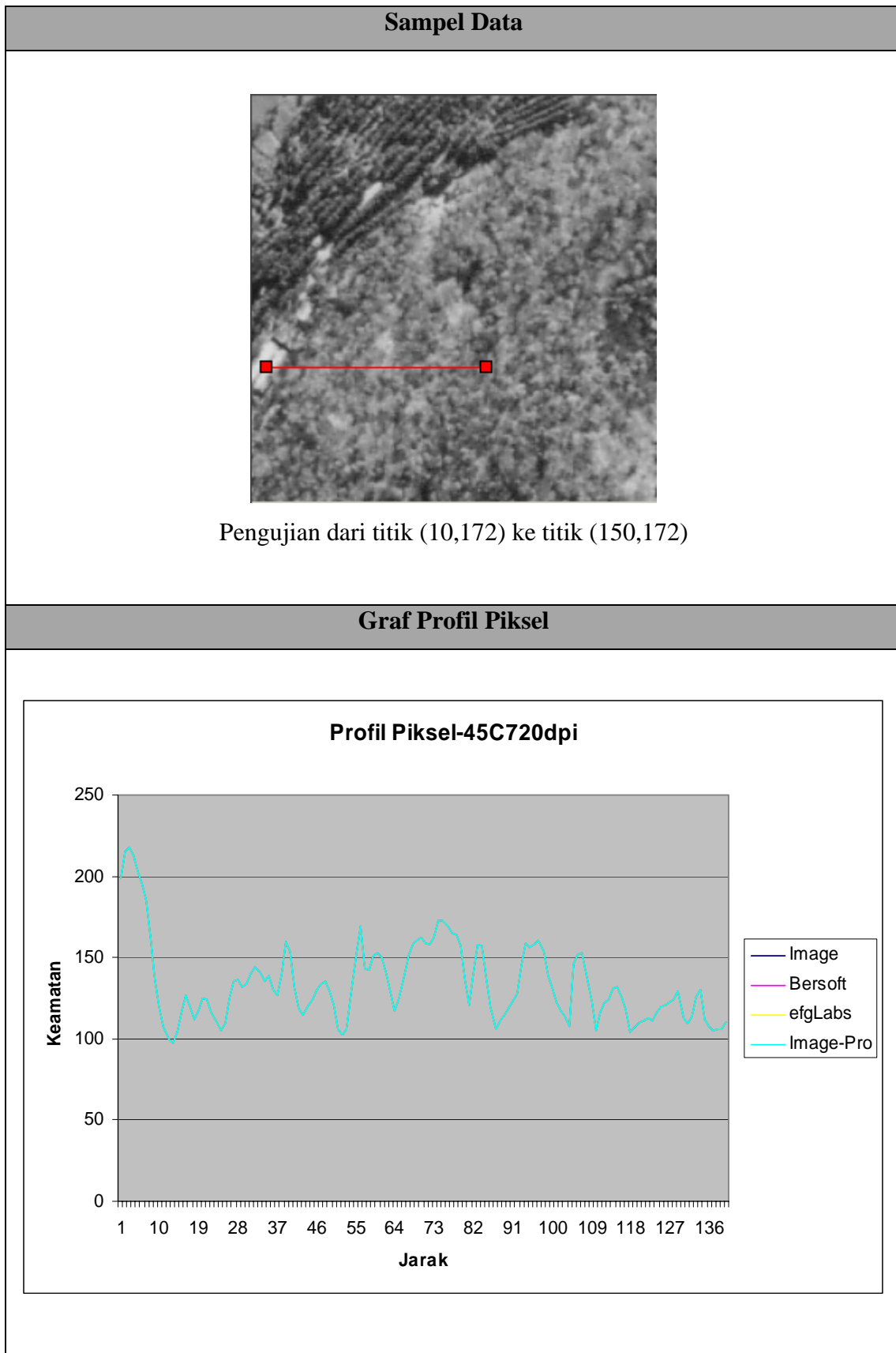
### Graf Profil Piksel



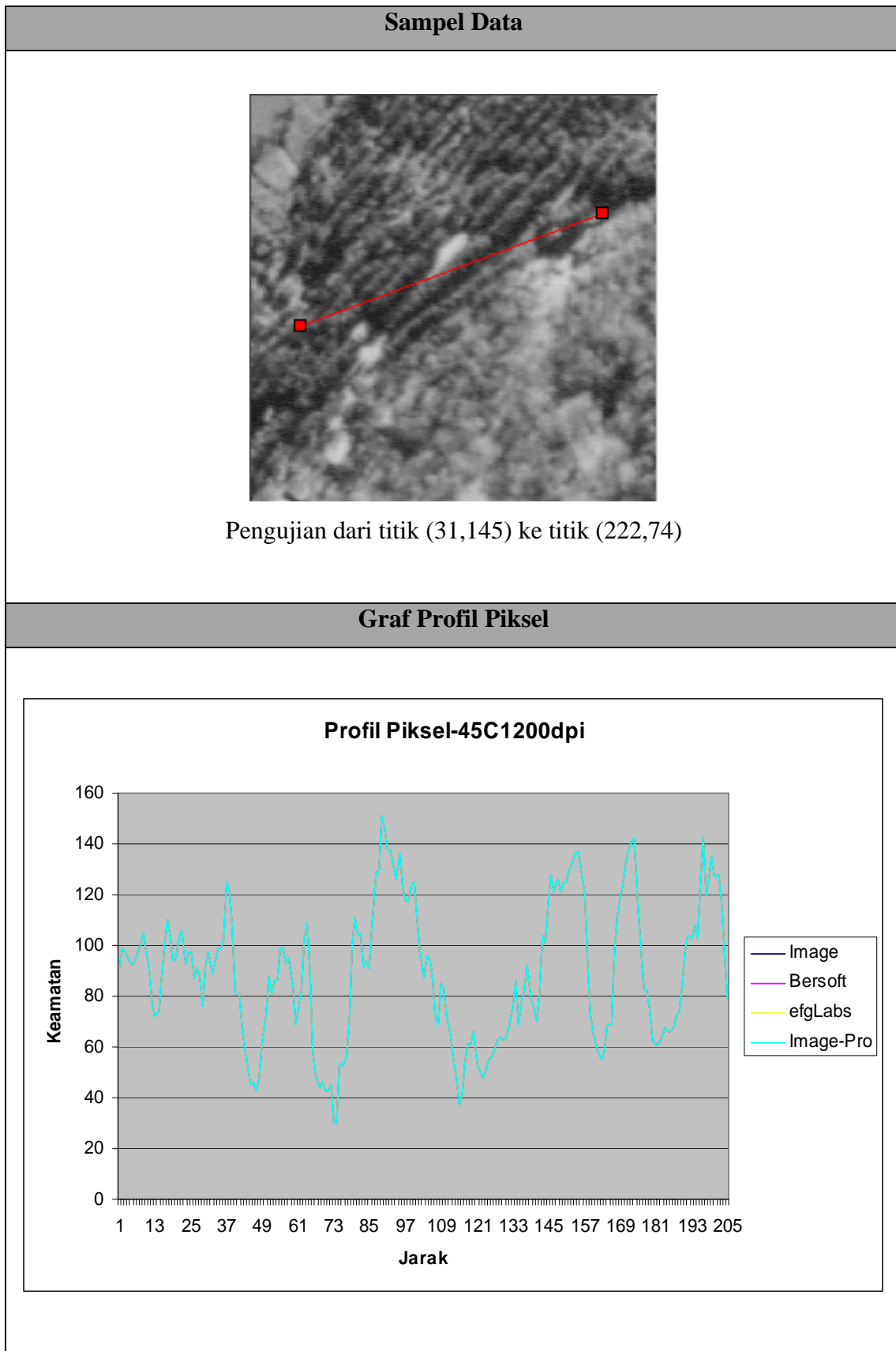
Jadual 6.8: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 45C400dpi



Jadual 6.9: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 45C600dpi

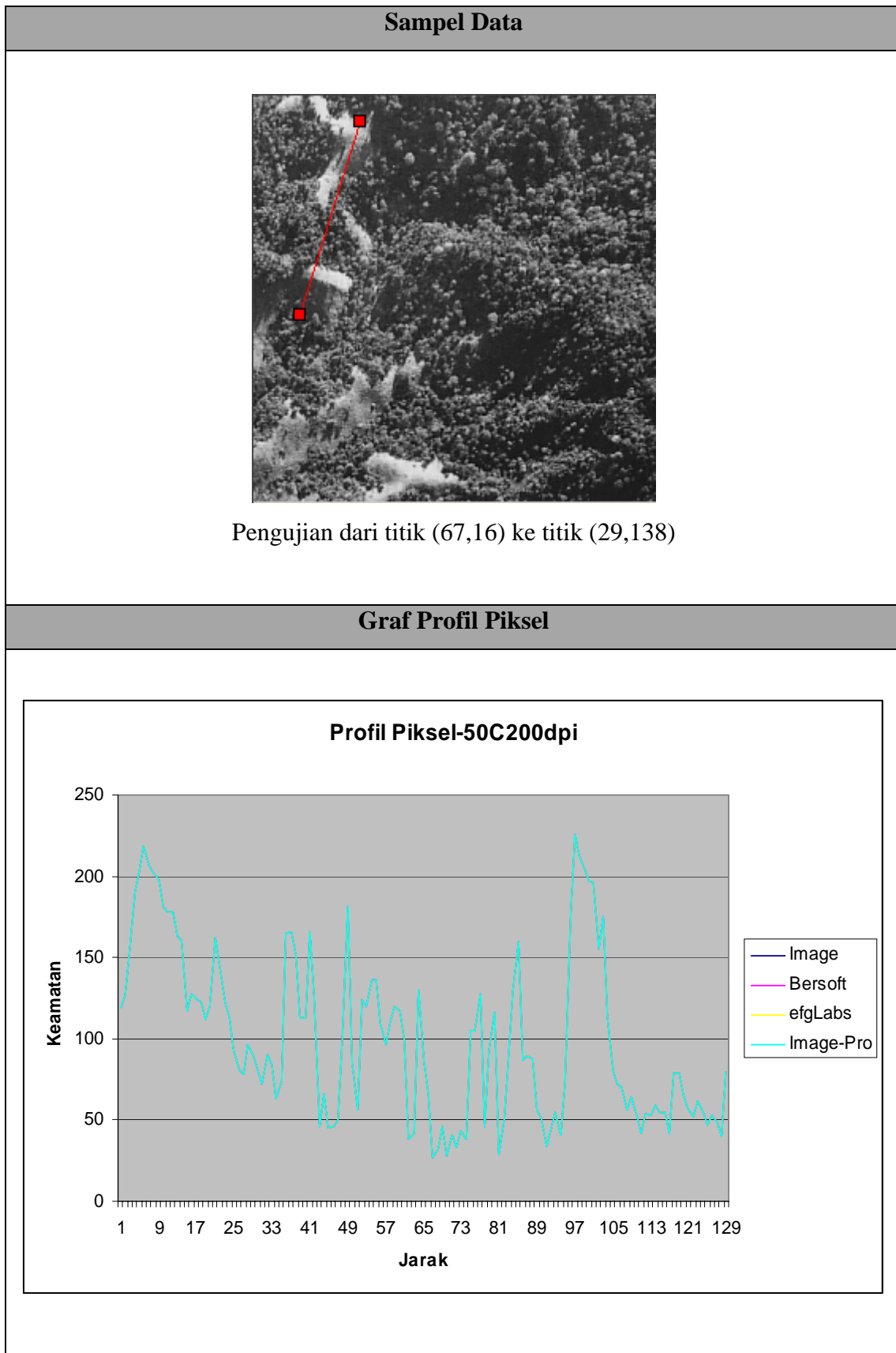


Jadual 6.10: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 45C720dpi

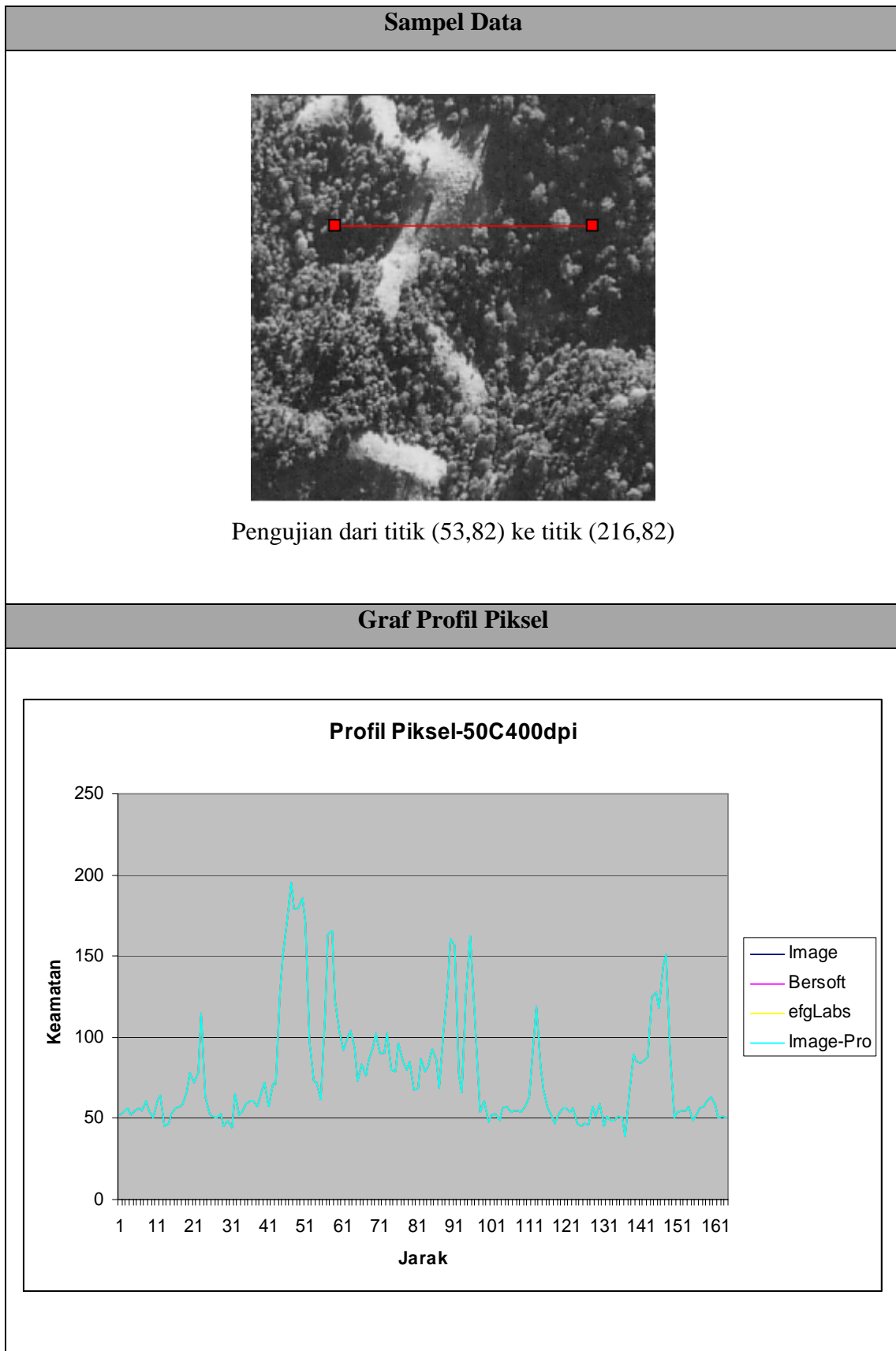


Jadual 6.11: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 45C1200dpi

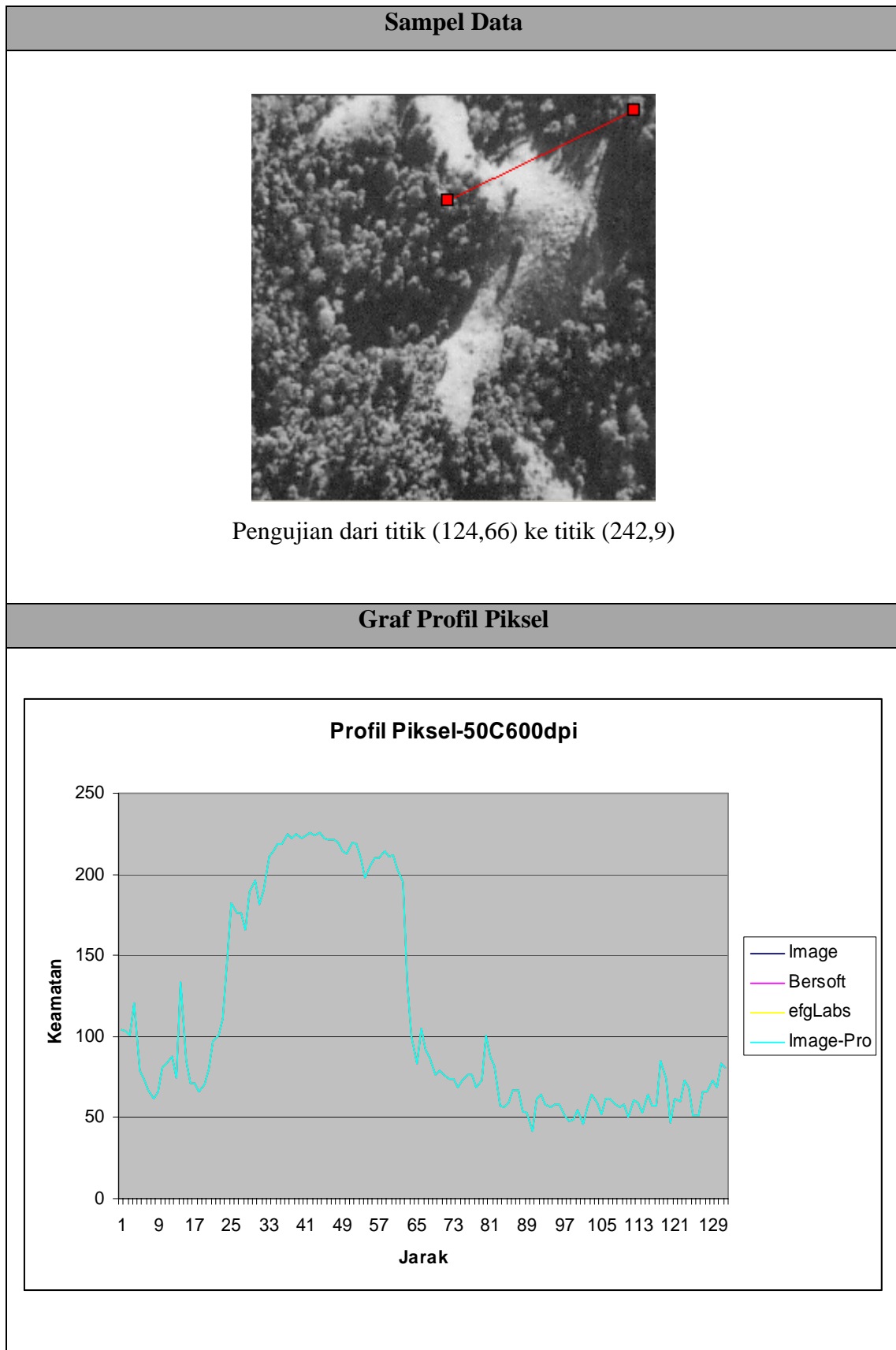




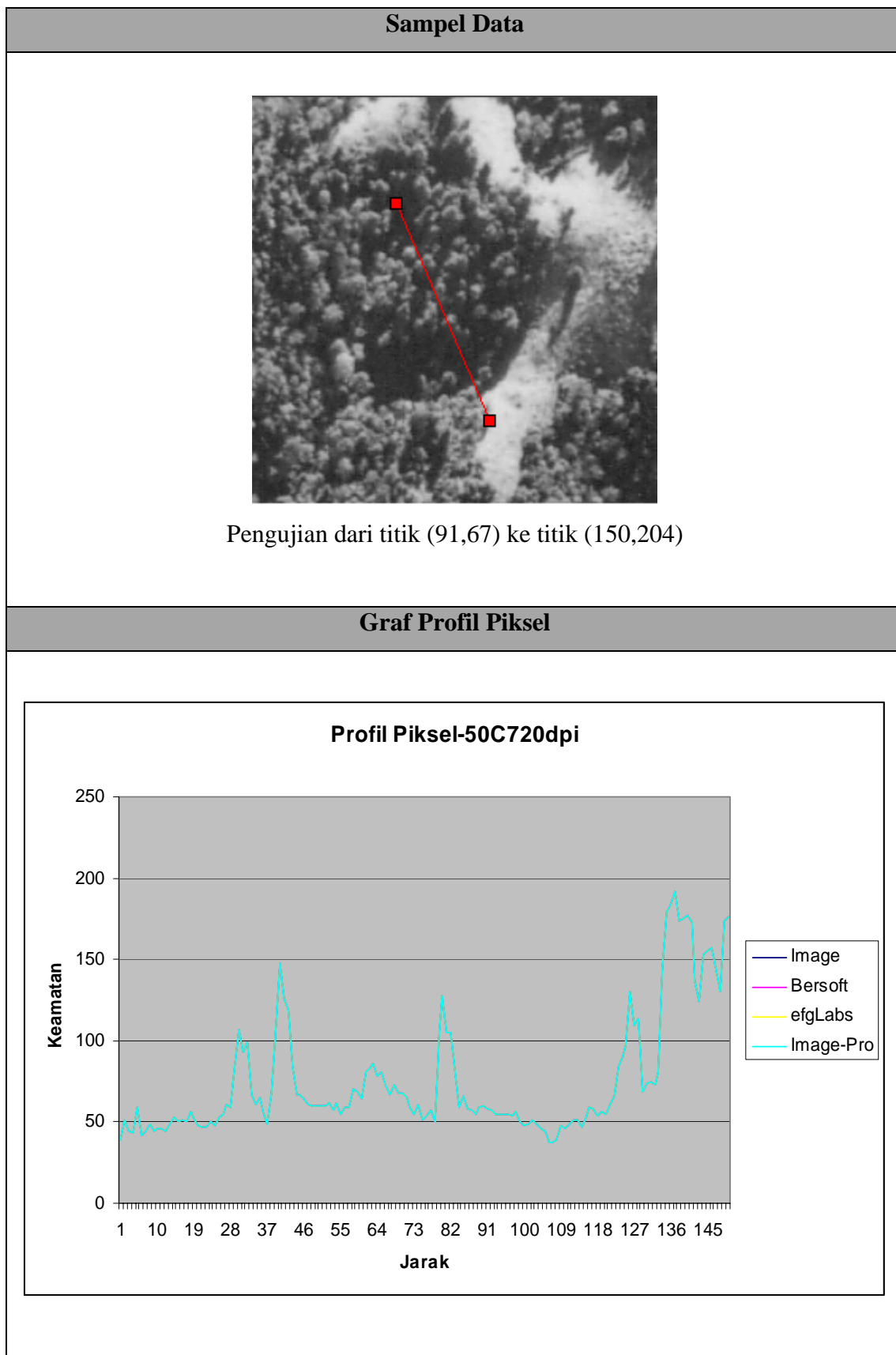
Jadual 6.12: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 50C200dpi



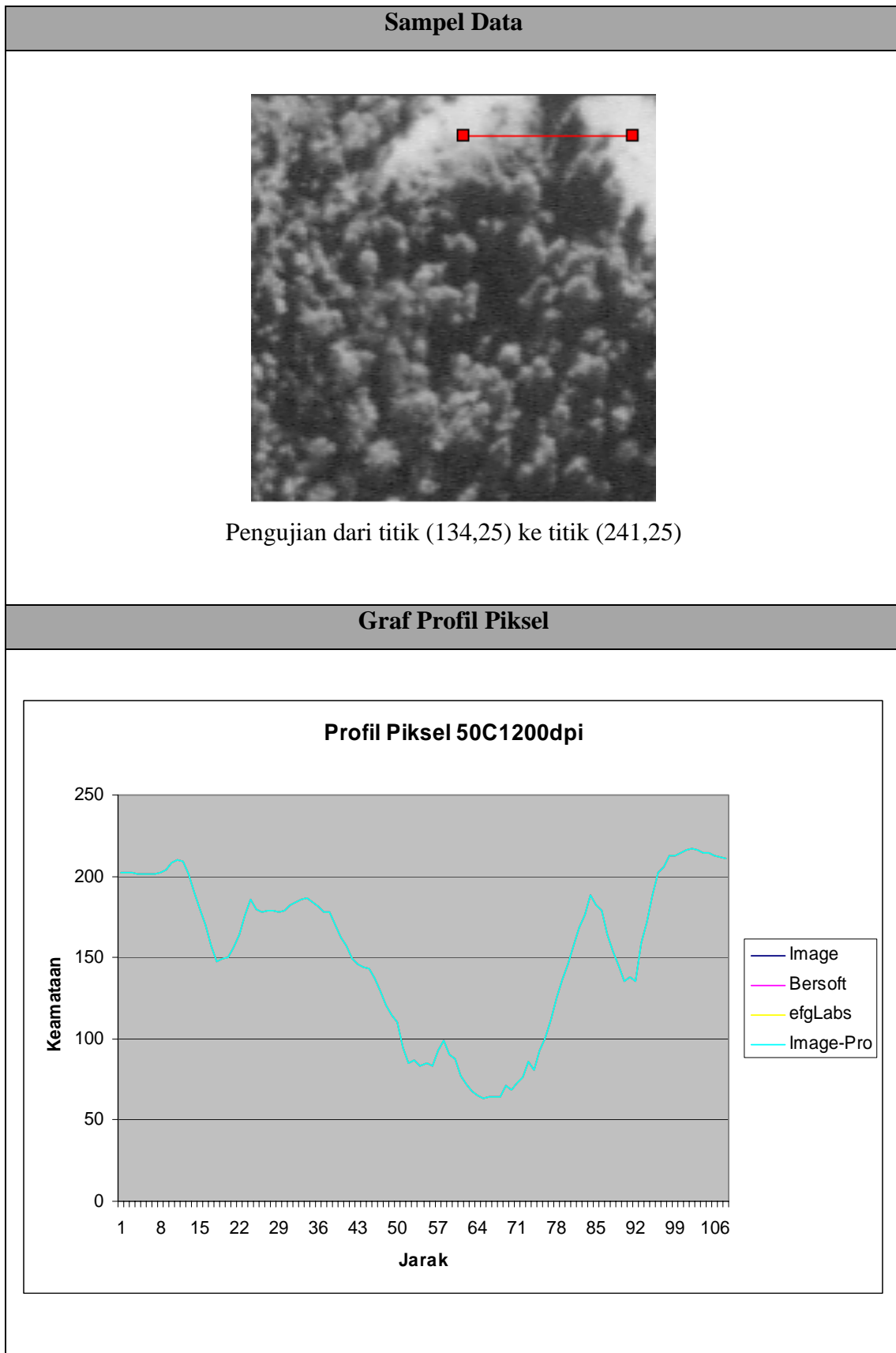
Jadual 6.13: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 50C400dpi



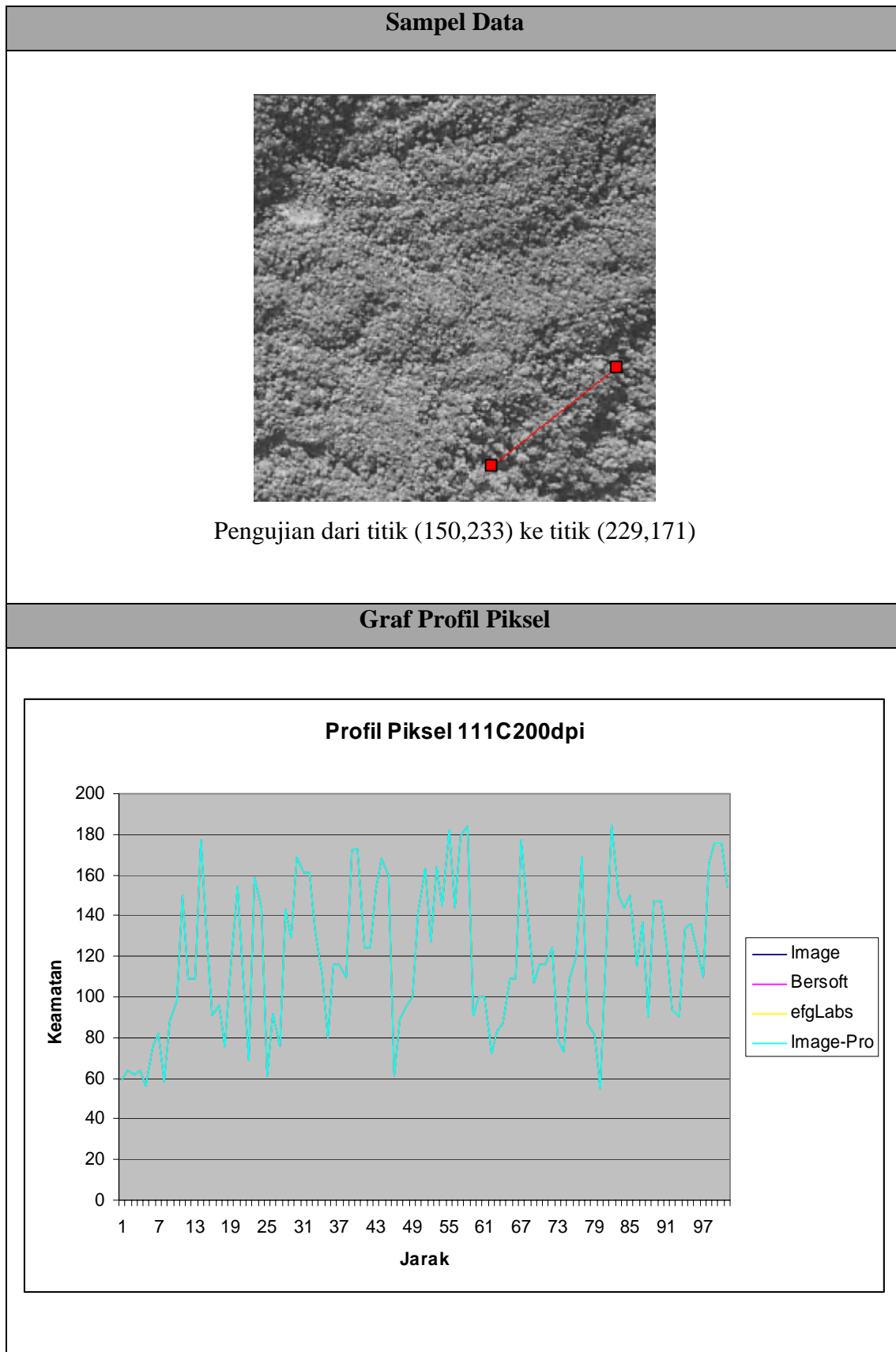
Jadual 6.14: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 50C600dpi



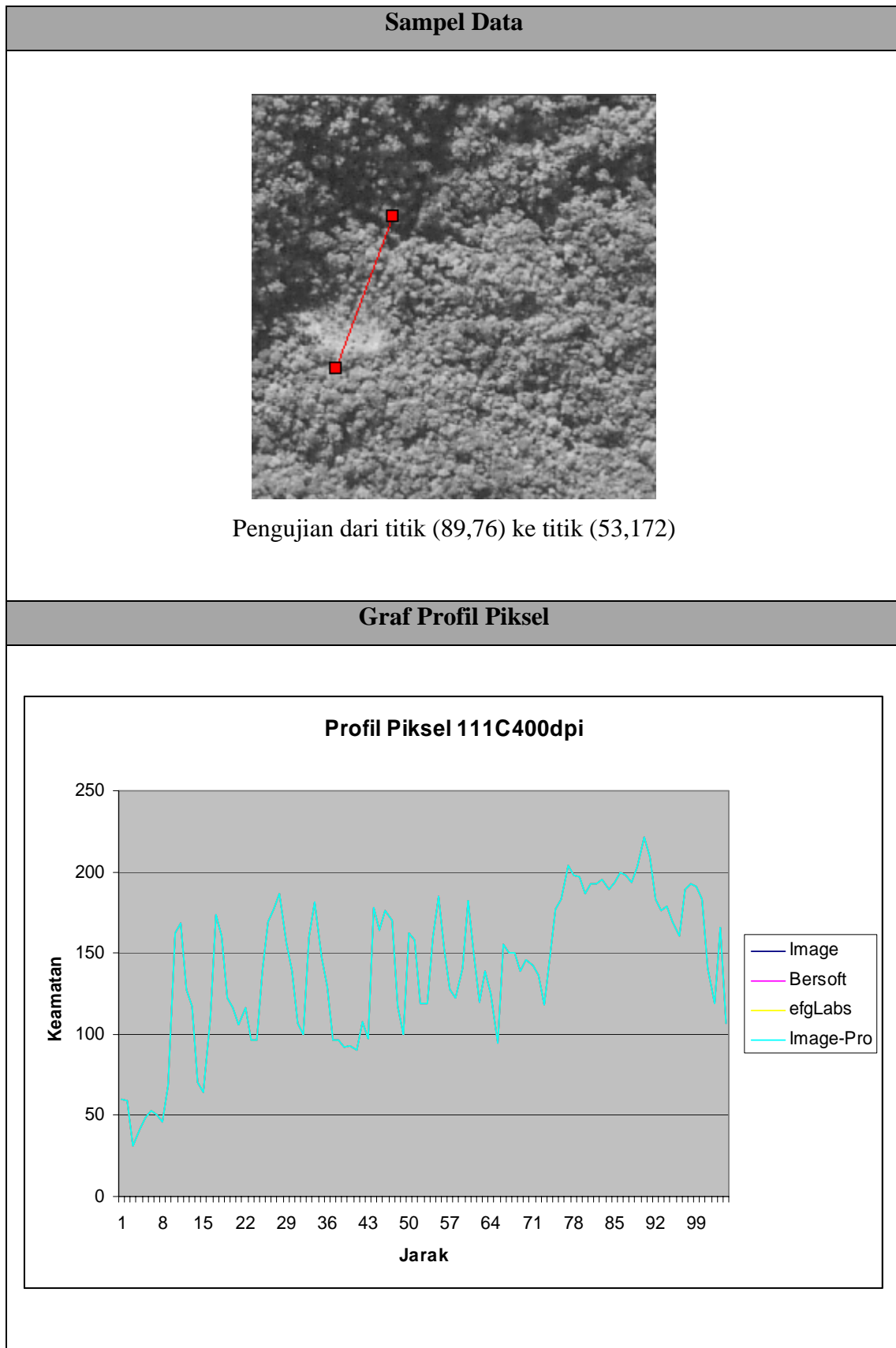
Jadual 6.15: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 50C720dpi



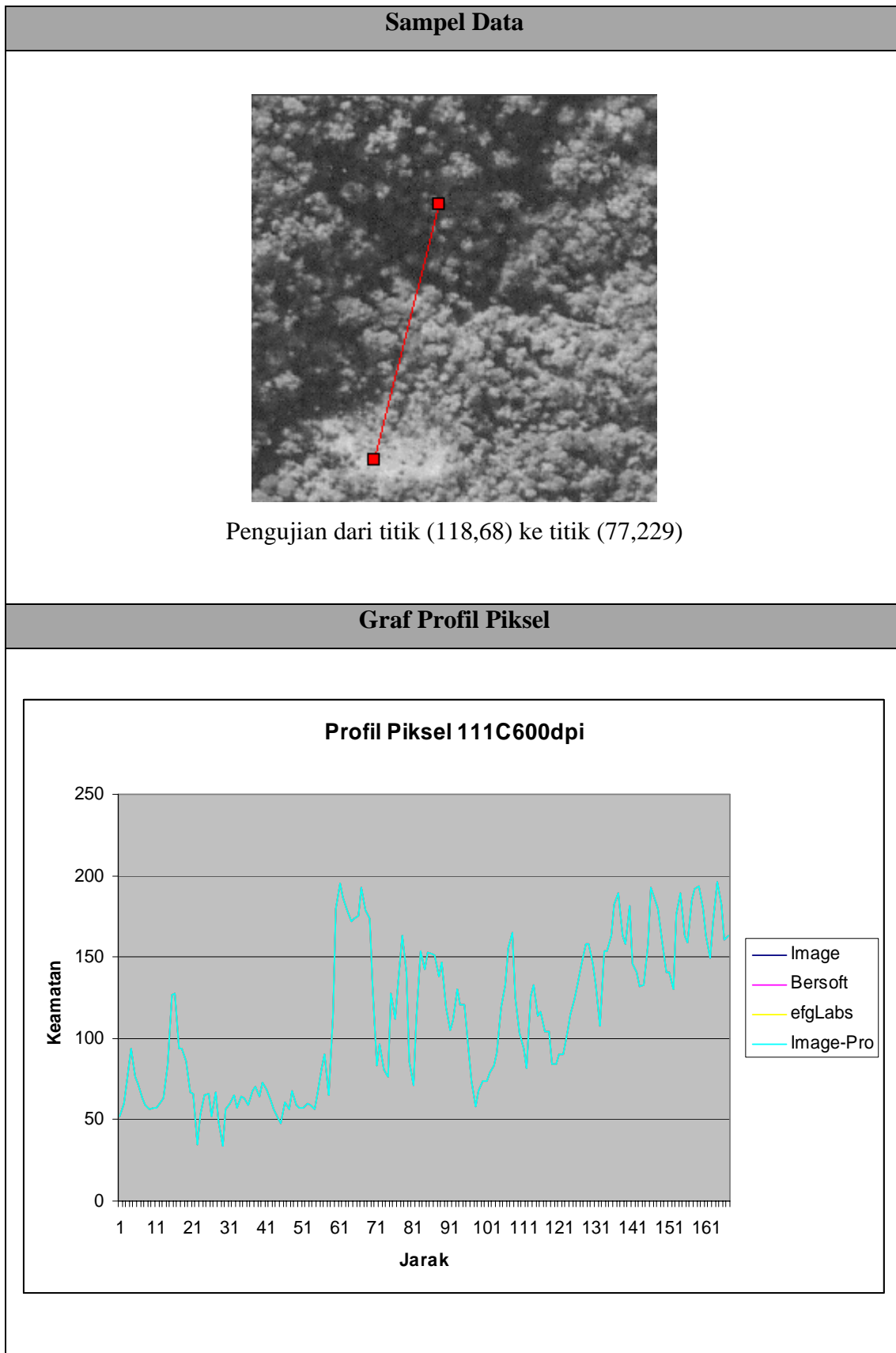
Jadual 6.16: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 50C1200dpi



Jadual 6.17: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 111C200dpi

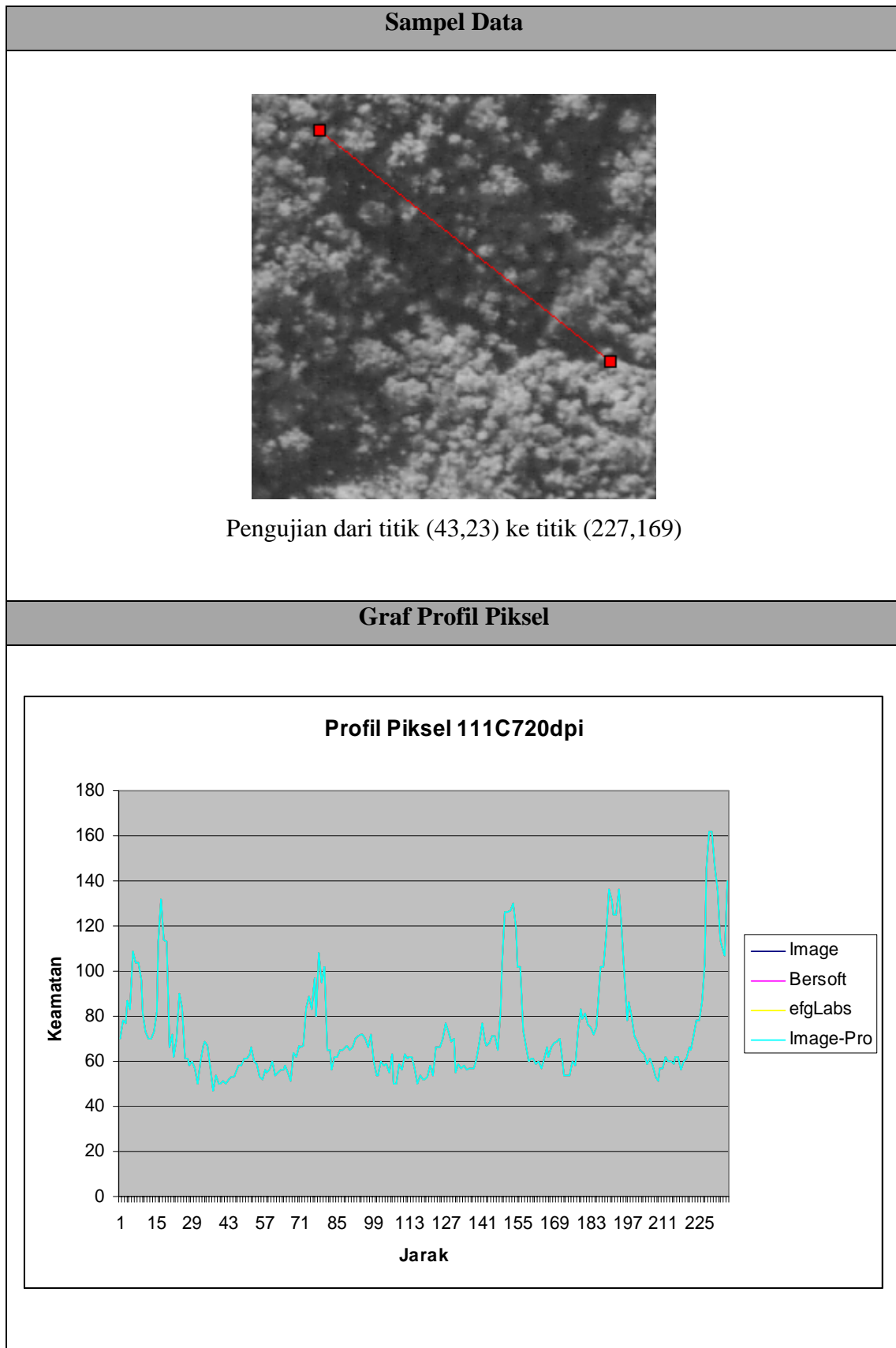


Jadual 6.18: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 111C400dpi

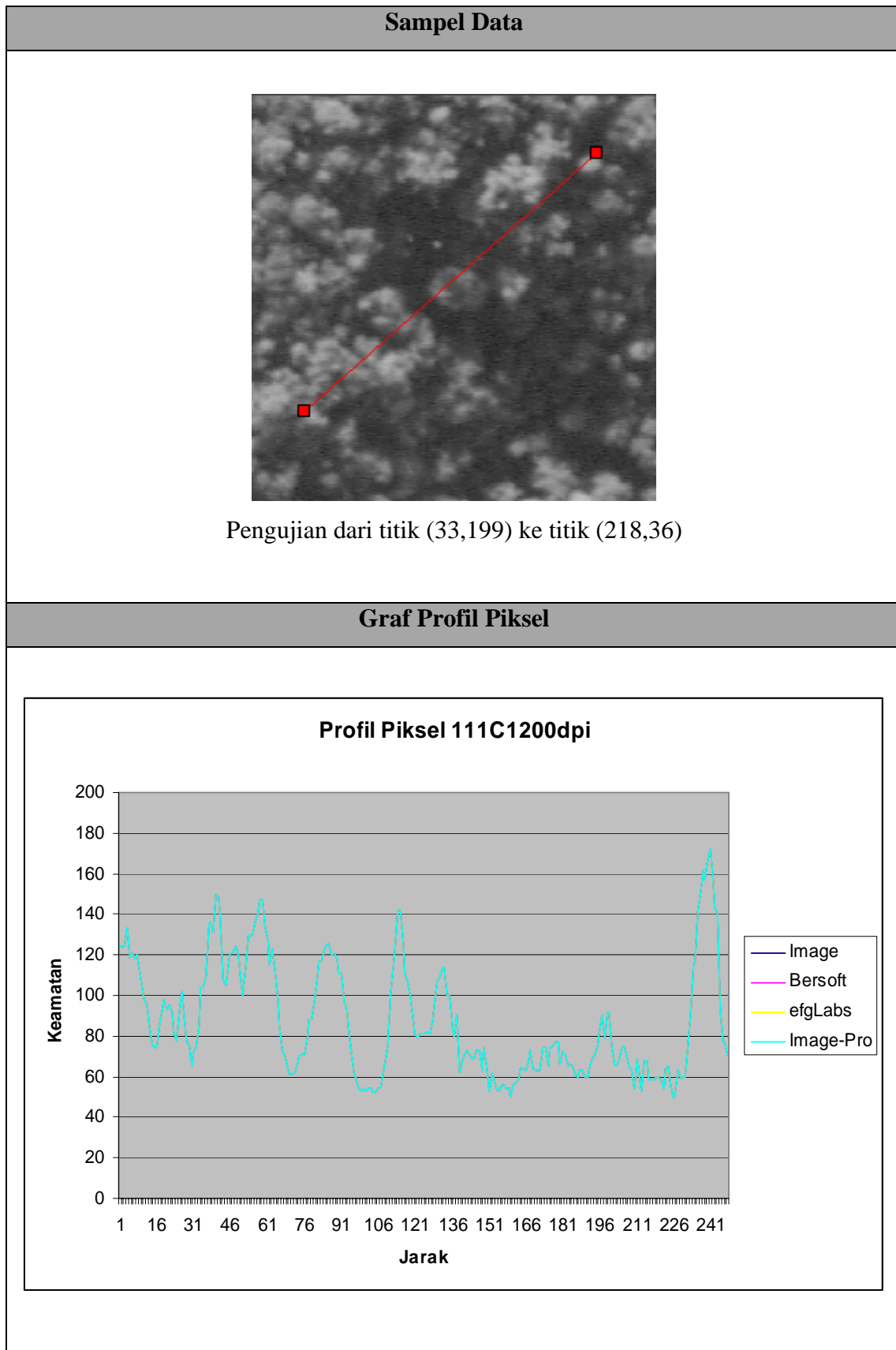


Jadual 6.19: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 111C600dpi

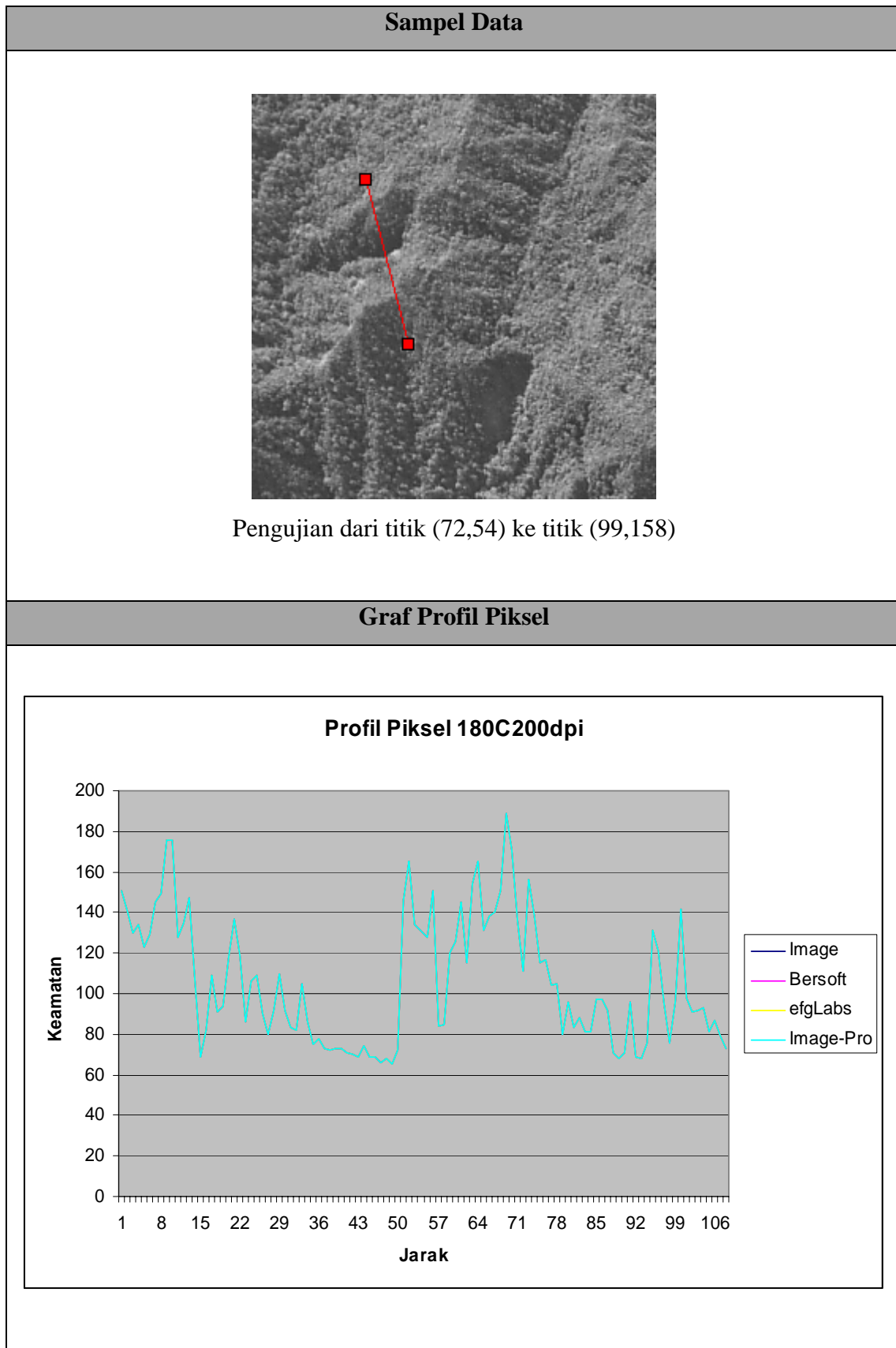




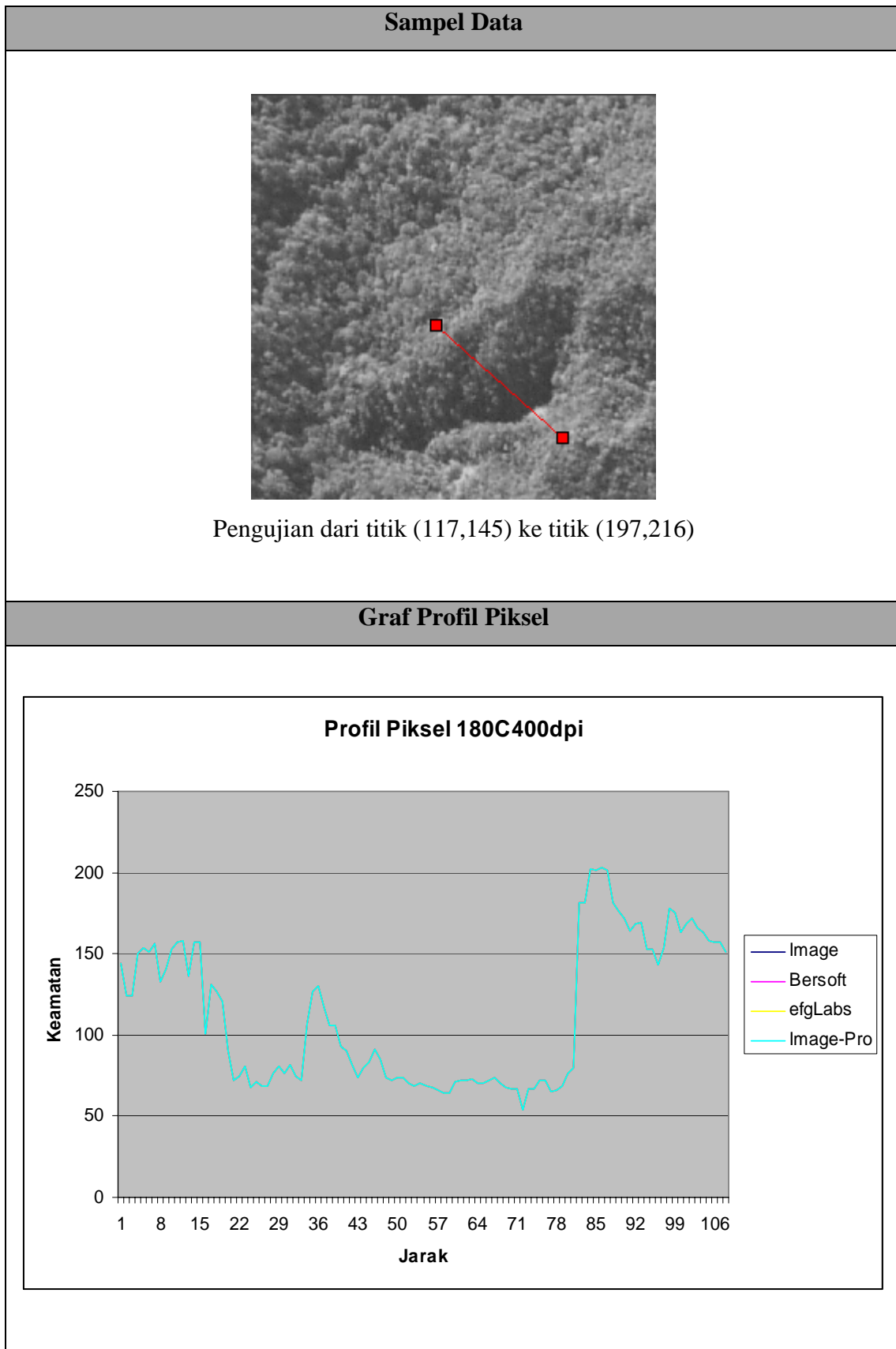
Jadual 6.20: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 111C720dpi



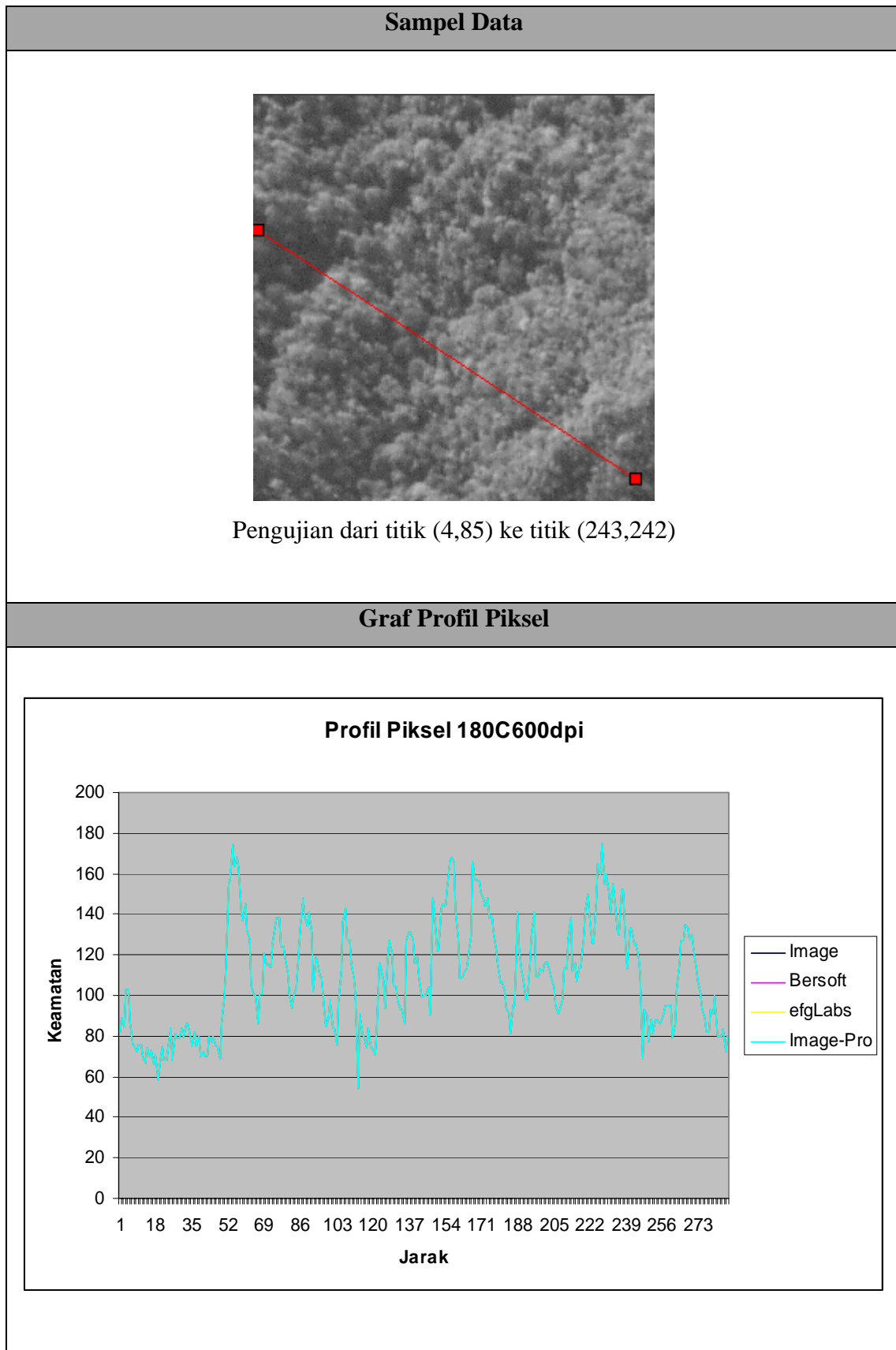
Jadual 6.21: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 111C1200dpi



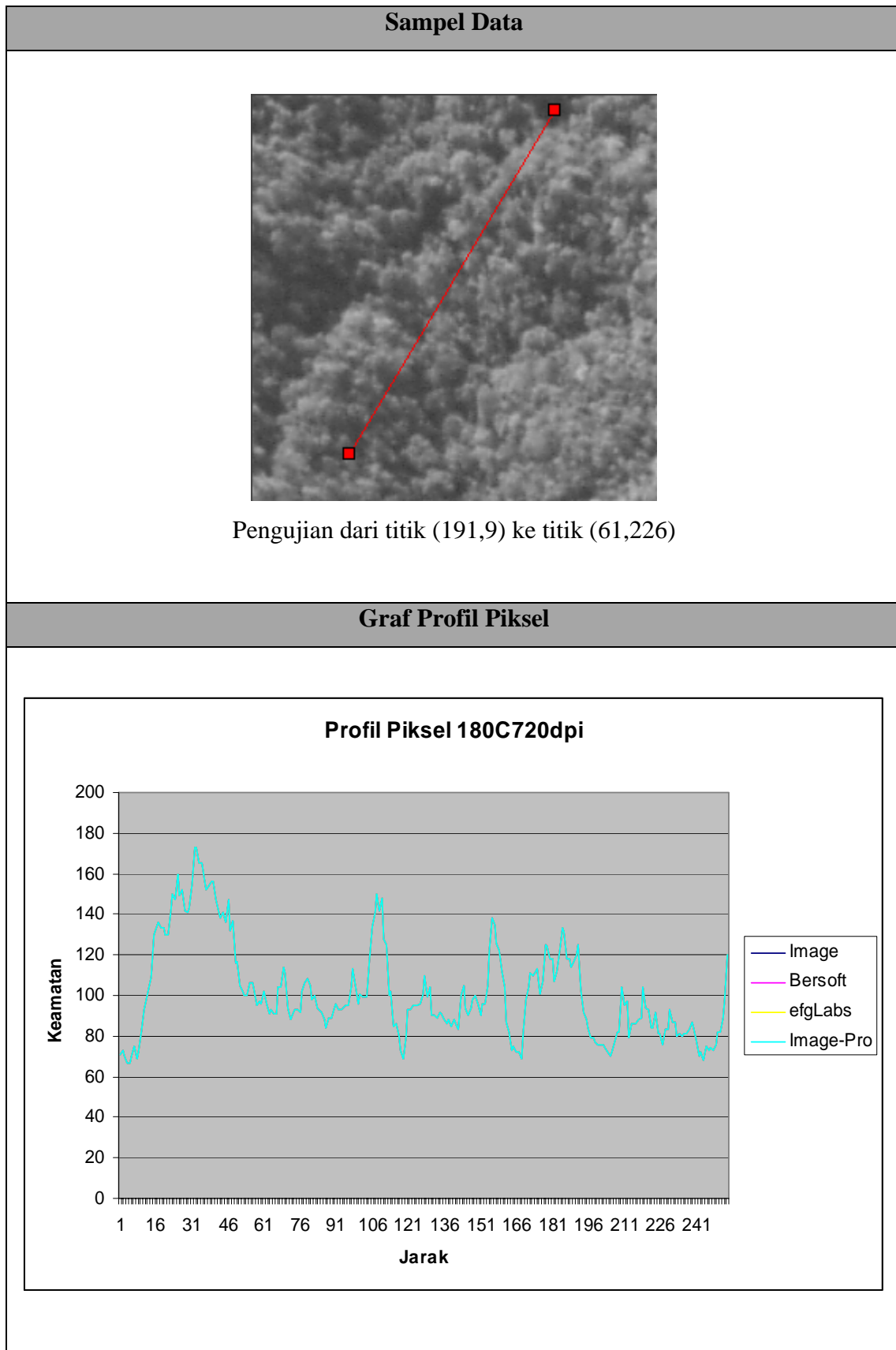
Jadual 6.22: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 180C200dpi



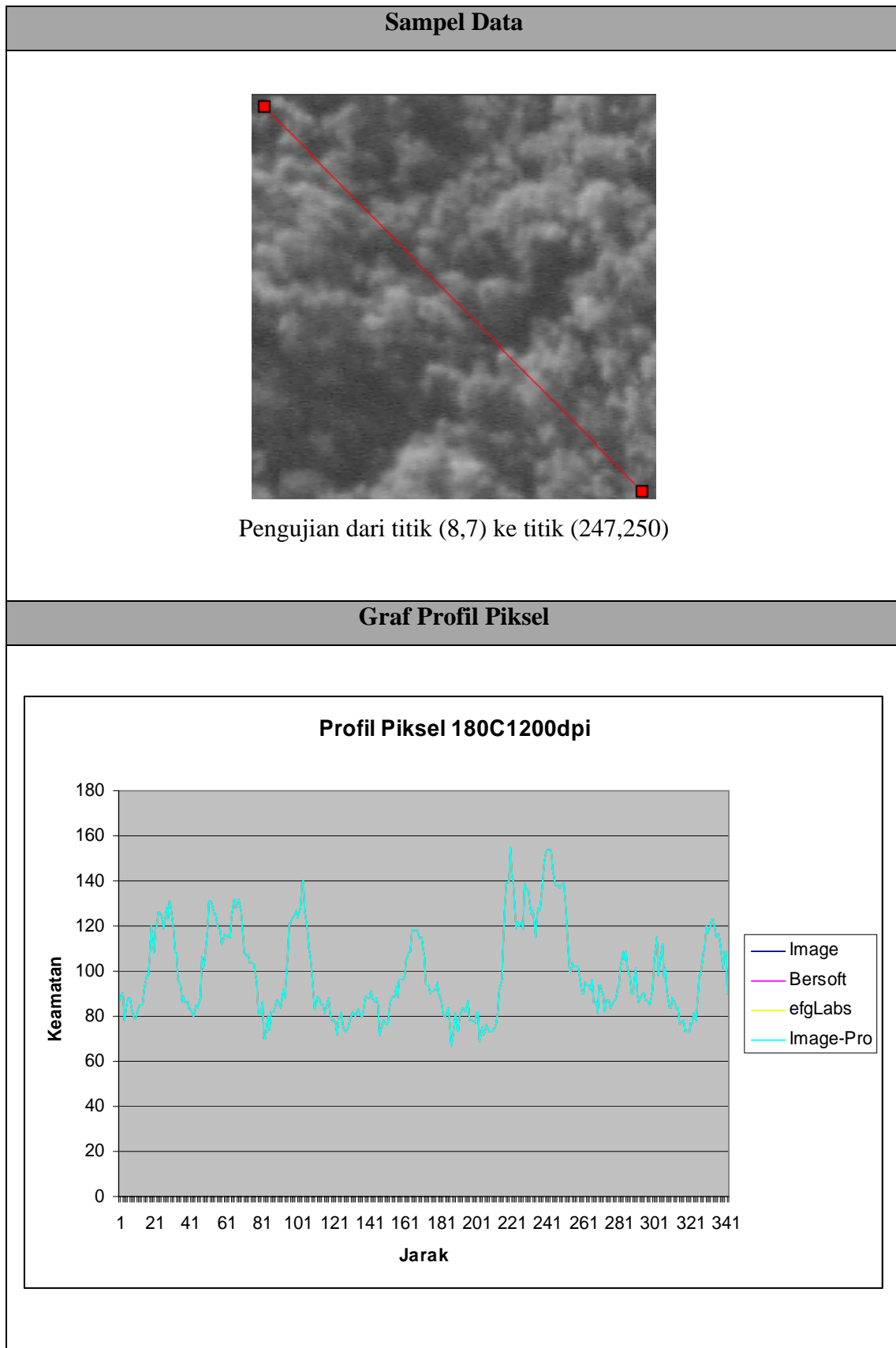
Jadual 6.23: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 180C400dpi



Jadual 6.24: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 180C600dpi



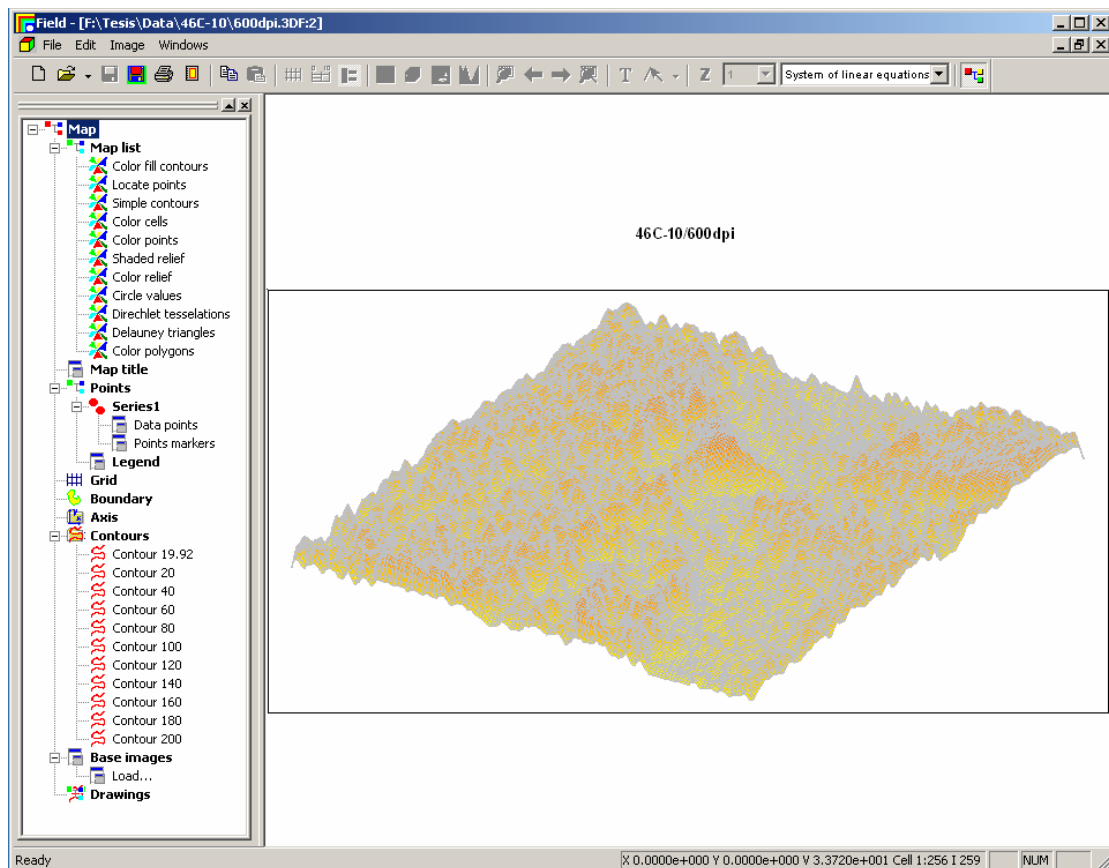
Jadual 6.25: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 180C720dpi



Jadual 6.26: Keputusan ujian profil piksel bagi sampel data 180C1200dpi

## 6.5 Ujikaji Penghasilan Imej 3D

Bagi ujikaji penghasilan semula imej 3D, terdapat dua kaedah yang digunakan untuk plotan semula maklumat tinggi yang telah diestrak iaitu dengan mengubahsuai prototaip sistem pengestrakan maklumat tinggi dan menggunakan perisian *3DField*. Imej-imej 3D yang dihasilkan dibandingkan dengan imej asalnya. Rajah 6.4 menunjukkan antaramuka bagi perisian *3DField*. Imej 3D yang dihasilkan menggunakan perisian *3DField* adalah merupakan imej pandangan 3D dari atas secara menegak dan pandangan 3D pada sudut  $X=15^\circ$ ,  $Y=25^\circ$  dan  $Z=50^\circ$ .

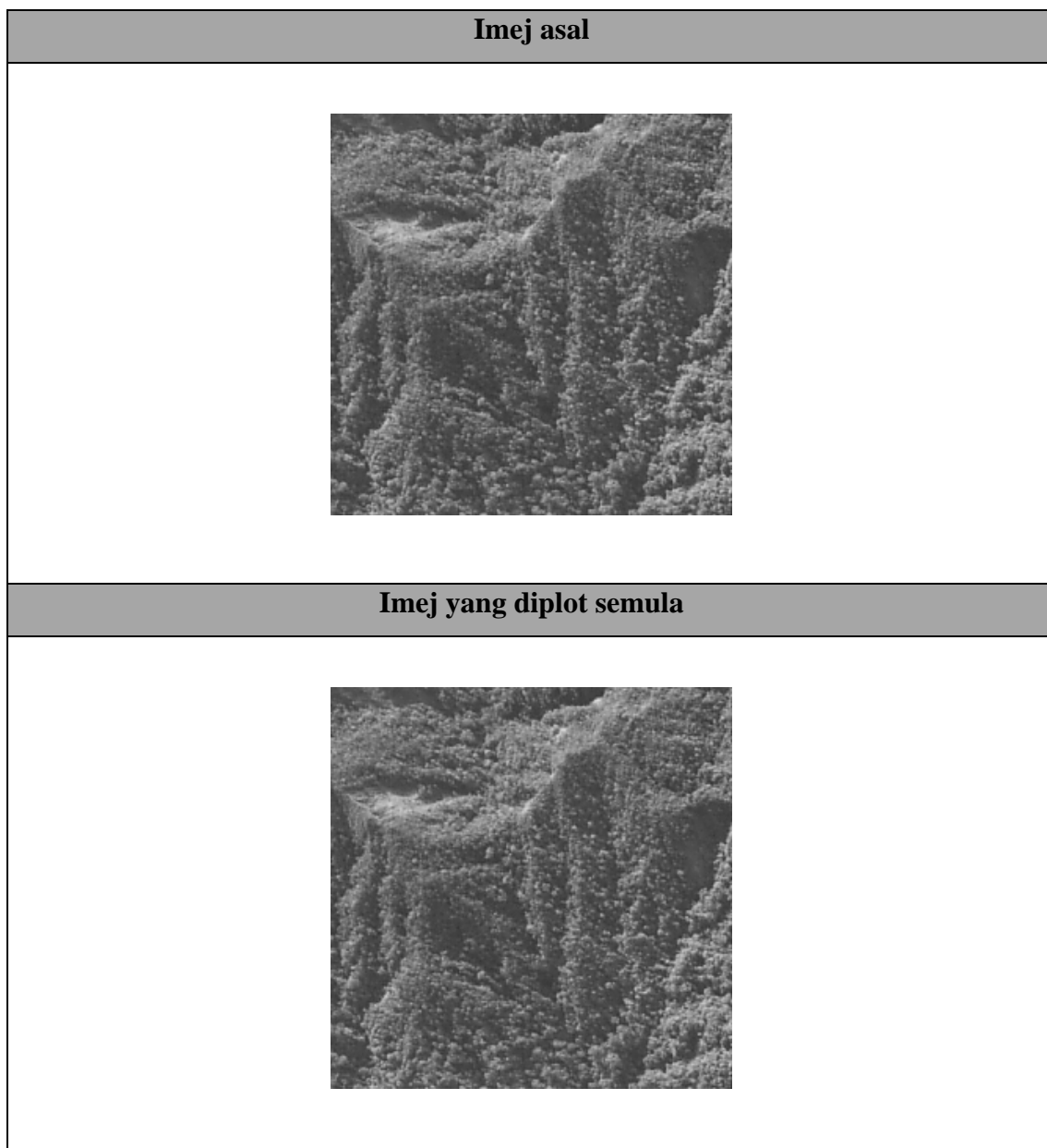


Rajah 6.4: Antaramuka perisian *3DField*

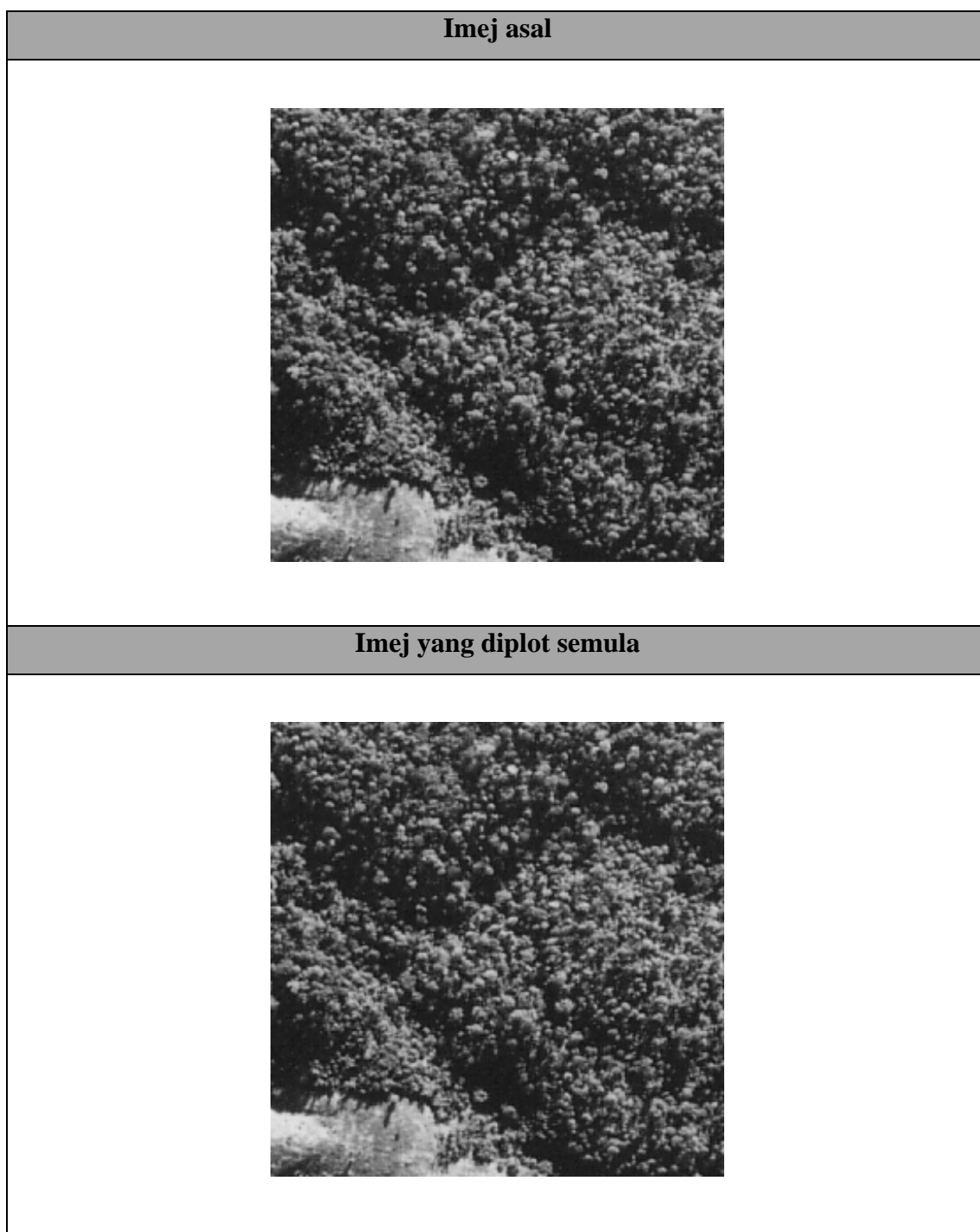


## 6.6 Keputusan Penghasilan Imej 3D

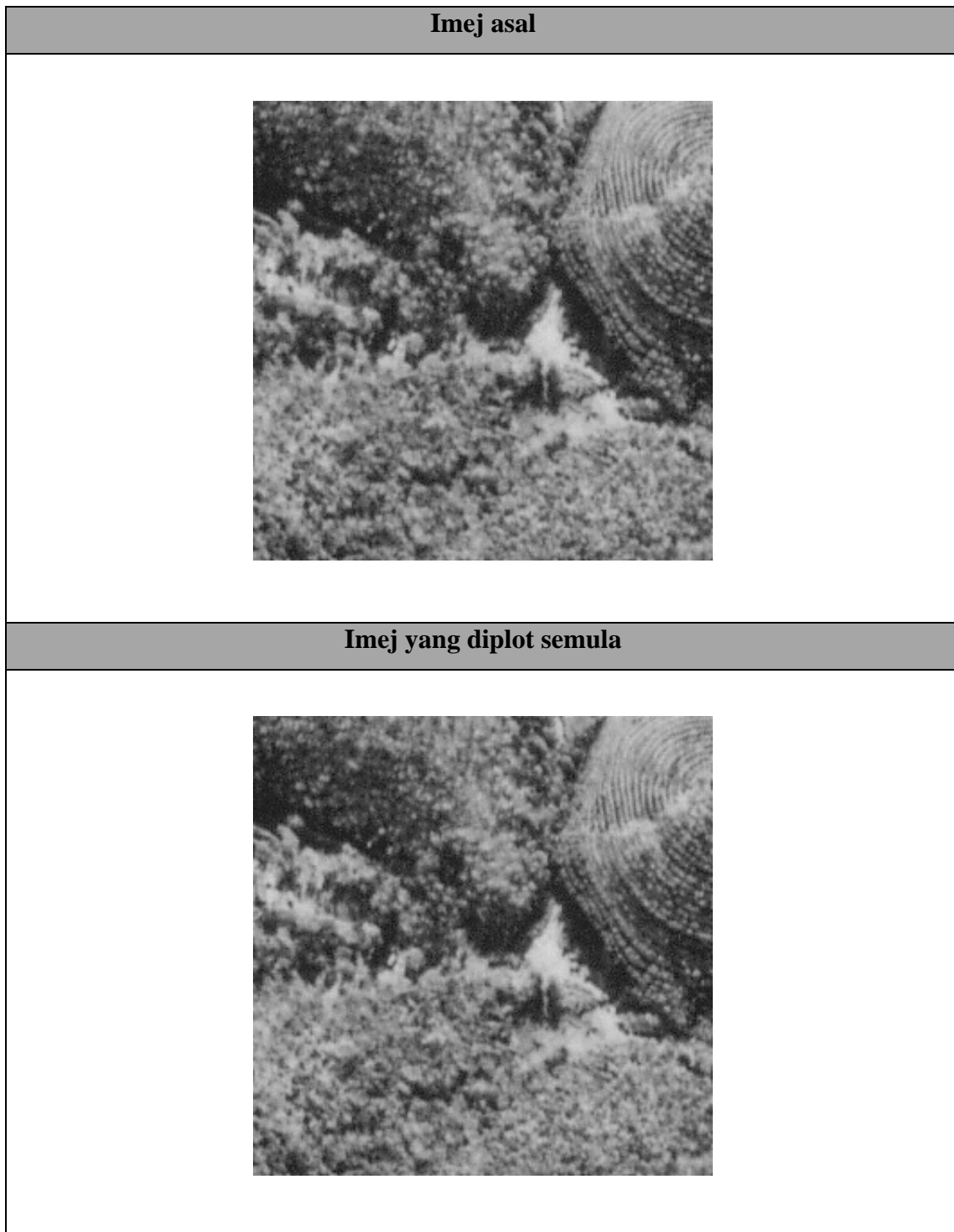
Keputusan ujikaji penghasilan imej 3D dilaporkan dalam jadual-jadual di bawah. Jadual 27 hingga Jadual 31 menunjukkan yang dihasilkan dengan memplotkan semula nilai keamatan bagi setiap piksel, manakala Jadual 32 hingga Jadual 46 merupakan keputusan yang diperolehi bagi penghasilan imej 3D dengan menggunakan perisian *3DField*.



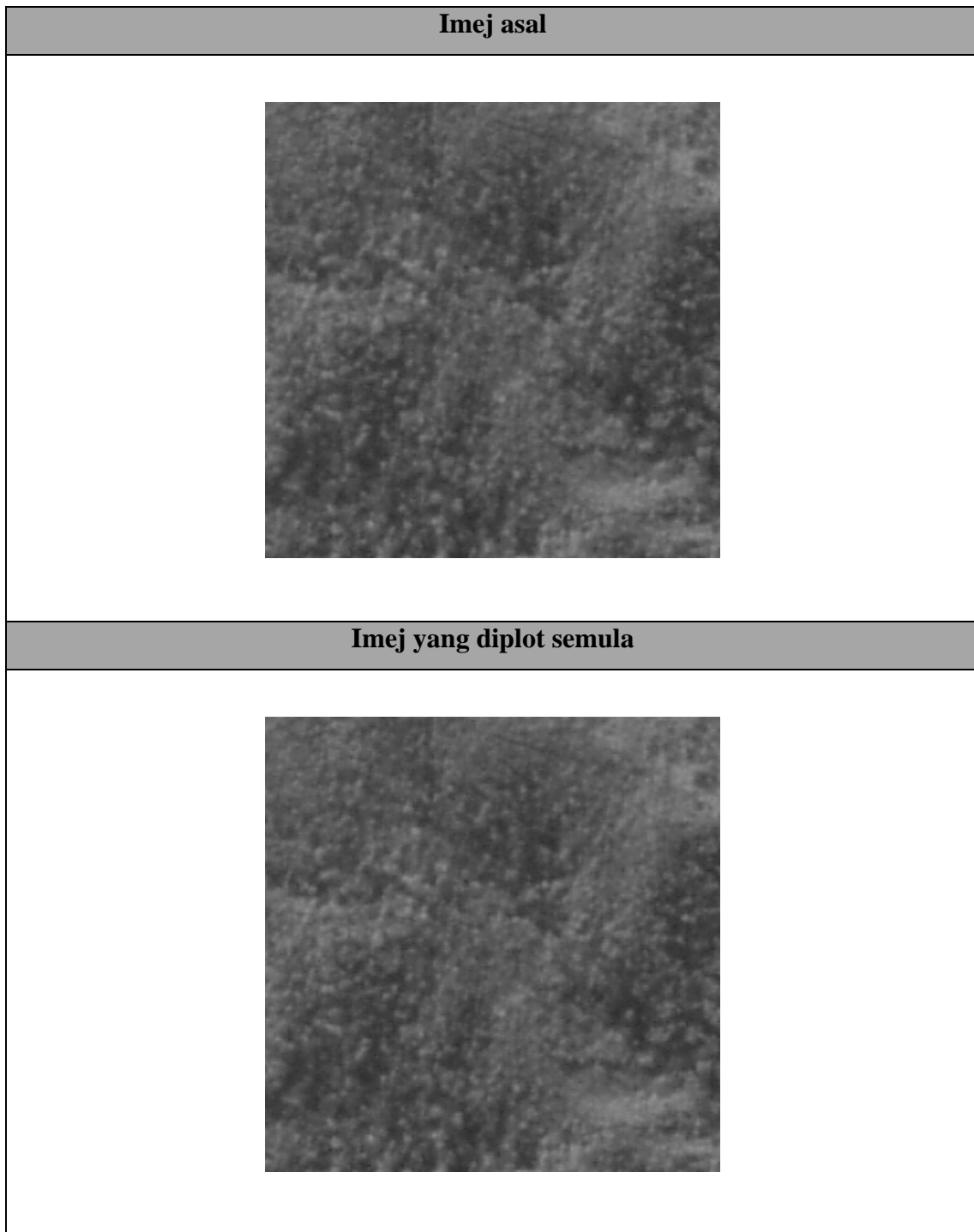
Jadual 6.28: Sampel data 108C200dpi



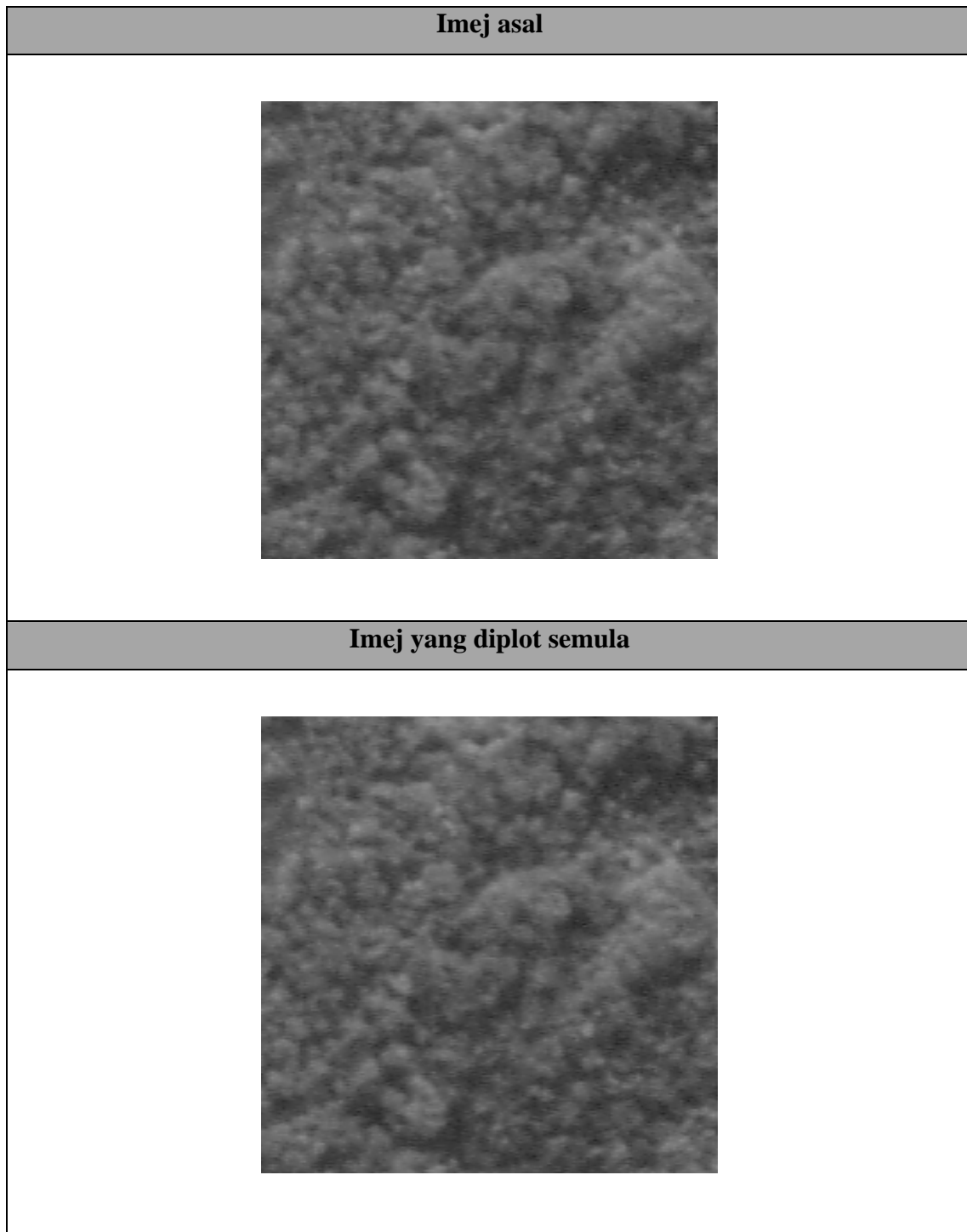
Jadual 6.29: Sampel data 49C400dpi




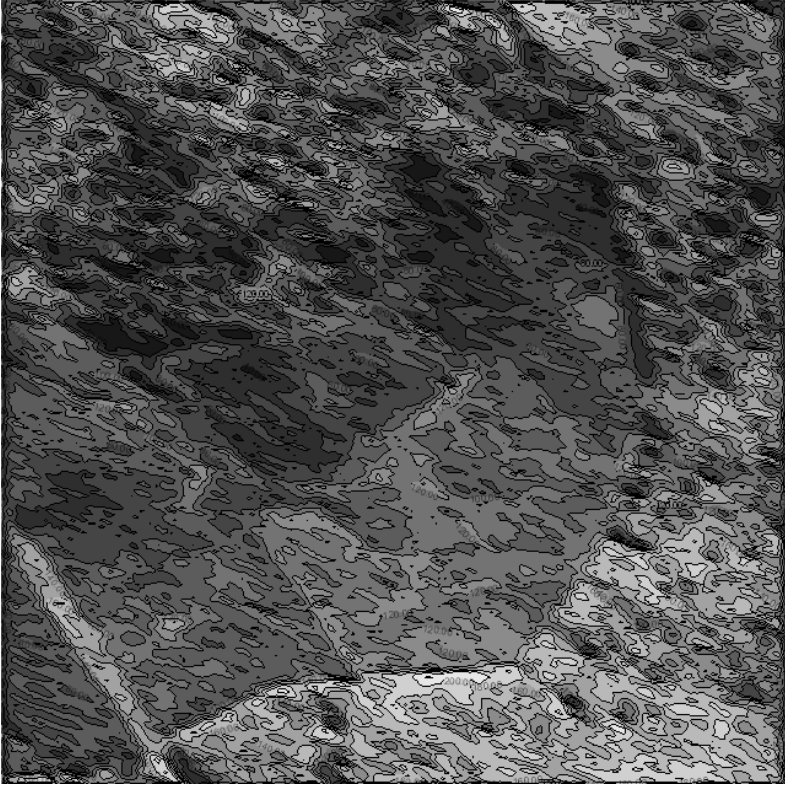
Jadual 6.30: Sampel data 46C600dpi

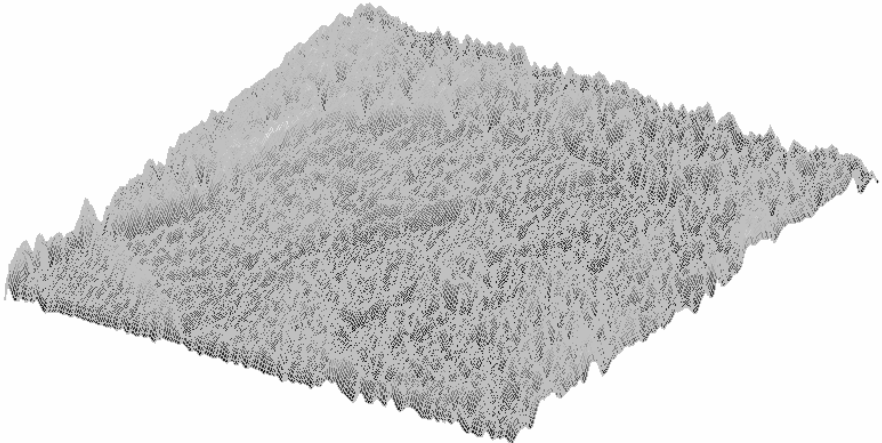



Jadual 6.31: Sampel data 120C720dpi

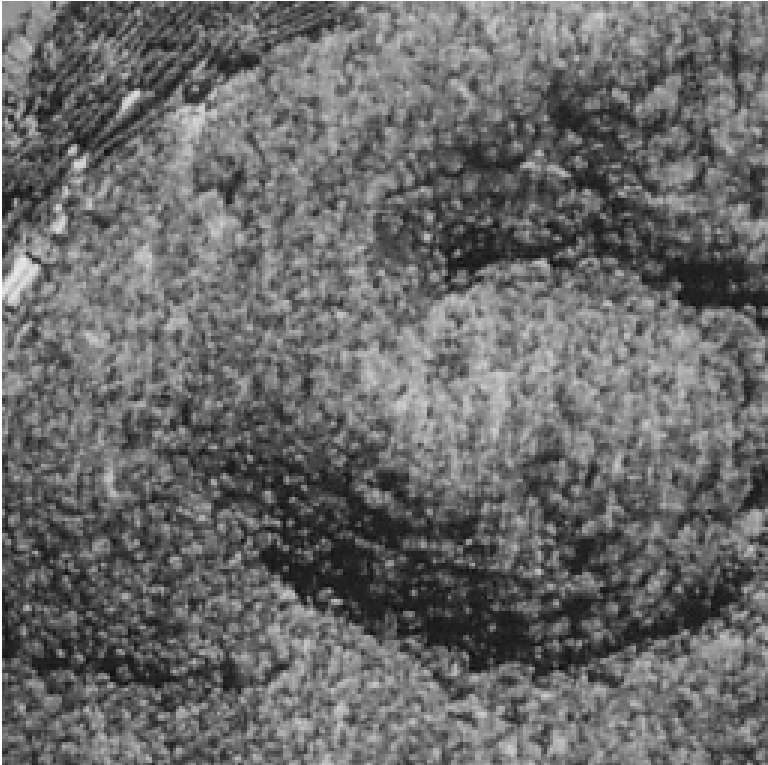
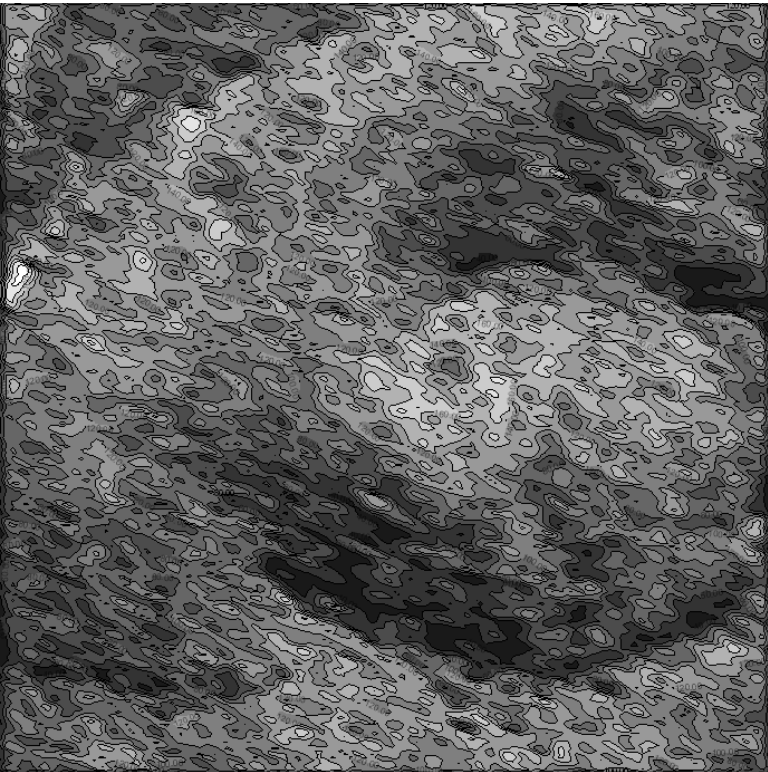


Jadual 6.32: Sampel data 121C1200dpi

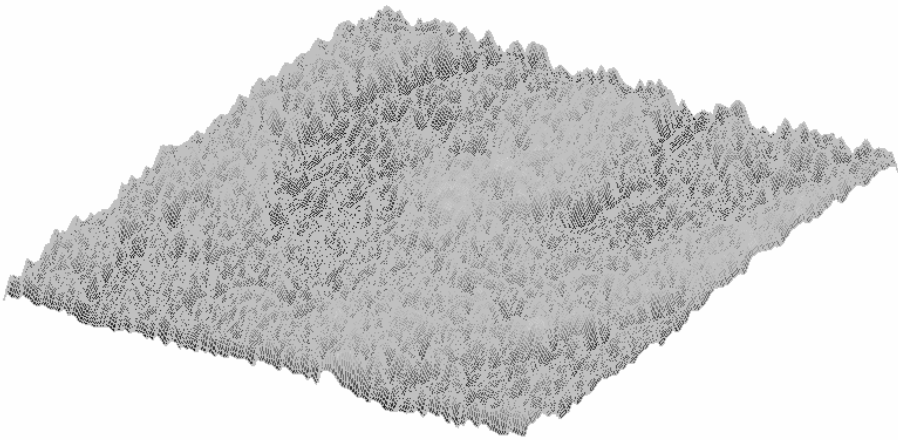

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale aerial photograph showing a dense forested area. A road or path is visible, winding through the trees. The terrain appears to be hilly or uneven.
Kontur	 A contour map of the same area shown in the original image. The map uses grayscale shading to represent elevation, with darker areas indicating higher elevations and lighter areas indicating lower elevations. The road and the general shape of the terrain are clearly visible as lines of varying thickness and shading.

<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	

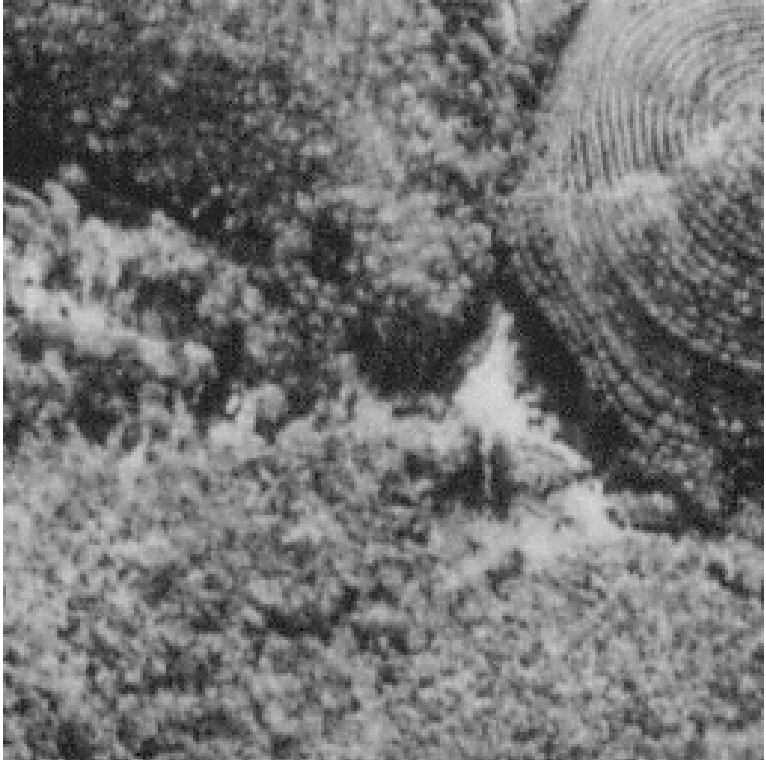
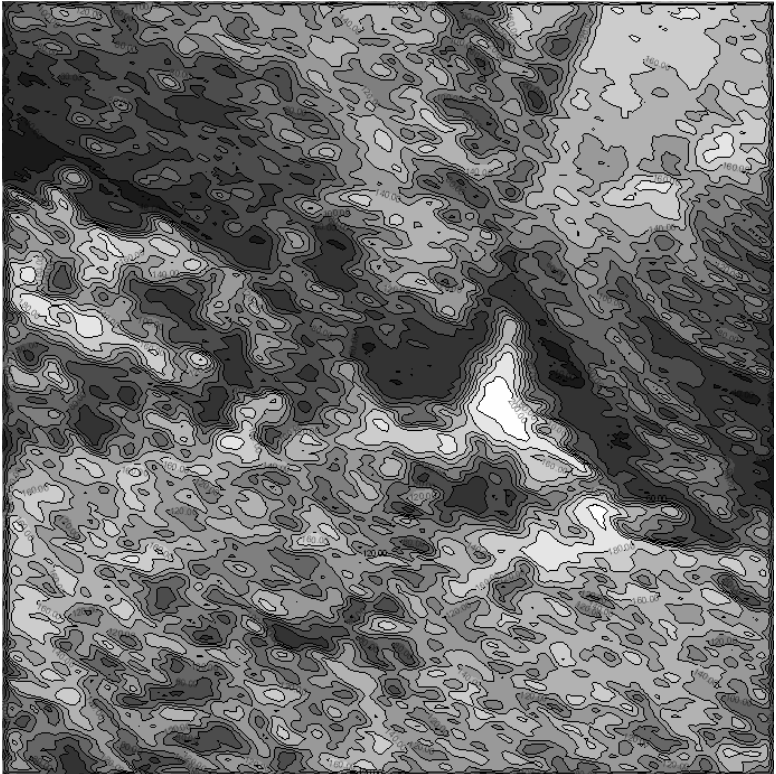
Jadual 6.33: Keputusan ujikaji sampel 38C-10/200dpi

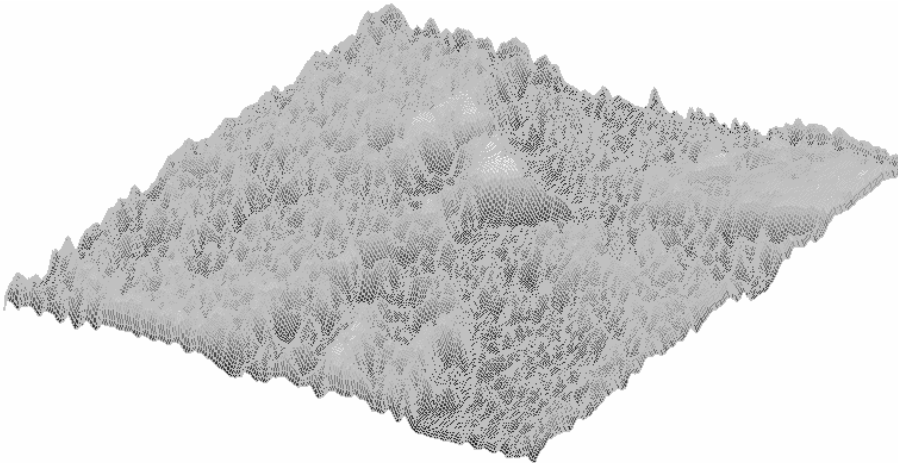
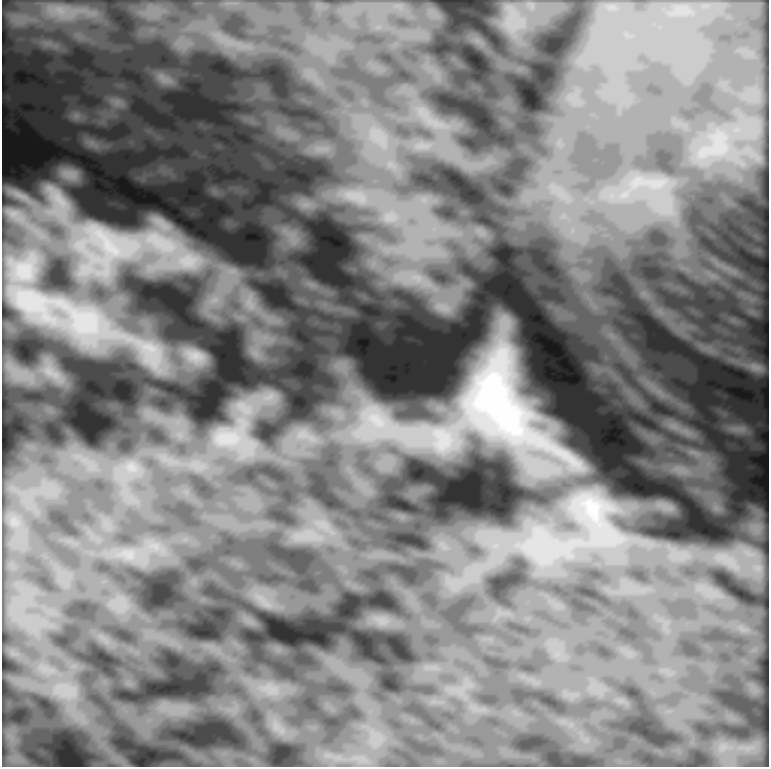
Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured, granular surface. The texture is irregular and dense, with varying shades of gray representing different elevations and depths. The overall appearance is that of a rough, uneven terrain or a pile of small particles.
Kontur	 A contour map derived from the original image. The image is rendered in shades of gray, where the intensity of the gray represents the magnitude of the contour values. The contours are represented by dark, irregular shapes that trace the boundaries of the features in the original image, highlighting the complex, textured nature of the surface.



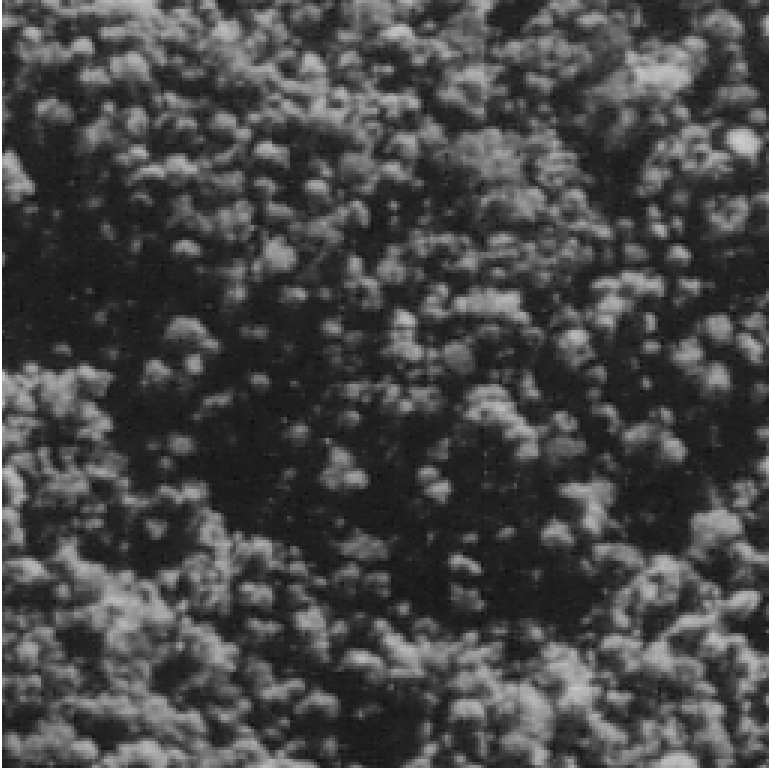
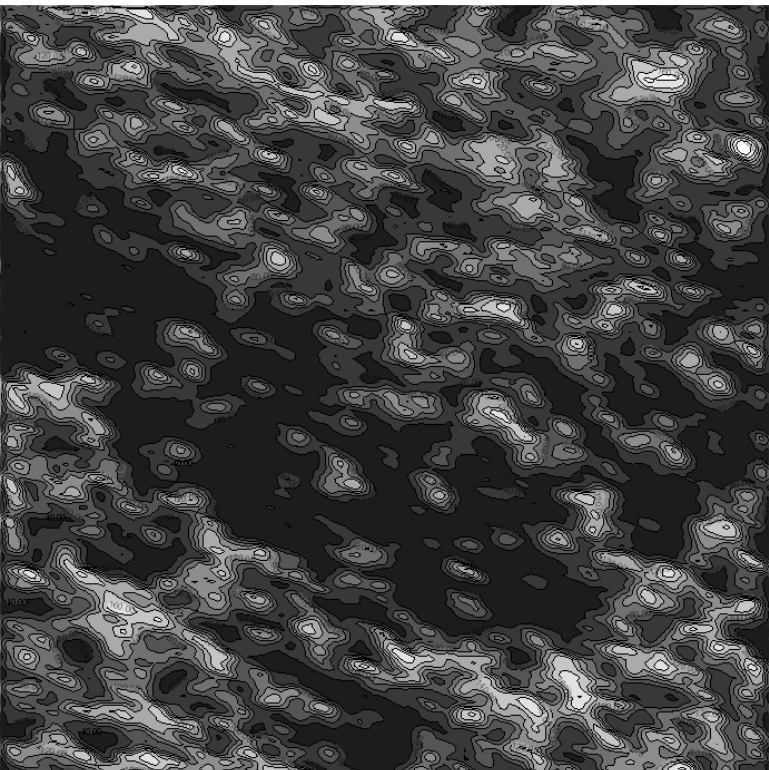
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregularly shaped surface. The surface is rendered in a light gray color with a fine, grid-like texture. The plot is viewed from an angle, showing the top and side of the surface. The background is white.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical view of the 3D surface plot, showing the surface from a side-on perspective. The surface is rendered in a light gray color with a fine, grid-like texture. The plot is viewed from an angle, showing the top and side of the surface. The background is white.

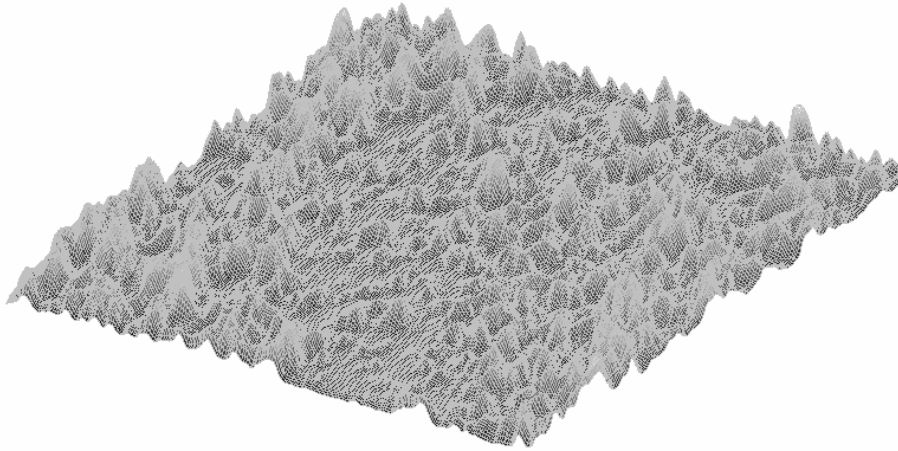
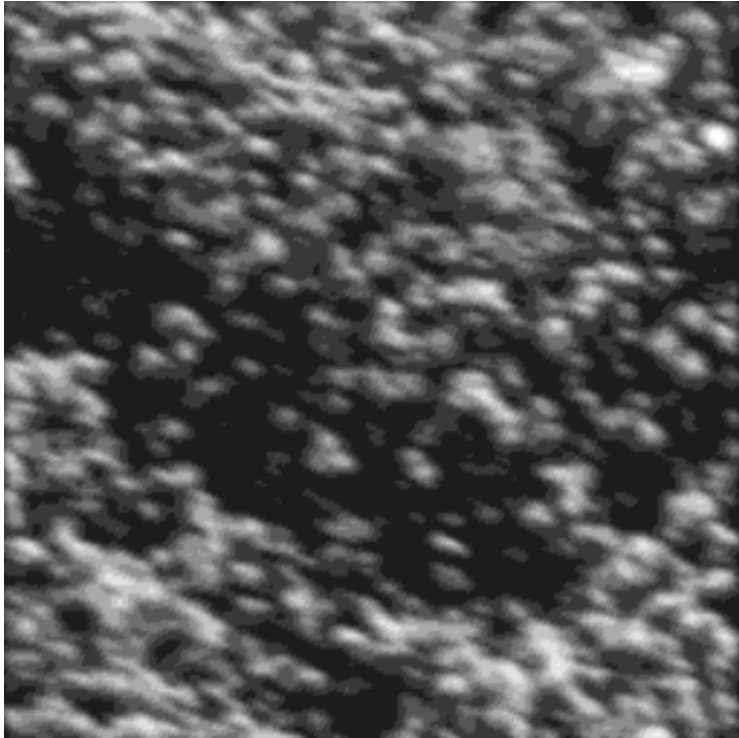
Jadual 6.34: Keputusan ujikaji sampel 45C-10/400dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	
Kontur	

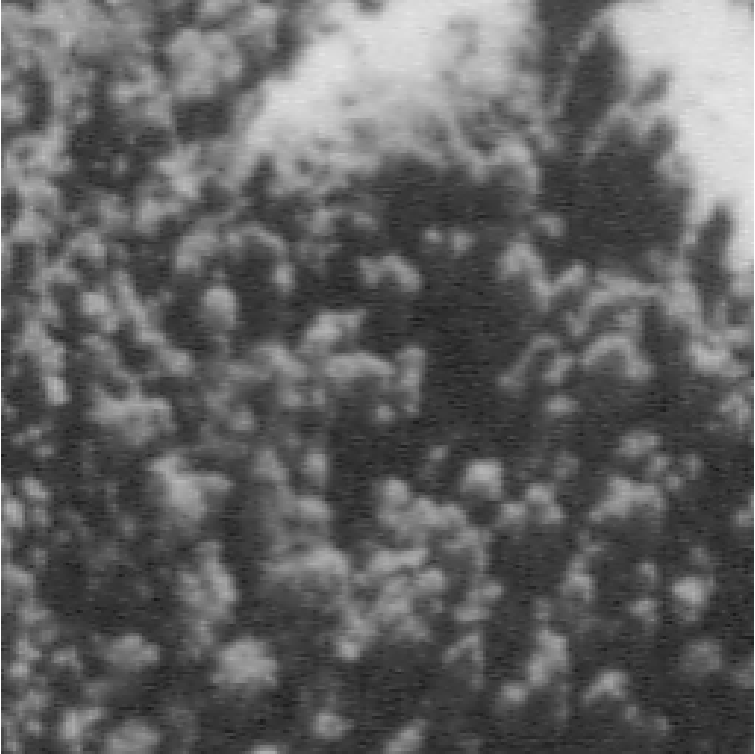
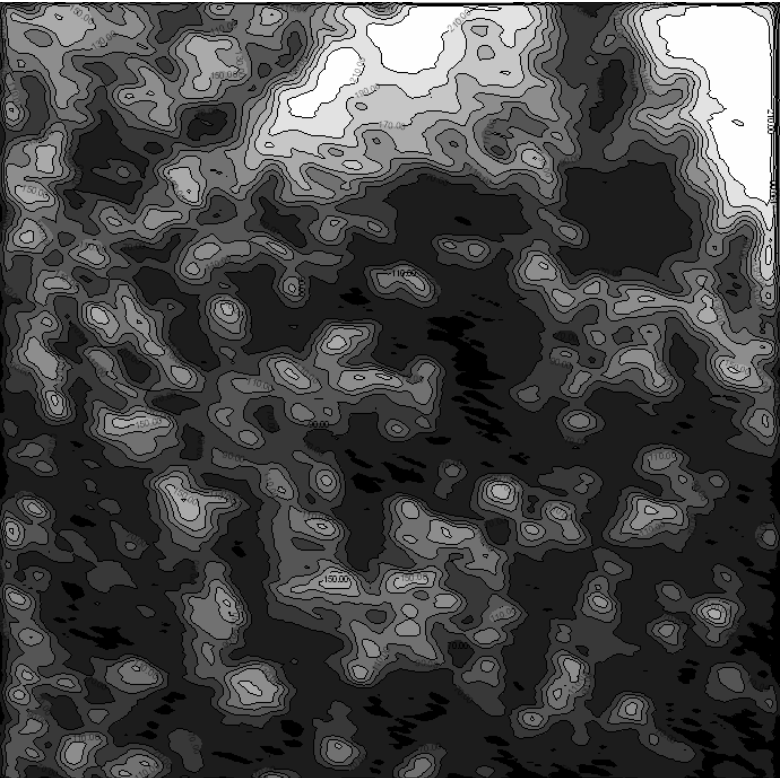
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregular surface. The surface is rendered in a light gray color with a fine grid pattern. The plot is viewed from an angle, showing the top and side of the surface. The surface has a complex, undulating shape with many small peaks and valleys.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical cross-section of the 3D surface plot. The image shows a grayscale, textured surface with a central bright spot. The surface appears to have a rough, irregular texture with many small peaks and valleys. The central bright spot is a prominent feature, possibly representing a peak or a specific point of interest on the surface.

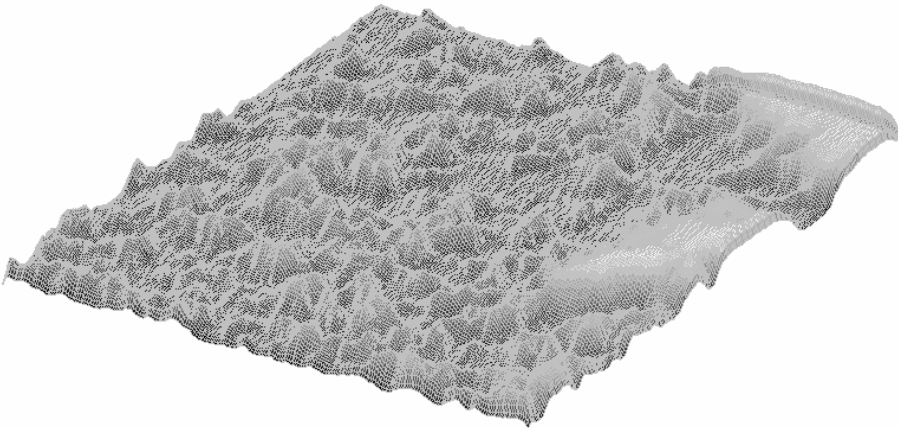
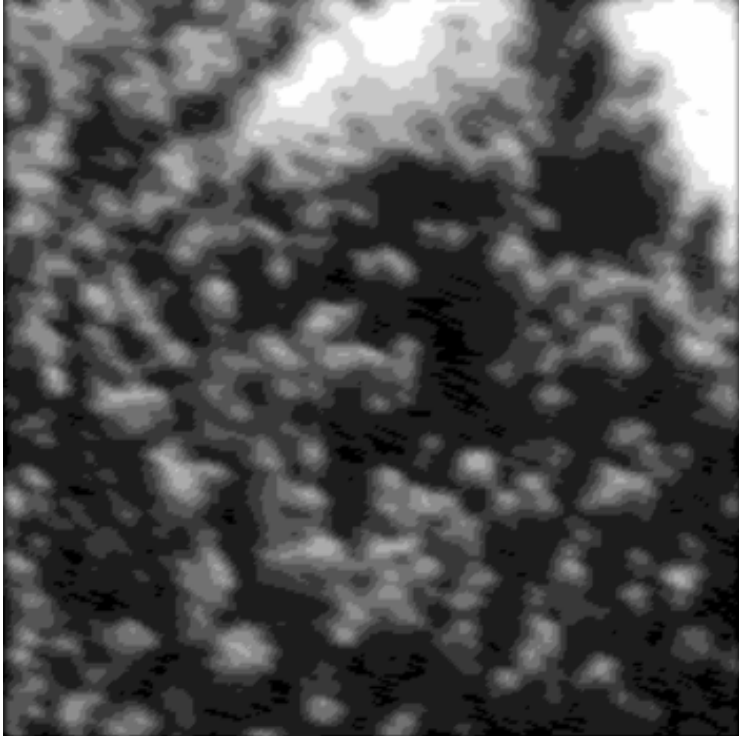
Jadual 6.35: Keputusan ujikaji sampel 46C-10/600dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured, granular surface. The texture consists of numerous small, irregular, light-colored spots and clusters against a darker background, resembling a rough material or a microscopic view of a surface.
Kontur	 A contour map of the original image. The image is rendered in shades of gray, where the intensity of the gray represents the magnitude of the original image's pixels. The contours are highly irregular and complex, following the intricate patterns of the original texture, with many small, interconnected regions of varying intensity.


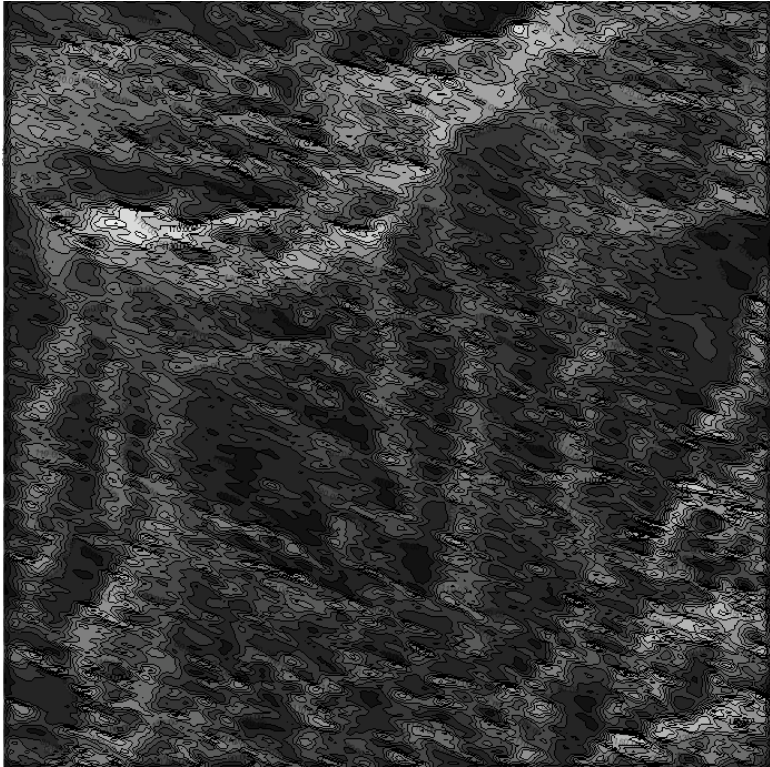
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregular surface. The surface is rendered in a light gray color with a fine grid pattern. The plot is viewed from an angle, showing the top and side of the surface. The surface has a complex, jagged appearance with many small peaks and valleys.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical view of the 3D surface plot, showing the surface from a side-on perspective. The surface is rendered in a dark gray color with a fine grid pattern. The plot shows the texture and irregular shape of the surface, with many small peaks and valleys. The view is from a low angle, looking up at the surface.

Jadual 6.36: Keputusan ujikaji sampel 49C-10/720dpi

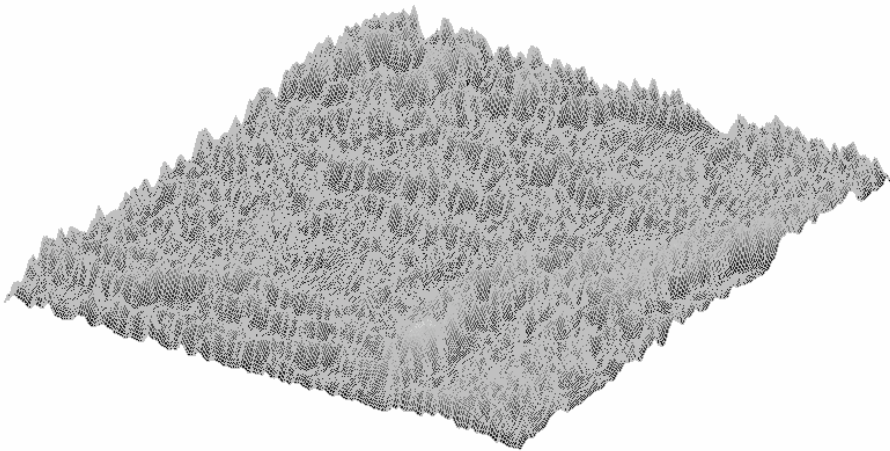
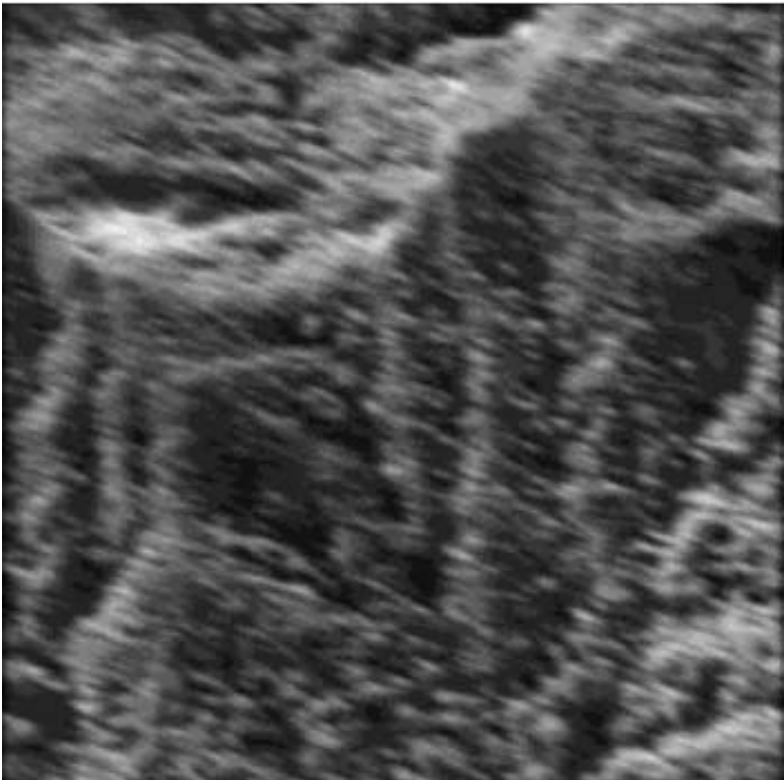
Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured, granular surface. The texture consists of numerous small, irregular, light-colored spots and patches scattered across a darker background, resembling a rough material or a microscopic view of a surface.
Kontur	 A contour map derived from the original image. The image is rendered in shades of gray, with white and light gray lines representing the boundaries and features of the original texture. The contours are irregular and complex, capturing the intricate details of the surface texture.

<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregular surface. The surface is rendered in a light gray color with a fine grid pattern. The plot is viewed from a perspective where the X-axis is at 15 degrees, the Y-axis is at 25 degrees, and the Z-axis is at 50 degrees. The surface appears to have a complex, porous structure with many small peaks and valleys.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical view of the 3D surface plot. The image is a grayscale, high-contrast representation of the surface, showing a dense, irregular pattern of light and dark areas. The view is from a perspective where the X-axis is at 15 degrees, the Y-axis is at 25 degrees, and the Z-axis is at 50 degrees. The surface appears to have a complex, porous structure with many small peaks and valleys.

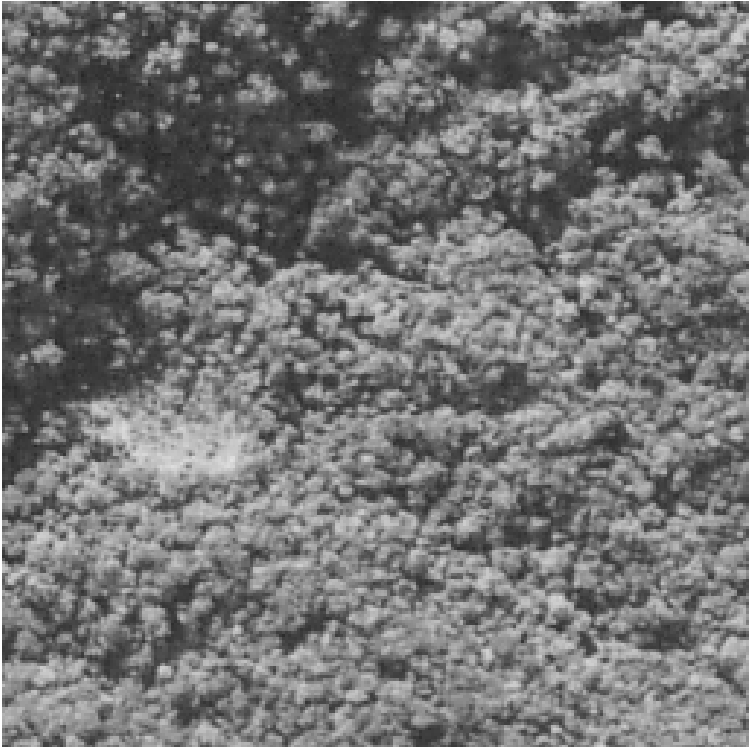
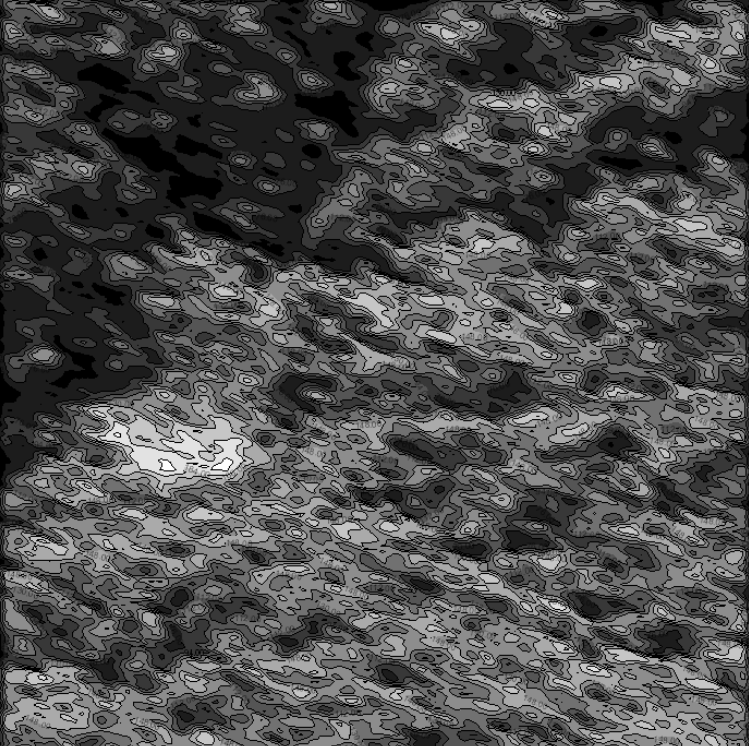
Jadual 6.37: Keputusan ujikaji sampel 50C-10/1200dpi

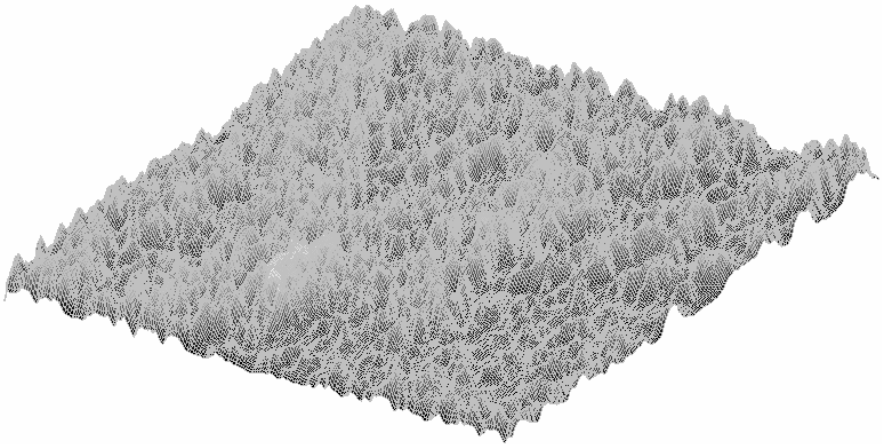
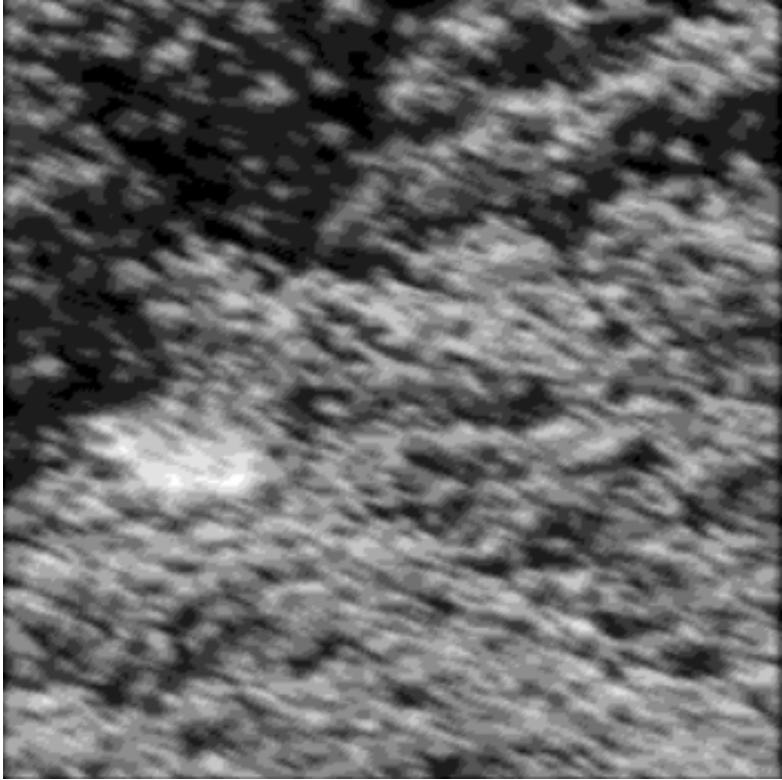
Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale photograph of a dense forest covering a hillside. The terrain is uneven, with various shades of gray representing the texture of the trees and the slope of the land.
Kontur	 A grayscale contour map of the same forested hillside. The image is composed of numerous small, irregular shapes and lines, representing the topographic contours of the terrain. The contours are more pronounced in the darker areas, indicating steeper slopes, and less pronounced in the lighter areas, indicating flatter ground.




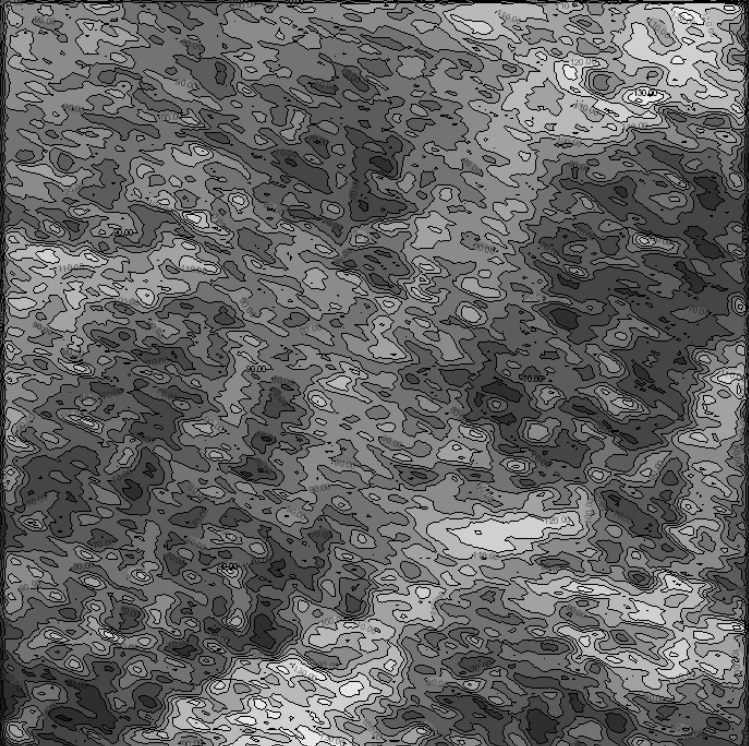
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregularly shaped surface. The surface is rendered in a grayscale, wireframe-like style, highlighting its complex, undulating topography. The plot is viewed from an angle where the X-axis is 15 degrees, the Y-axis is 25 degrees, and the Z-axis is 50 degrees.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical perspective view of the 3D surface plot. The image is rendered in grayscale and shows a highly textured, almost abstract surface with many small, irregular features. The perspective is from a high angle, looking down at the surface, which appears to have a complex, porous, or crystalline structure.

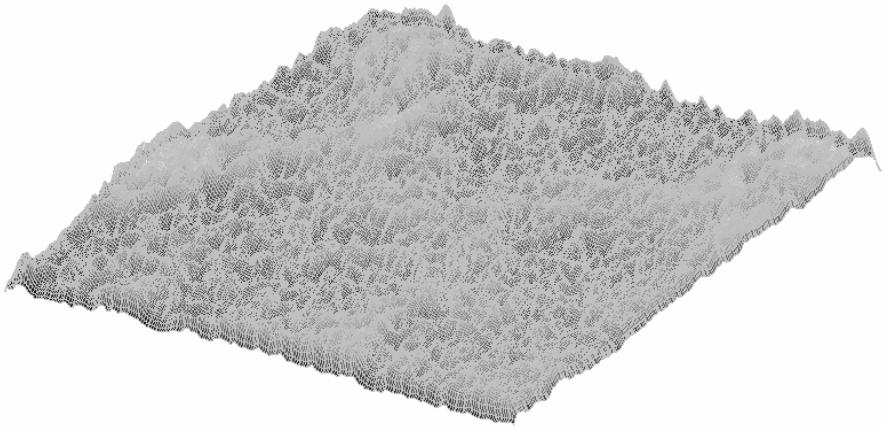
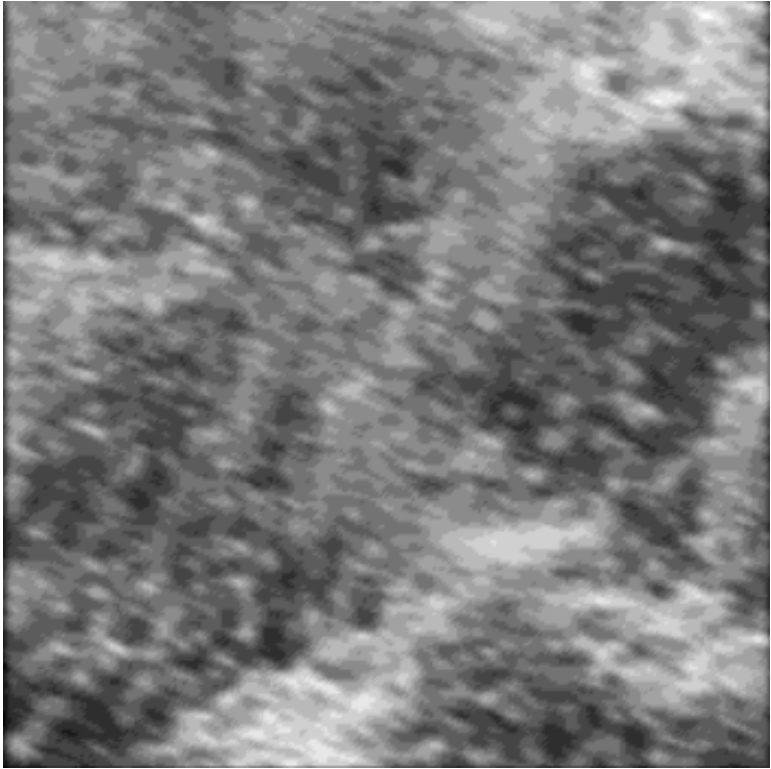
Jadual 6.38: Keputusan ujikaji sampel 108C-71/200dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a dense, textured surface, possibly a forest canopy or a rough material. The texture is composed of many small, irregular shapes and shades of gray, creating a complex, organic pattern.
Kontur	 A grayscale image showing the contour of the original image. The image is composed of many small, irregular shapes and shades of gray, creating a complex, organic pattern. The contours are represented by thin, dark lines that trace the boundaries of the features in the original image, highlighting the texture and structure.

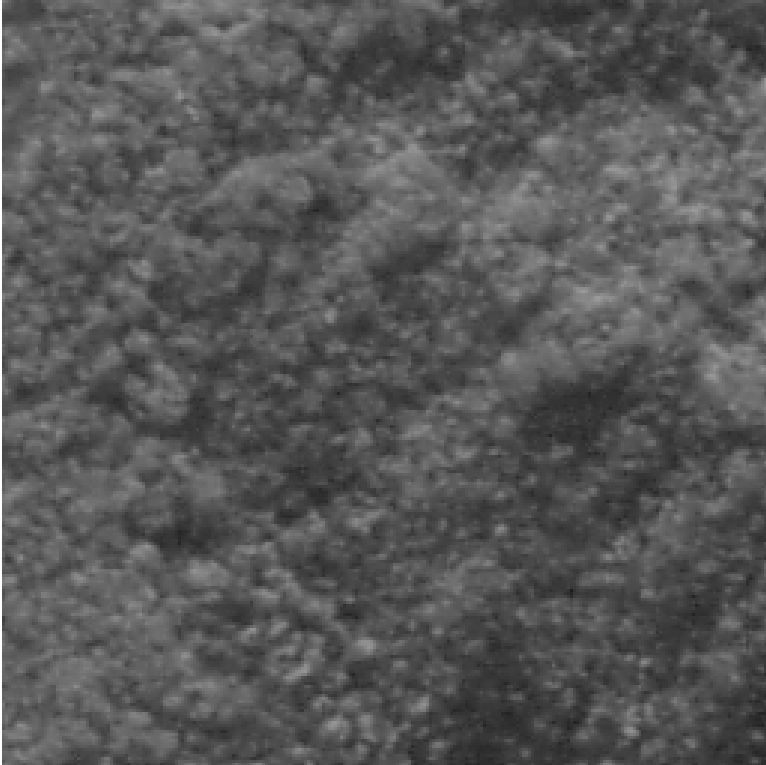
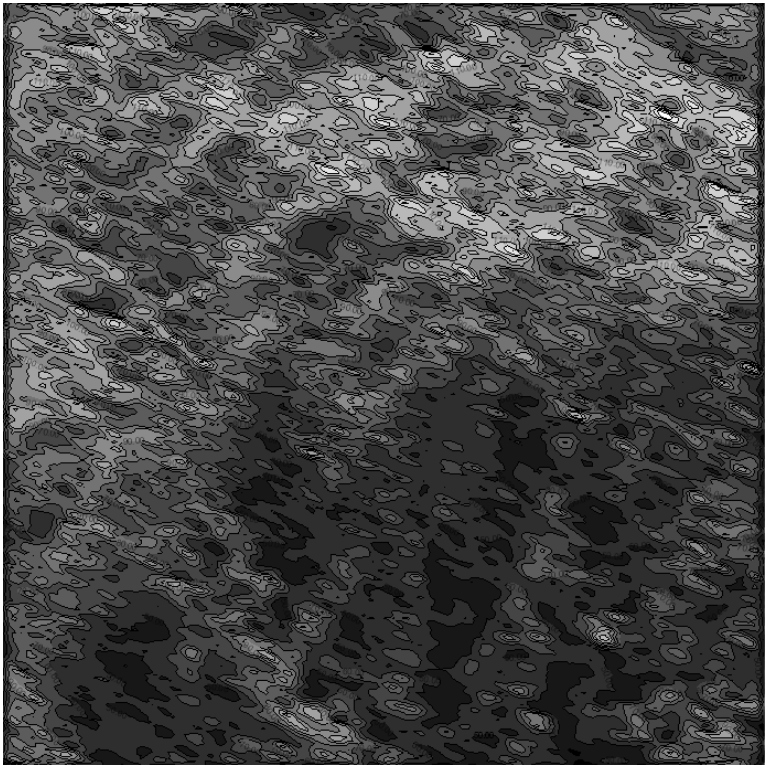
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	

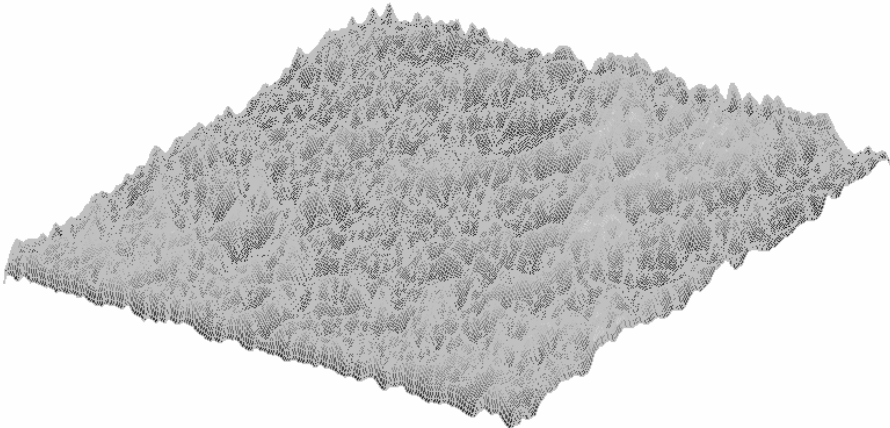
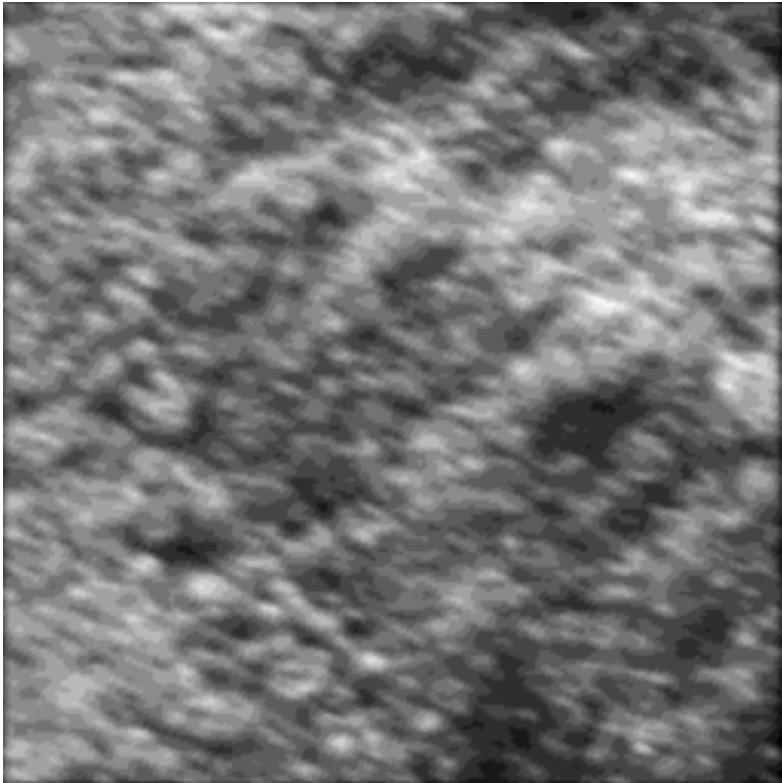
Jadual 6.39: Keputusan ujikaji sampel 111C-71/400dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured, grainy surface. The texture is irregular and dense, with varying shades of gray representing different elevations or material properties. The overall appearance is that of a rough, uneven terrain or a close-up of a coarse material.
Kontur	 A contour map derived from the original image. The image is rendered in shades of gray, where the intensity of the gray represents the magnitude of the original image's pixel values. The contours are represented by lines of varying thickness and gray scale, highlighting the edges and features of the original image. The overall appearance is that of a complex, multi-toned pattern with many small, irregular shapes.

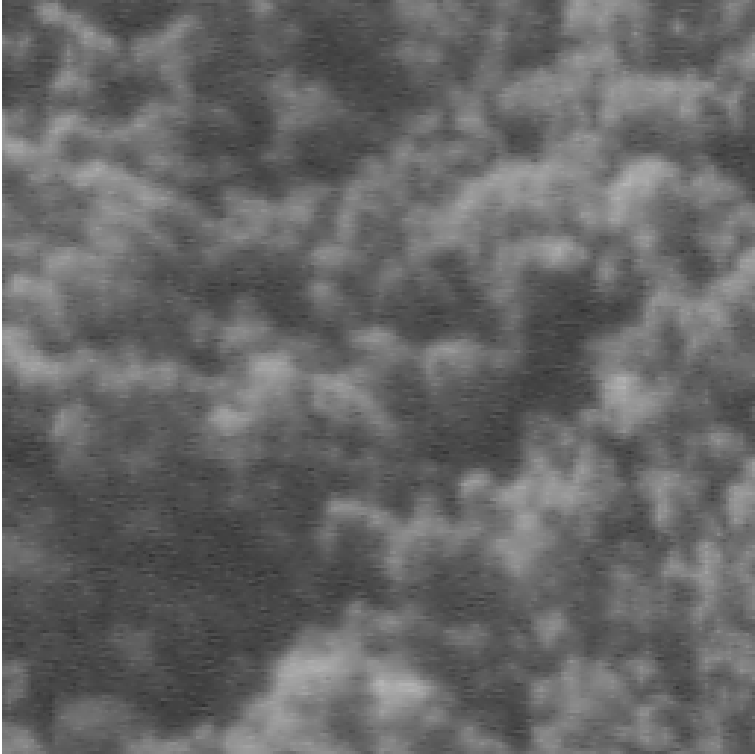
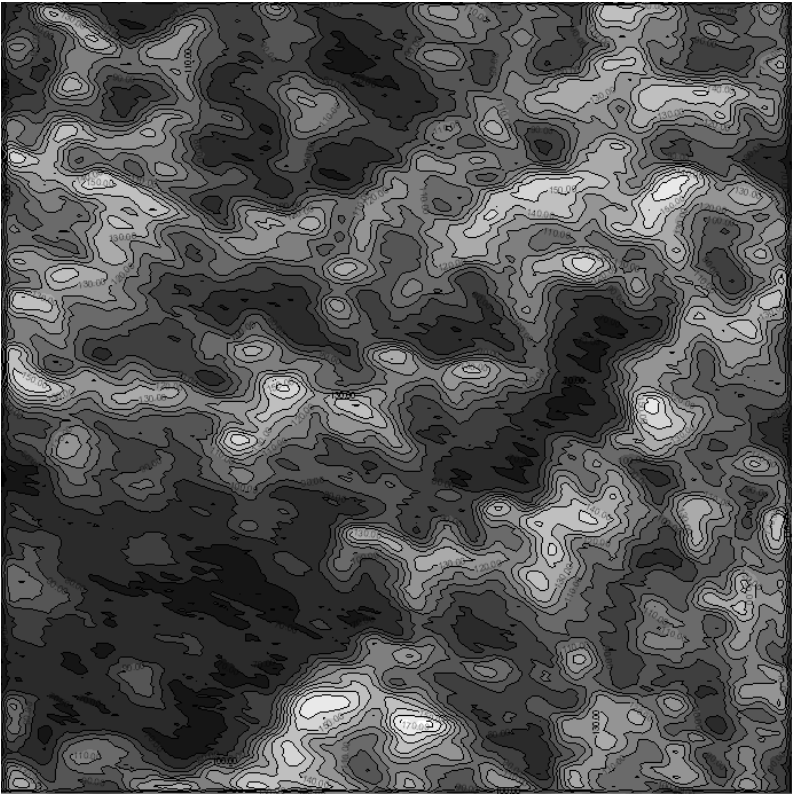
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregularly shaped surface. The surface is rendered in a light gray color with a fine grid pattern. The plot is viewed from a perspective where the X-axis is 15 degrees, the Y-axis is 25 degrees, and the Z-axis is 50 degrees. The surface has a central peak and slopes down towards the edges.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical projection of the 3D surface plot. The image is a grayscale, textured surface with a fine grid pattern, showing the vertical profile of the surface. The texture is more pronounced and darker in some areas, indicating the depth of the surface features.

Jadual 6.40: Keputusan ujikaji sampel 120C-71/600dpi

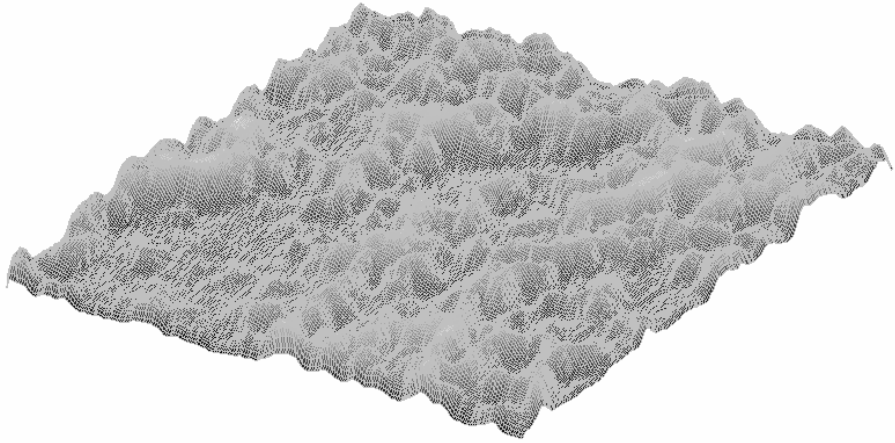
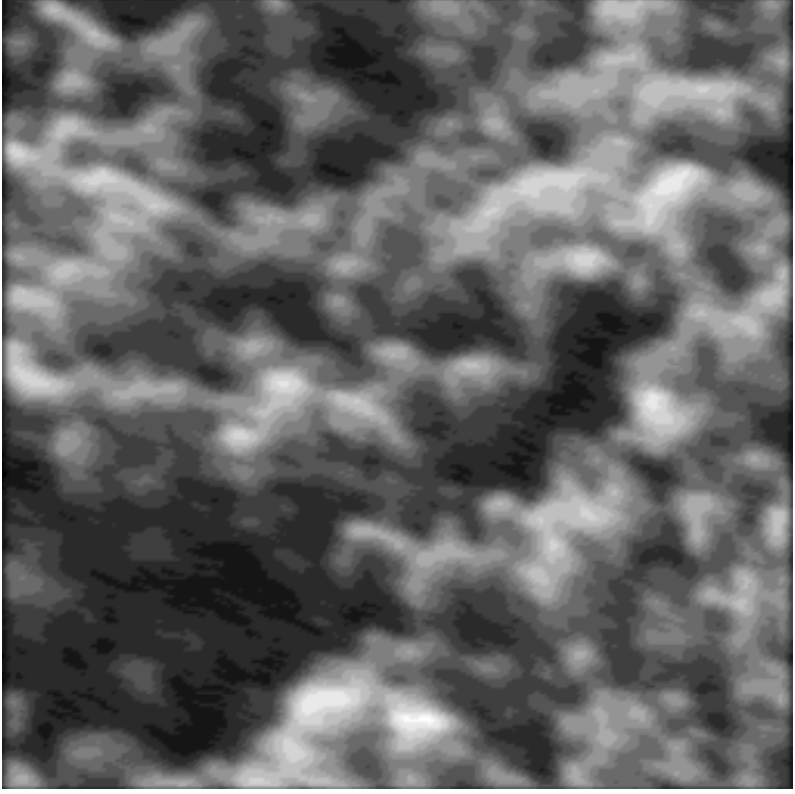
Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured surface, possibly a rock or concrete. The texture is composed of many small, irregular shapes and patterns, creating a complex, noisy appearance. The overall tone is dark with some lighter patches.
Kontur	 A contour image of the original image. The image is rendered in grayscale, showing the edges and boundaries of the original texture. The contours are represented by thin, dark lines that trace the irregular shapes and patterns of the original image. The background is a uniform dark gray, making the edges stand out.

<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregularly shaped surface. The surface is rendered in a light gray color with a fine grid pattern. The plot is viewed from an angle, showing the top and side of the surface. The surface has a complex, undulating topography with many small peaks and valleys.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical perspective view of the 3D surface plot. The image is a grayscale, high-resolution rendering of the surface texture. It shows a dense, irregular pattern of light and dark gray pixels, representing the surface's topography. The view is from a high angle, looking down at the surface, which appears as a complex, textured plane.



Jadual 6.41: Keputusan ujikaji sampel 122C-71/720dpi

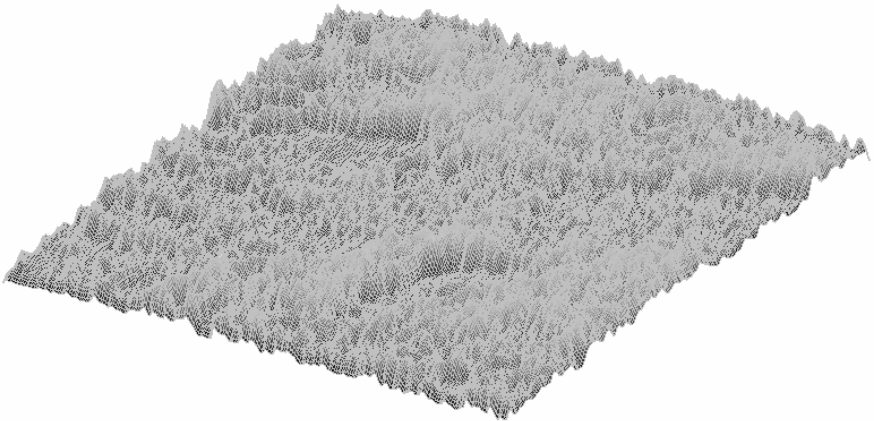
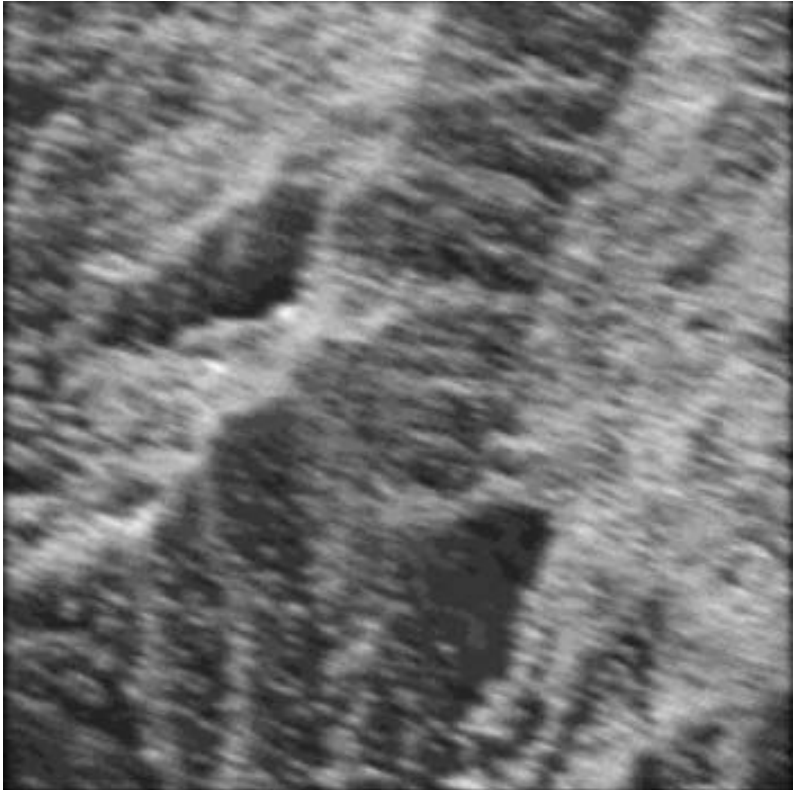
Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured and noisy pattern. The image consists of irregular, dark and light gray shapes that form a complex, organic-looking structure. The overall appearance is that of a heavily degraded or noisy original image.
Kontur	 A contour map of the original image. The image is rendered in shades of gray, with the most prominent features highlighted in white and light gray. The contours represent the boundaries and edges of the original image's features, showing a complex, interconnected network of lines that define the shape and structure of the original image.



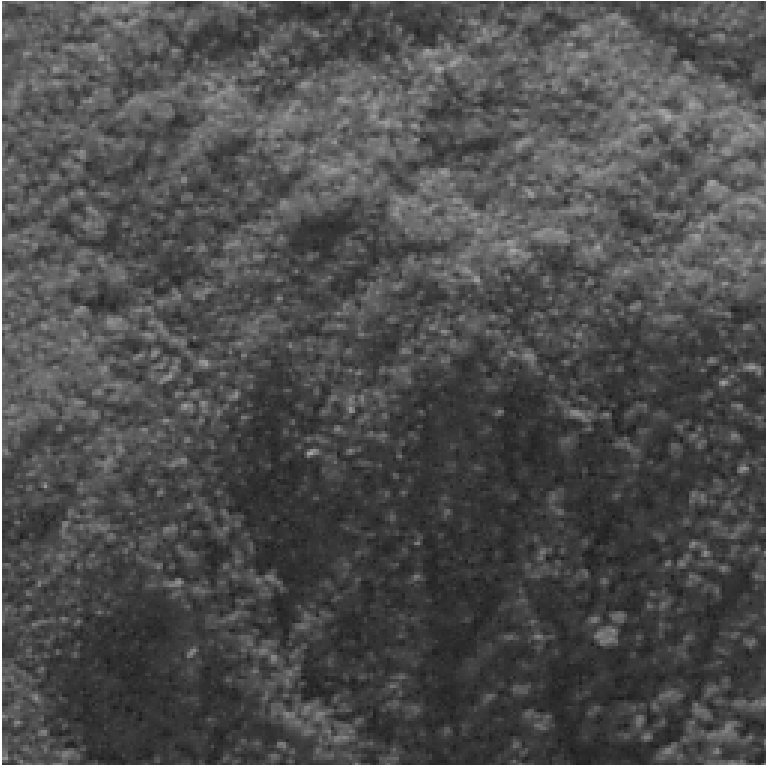
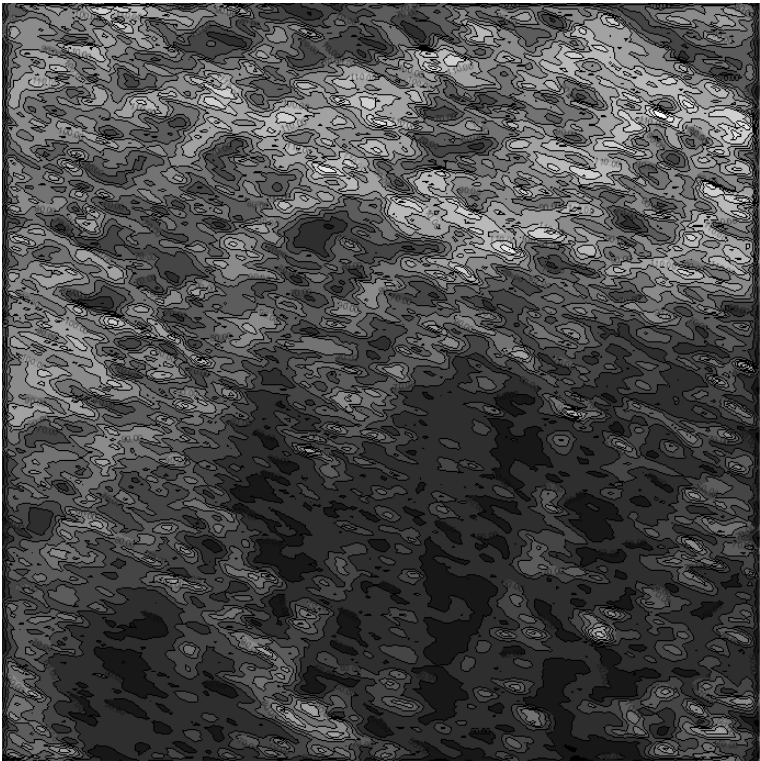
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D wireframe mesh representation of a mountain range, showing the topography and elevation of the terrain. The mesh is composed of a grid of points connected by lines, forming a complex, irregular shape that resembles a mountain range.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical grayscale projection of the 3D mesh, showing the terrain's profile from a side view. The image is a grayscale representation of the terrain's elevation, with darker areas representing lower elevations and lighter areas representing higher elevations. The projection is a vertical slice through the 3D mesh, showing the topography of the mountain range.

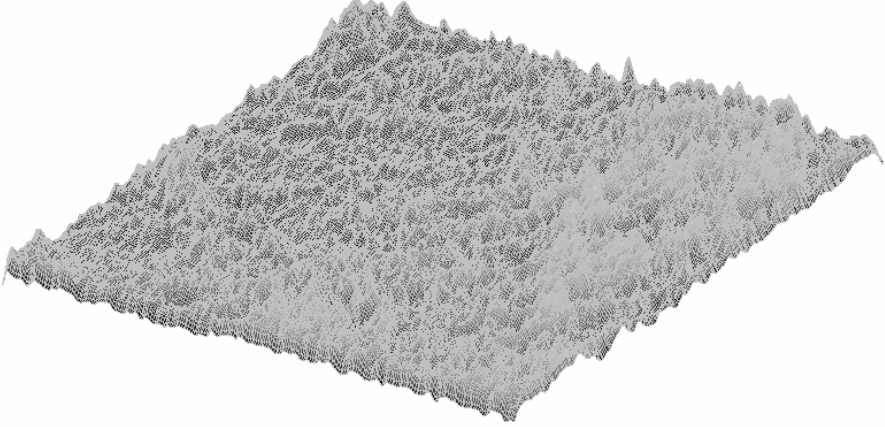
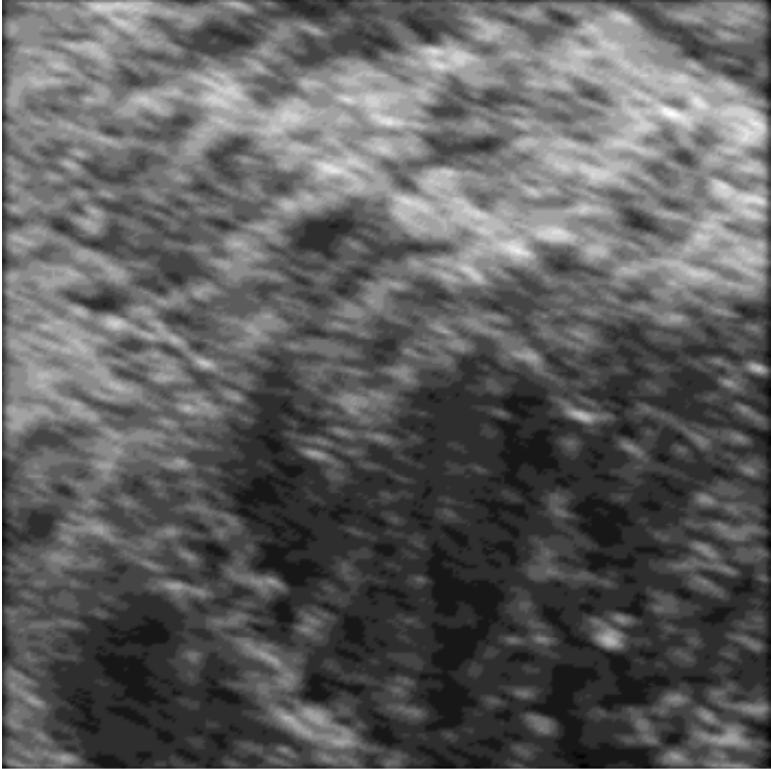
Jadual 6.42: Keputusan ujikaji sampel 180C-71/1200dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale photograph of a dense forest covering a hillside. The trees are closely packed, and the overall texture is very busy and detailed. The lighting is somewhat uneven, with darker areas in the shadows and lighter areas where the sun hits.
Kontur	 A grayscale contour map of the same forested hillside. The image is composed of numerous thin, dark lines that trace the edges of the terrain's features, such as ridges, valleys, and individual trees. The background is a light gray, and the lines vary in thickness and density to represent different levels of detail and slope.

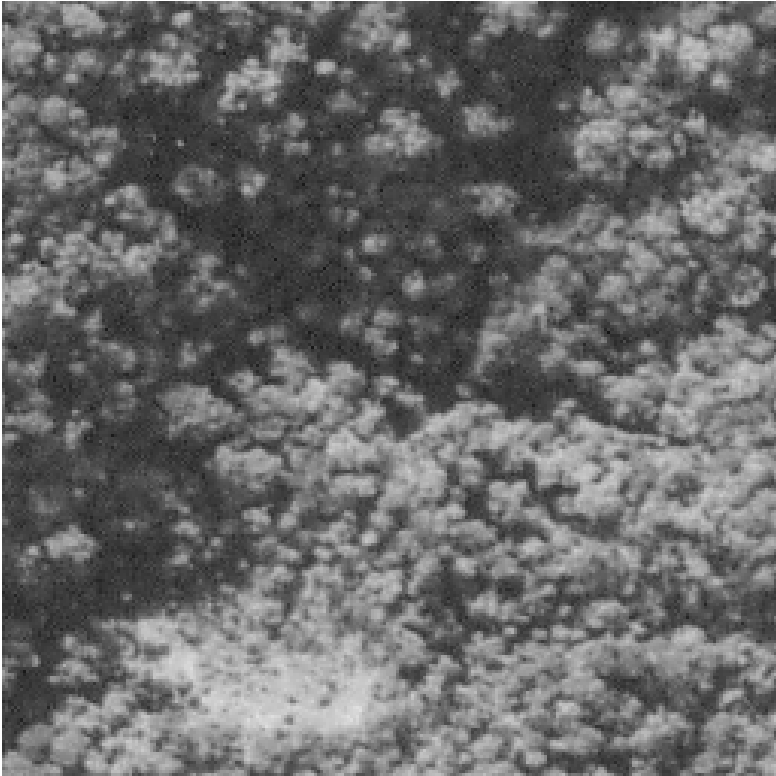
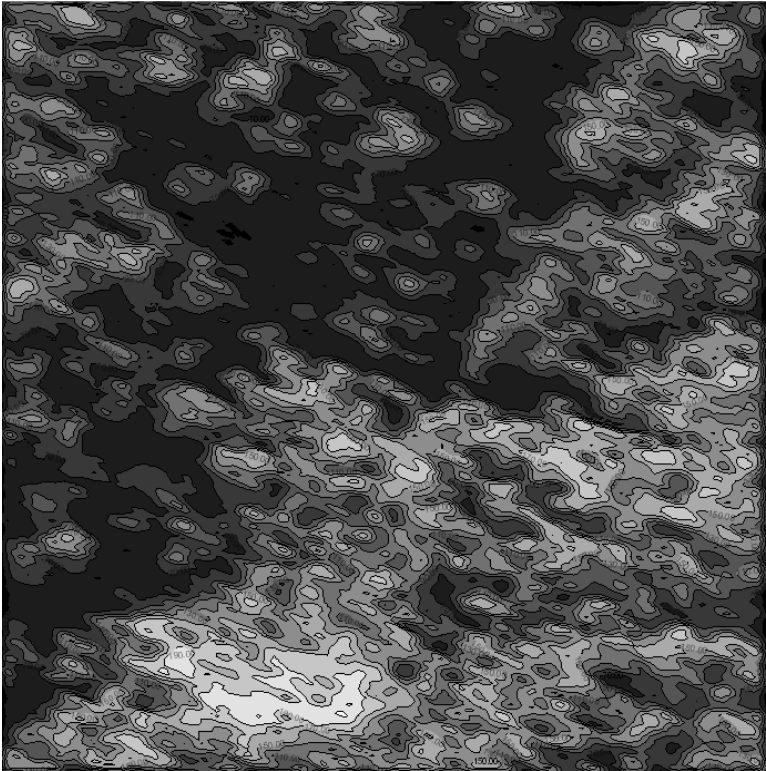
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a terrain with a central peak and surrounding slopes. The plot is rendered in grayscale and shows a dense grid of points forming the surface.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical view of the 3D terrain, showing a grayscale image of the surface. The image is somewhat blurry and shows the texture of the terrain from a different perspective.

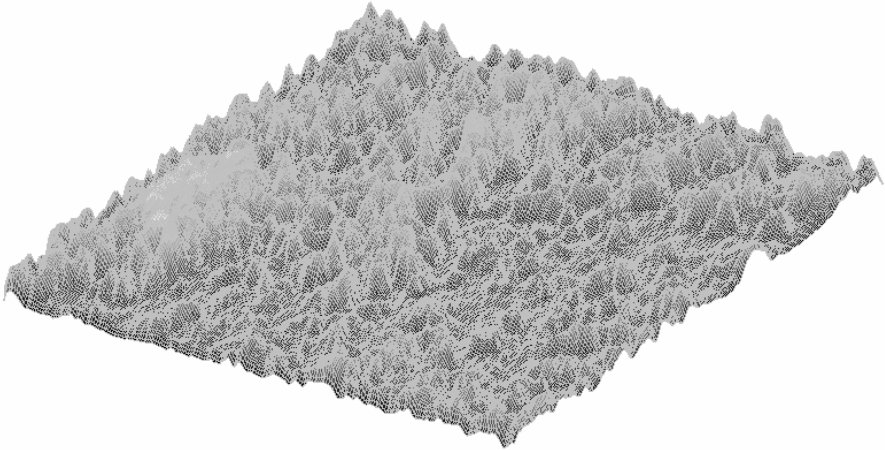
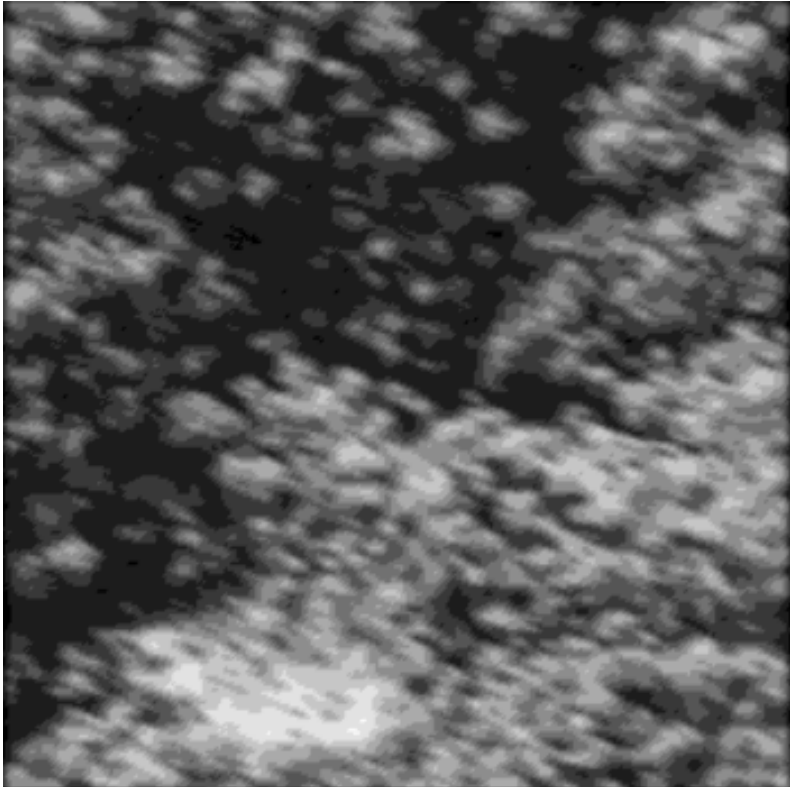
Jadual 6.43: Keputusan ujikaji sampel 180C-71/200dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured surface, possibly a rough material or a close-up of a natural surface. The texture is composed of many small, irregular shapes and patterns, creating a complex, noisy appearance.
Kontur	 A contour map of the original image. The image is rendered in shades of gray, with the contours of the original texture highlighted in white and black. The contours are dense and irregular, following the local gradients of the original image's texture.

<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregularly shaped surface. The surface is rendered in grayscale and appears to be composed of many small, interconnected peaks and valleys, creating a complex, porous-like structure. The plot is viewed from an angle, showing the top and side surfaces.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical cross-section of the 3D surface plot. The image shows a dense, textured pattern of dark and light gray tones, representing the internal structure of the surface. The texture is highly irregular and appears to be composed of many small, interconnected elements, similar to the 3D plot above.

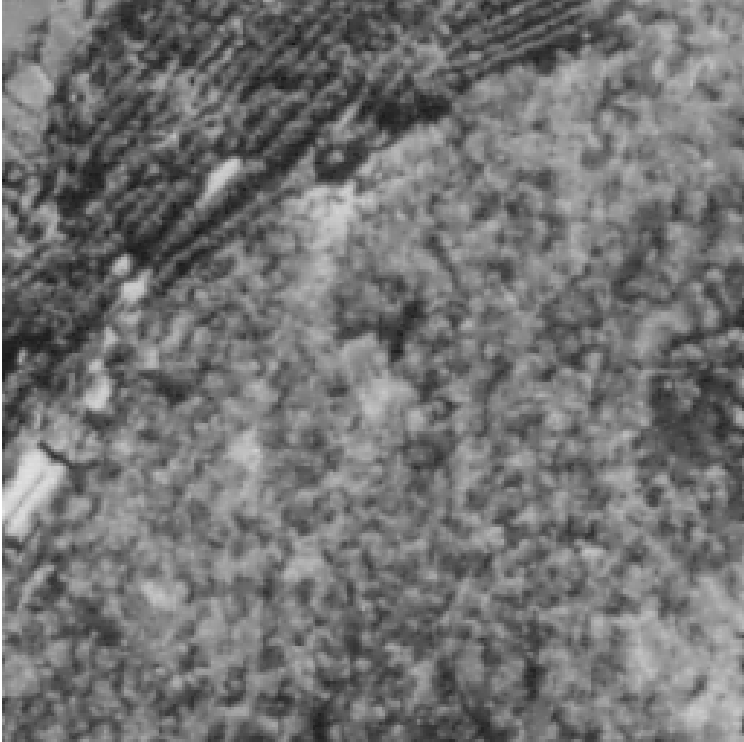
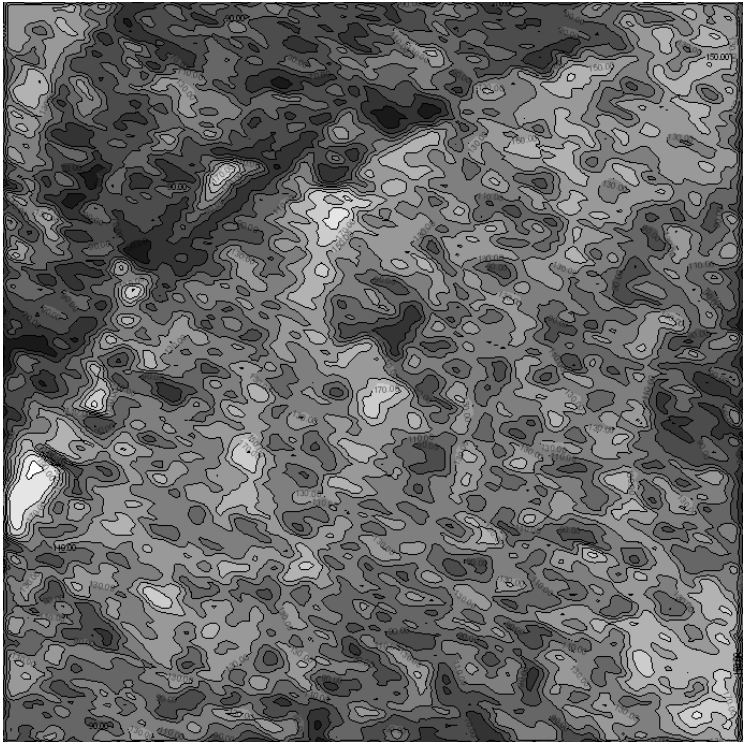
Jadual 6.44: Keputusan ujikaji sampel 122C-71/400dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured surface, possibly a rock face or a similar natural formation. The texture is composed of numerous small, irregular shapes and patterns, creating a complex, mottled appearance. The lighting is somewhat uneven, with darker areas on the left and lighter areas on the right.
Kontur	 A contour map of the original image. The image is rendered in grayscale, with the background being black. The contours are represented by white and light gray lines, highlighting the edges and boundaries of the features in the original image. The contours are dense and irregular, reflecting the complex texture of the original image.

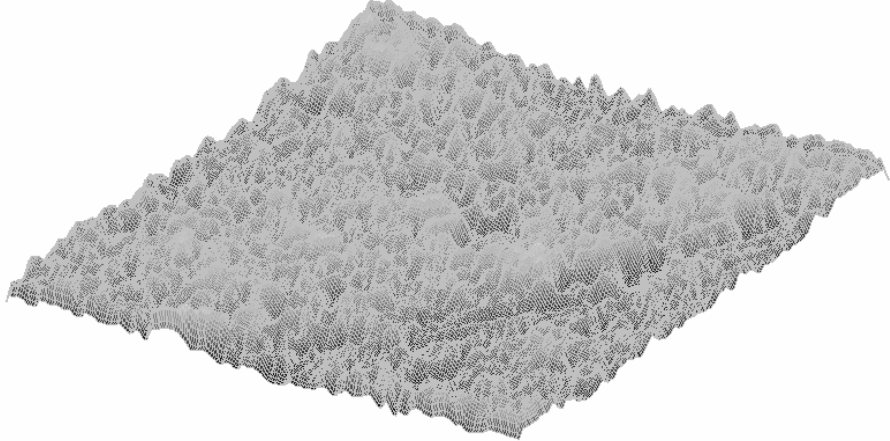
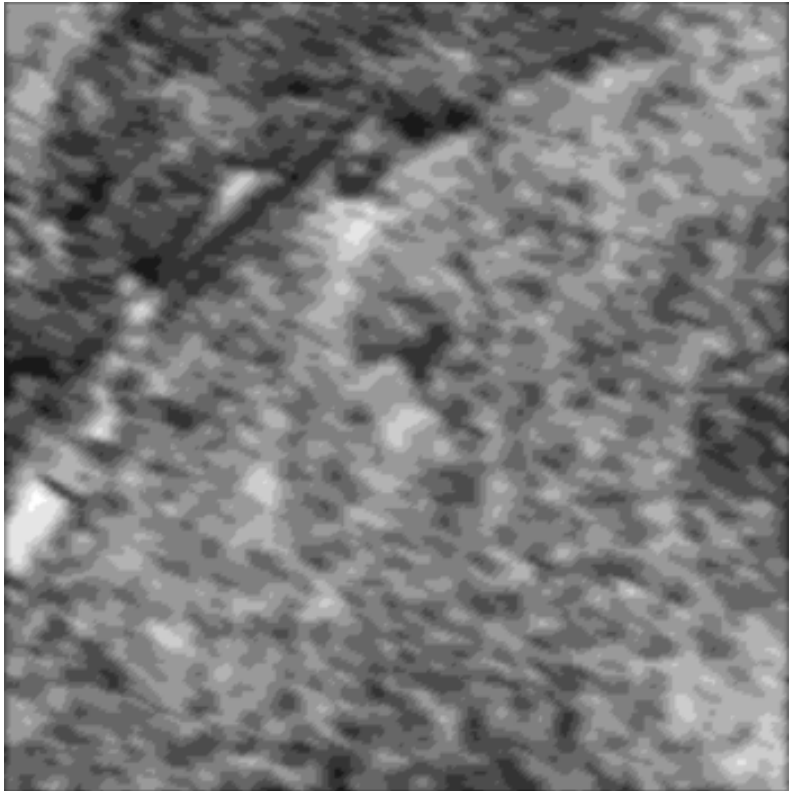
<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D surface plot showing a textured, irregularly shaped surface. The surface is rendered in a grayscale, wireframe-like style with a dense grid of points. The surface has a prominent peak in the center, with a jagged, irregular edge. The plot is viewed from an angle, showing the top and side of the surface.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A vertical projection of the 3D surface plot. The image is a grayscale, textured pattern with a dense, irregular grid of points. The pattern is highly detailed and shows a complex, non-linear structure. The overall appearance is that of a high-resolution, vertical cross-section of the surface.

Jadual 6.45: Keputusan ujikaji sampel 111C-71/600dpi


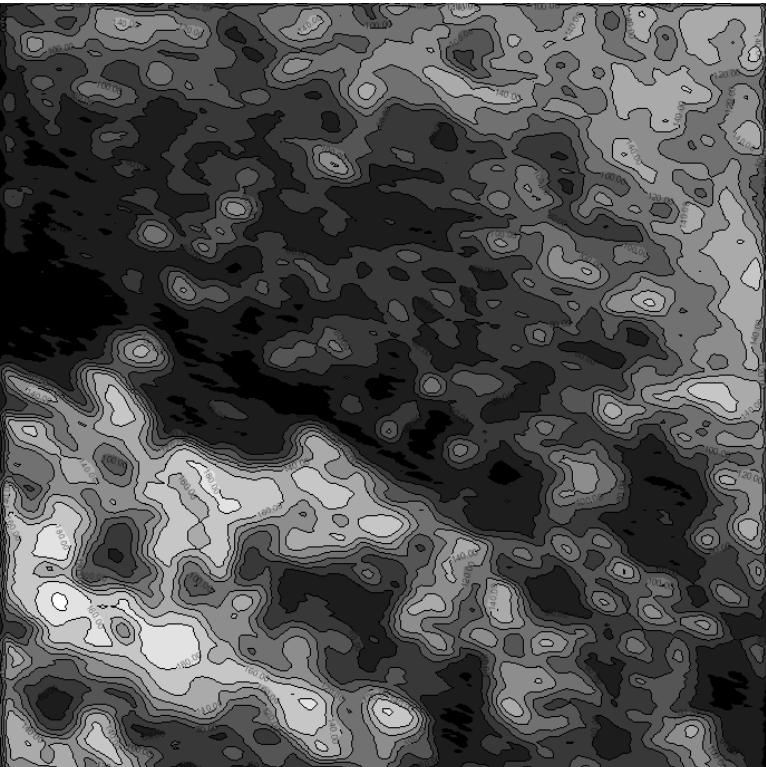


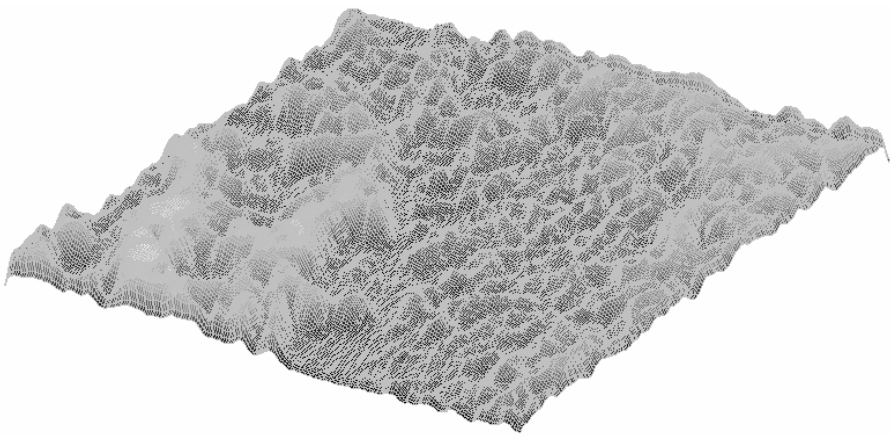
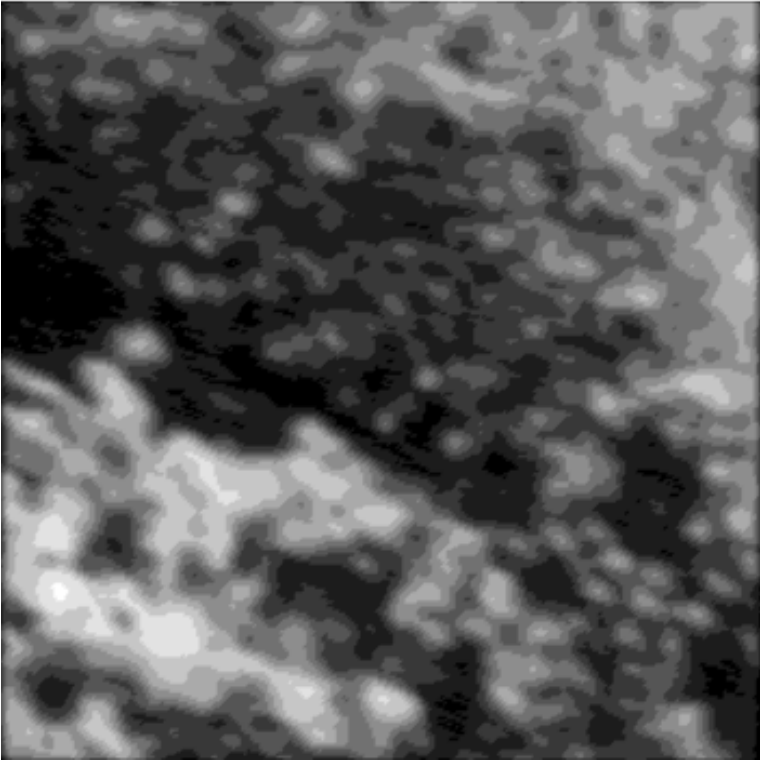
Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale photograph showing a highly textured, granular surface. The texture consists of numerous small, irregular particles and larger clumps, creating a complex, mottled appearance. The lighting is somewhat uneven, with brighter areas in the center and darker areas towards the edges.
Kontur	 A grayscale contour map derived from the original image. The map uses varying shades of gray to represent the topographic features of the surface. Darker areas indicate higher elevations or more prominent features, while lighter areas indicate lower elevations. The contours are irregular and closely follow the underlying texture of the original image, capturing its complex topography.



<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	

Jadual 6.46: Keputusan ujikaji sampel 45C-10/720dpi

Penerangan	Imej
Imej asal	 A grayscale image showing a highly textured surface, possibly a rock face or a similar natural formation. The texture is composed of numerous small, irregular shapes and patterns, creating a complex, mottled appearance. The lighting is somewhat uneven, with darker areas in the upper right and lighter areas in the lower left.
Kontur	 A contour map of the original image. The image is rendered in grayscale, with the contours representing the edges and boundaries of the features in the original image. The contours are most prominent in the lower half of the image, where they form a complex, interconnected network of lines. The upper half of the image is mostly dark, with some lighter, irregular shapes that correspond to the features in the original image.

<p>Imej 3D X=15° Y=25° Z=50°</p>	 A 3D wireframe mesh representing a terrain surface. The mesh is composed of a grid of points connected by lines, forming a complex, irregular shape that resembles a mountain range or a rugged landscape. The perspective is from an elevated position, looking down at the terrain.
<p>Pandangan menegak imej 3D</p>	 A grayscale image showing a vertical projection of the 3D terrain. The image is composed of various shades of gray, representing the elevation and topography of the terrain. The projection is vertical, meaning the horizontal distance is compressed, and the vertical height is emphasized. The terrain appears as a series of dark and light patches, indicating different elevations and slopes.

Jadual 6.47: Keputusan ujikaji sampel 46C-10/1200dpi

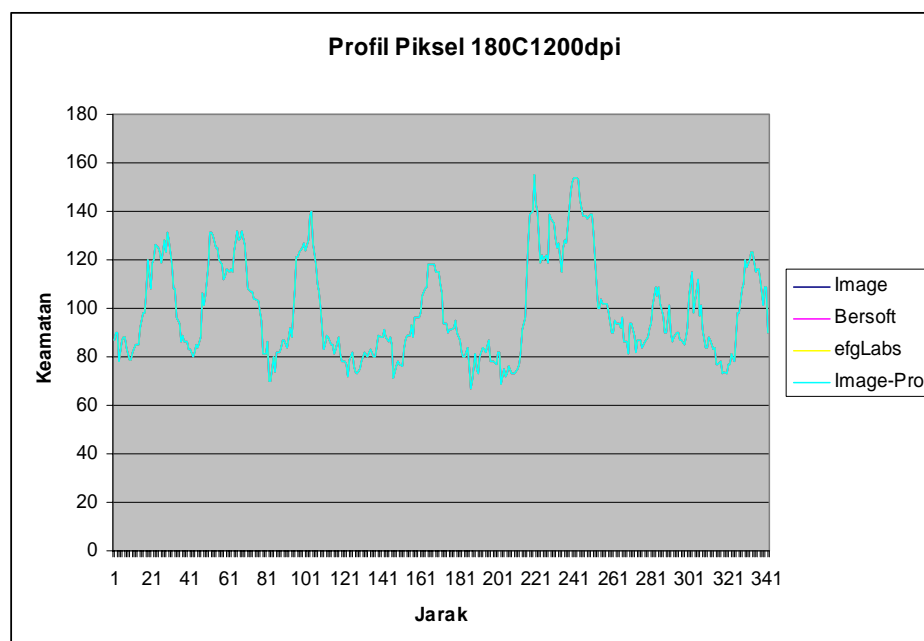
## 6.7 Perbincangan

Perbincangan bagi keputusan ujikaji yang dijalankan dibahagikan kepada dua bahagian iaitu perbincangan mengenai keputusan ujikaji profil piksel dan perbincangan mengenai penghasilan semula imej 3D.

### 6.7.1 Profil Piksel

Pengujian profil piksel yang telah dilakukan adalah bertujuan untuk melihat nilai keamatan piksel yang diestrak dengan menggunakan protoaip sistem pengestrakan maklumat tinggi yang dibangunkan berbanding perisian-perisian pemprosesan imej yang ada dipasaran.

Berdasarkan kepada keputusan pengujian profil piksel di dalam Jadual 6.2 hingga Jadual 6.26, perbandingan dilakukan dengan menggunakan perisian *Bersoft Image Measurement*, *efgLabs* dan *Image-Pro*. Graf nilai keamatan dan jarak piksel yang diplotkan menunjukkan bahawa nilai keamatan piksel yang diperolehi dengan menggunakan prototaip sistem yang dibangunkan adalah sama dengan graf yang dihasilkan oleh ketiga-tiga perisian tersebut (lihat Rajah 6.5 di bawah).





Rajah 6.5: Graf perbandingan profil piksel

Keputusan perbandingan ini menunjukkan bahawa kaedah yang digunakan bagi mengestrak nilai keamatan piksel boleh digunakan bagi tujuan mengestrak maklumat tinggi daripada gambarfoto udara lama.

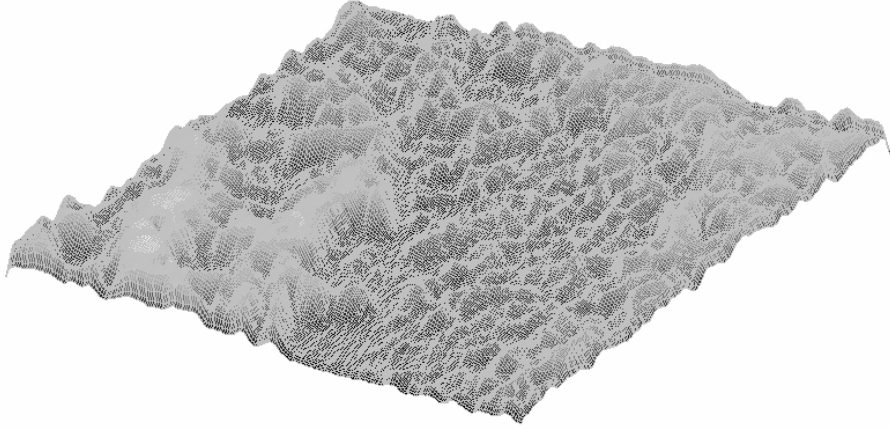
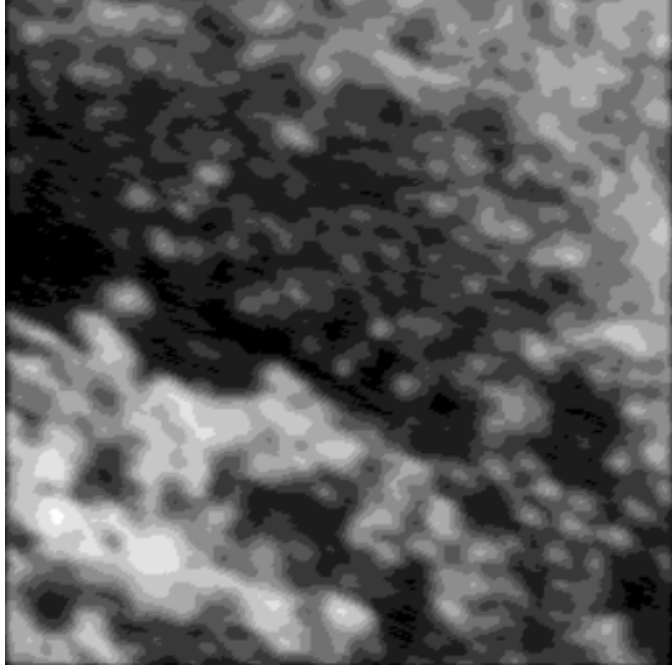
### 6.7.2 Penghasilan Semula Imej 3D

Jadual 6.28 hingga Jadual 6.32 menunjukkan perbandingan keputusan penghasilan semula imej yang telah diesttrak maklumat tingginya dengan memplotkan semula titik-titik  $x, y$  dan  $z$  yang diperolehi. Berdasarkan kepada pemerhatian yang dilakukan, imej asal 2D dan imej yang diplotkan semula dengan mengubahsuai atucara pada prototaip sistem pengestrakan adalah sama. Namun begitu kedua-dua paparan tersebut mempunyai perbezaan dari segi kandungan maklumatnya. Imej asal hanya mempunyai rujukan nilai  $x$  dan  $y$  manakala imej yang diplot semula mempunyai nilai  $x, y$  dan  $z$ . Jadual 6.48 di bawah menerangkan mengenai perbezaan kedua-dua paparan seperti yang telah dinyatakan di atas.

Paparannya	Maklumat
 <p data-bbox="448 1485 572 1518">Imej asal</p>	<p data-bbox="810 1189 1094 1223">- nilai rujukan <math>x</math> dan <math>y</math></p>
 <p data-bbox="352 1892 668 1926">Imej yang diplot semula</p>	<p data-bbox="810 1597 1302 1686">- nilai rujukan <math>x</math> dan <math>y</math> serta maklumat tinggi, <math>z</math>.</p>


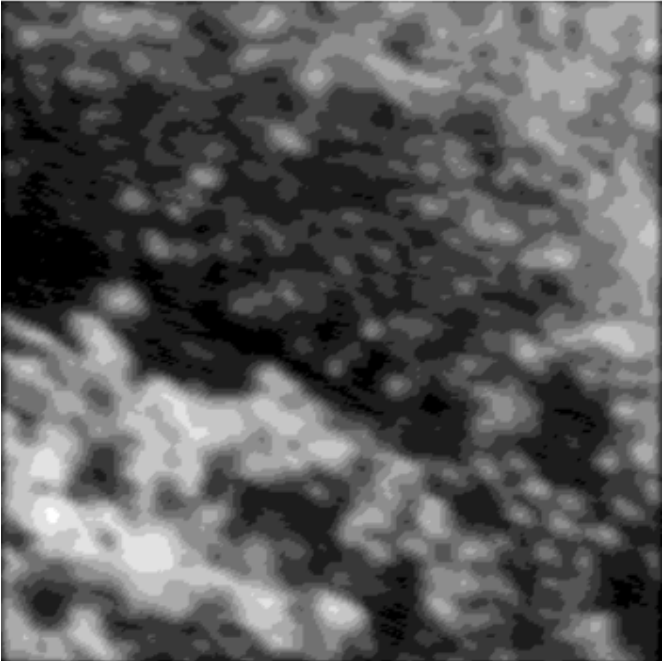
Jadual 6.48: Perbezaan maklumat imej asal dan imej yang diplot semula

Bagi keputusan perbandingan penghasilan semula imej 3D dengan menggunakan perisian *3DField*, Jadual 6.33 hingga 6.47 menunjukkan imej kontur yang dihasilkan daripada data yang diesttrak. Berdasarkan kepada data yang telah diesttrak, imej 3D dihasilkan semula dengan kedudukan  $X=15^\circ$ ,  $Y=25^\circ$  dan  $Z=50^\circ$  serta pandangan menegak. Gambaran bagi paparan kedua-dua imej adalah seperti di dalam Jadual 4.49.

Kedudukan Pandangan	Paparan Imej 3D
Pandangan sudut $X=15^\circ$ , $Y=25^\circ$ $Z=50^\circ$	
Pandangan menegak	

Jadual 4.49: Pandangan imej 3D dari sudut yang berbeza

Perbandingan imej asal dan plotan semula imej 3D boleh dilihat seperti dalam Jadual 4.50 di bawah.

Perkara	Paparannya
Imej asal	
Pandangan menegak	

Jadual 4.50: Perbandingan imej asal dan plotan semula imej menggunakan *perisian 3DField*

Berdasarkan kepada perbandingan di dalam Jadual 4.50 di atas, didapati bahawa paparan imej yang diplot semula dengan menggunakan perisian *3DField* adalah tidak seratus peratus menyerupai imej asal. Penggunaan kaedah plotan semula piksel demi piksel menghasilkan paparan imej yang sama dengan imej asal. Perbezaan di antara kedua-dua paparan imej tersebut adalah disebabkan oleh kekangan daripada perisian yang digunakan. Paparan penuh bagi imej asal, kontur, dan imej 3D yang dihasilkan semula boleh dilihat pada lampiran B,C,D dan E.



## BAB VII

### KESIMPULAN DAN CADANGAN

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan kepada keputusan ujikaji dan perbincangan di dalam Bab VI, di dapati bahawa penyelidikan ini telah mencapai matlamat untuk mengestrak maklumat tinggi ( $z$ ) daripada gambarfoto udara lama berskala kelabu. Beberapa kesimpulan boleh dibuat berkaitan dengan penyelidikan ini iaitu dari segi pengestrakan maklumat tinggi, perbandingan profil piksel dan perbandingan paparan imej 3D.

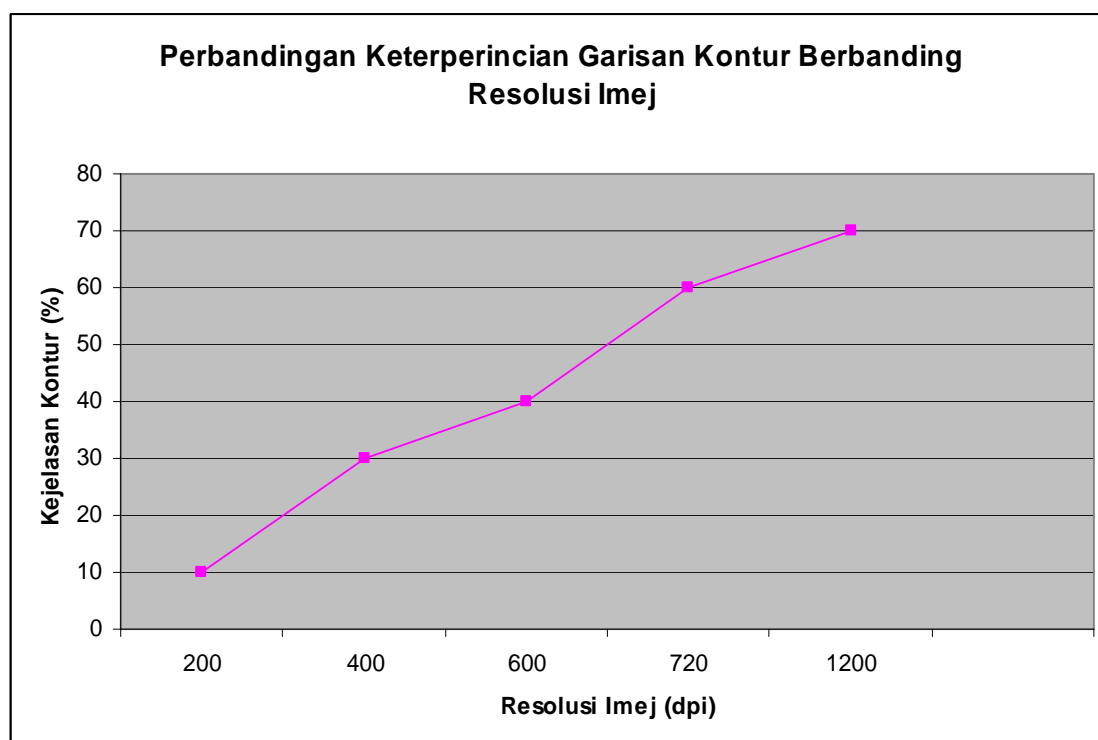
Maklumat tinggi yang diestrak melalui penyelidikan ini adalah merupakan maklumat tinggi relatif. Oleh yang demikian, maklumat tinggi yang terdapat pada gambarfoto udara lama bercetak (2D) boleh diestrak dan disimpan di dalam fail digital yang mengandungi kedudukan  $x$  dan  $y$  serta nilai tinggi, iaitu  $z$ .

Perbandingan graf profil piksel menunjukkan bahawa kaedah yang digunakan untuk mengestrak nilai keamatan pada setiap piksel yang diuji adalah boleh diterima. Graf profil piksel yang diperolehi dengan menggunakan perisian *Bersoft Image Measurement*, *efgLabs* dan *Image-Pro* menunjukkan bahawa nilai keamatan bagi piksel yang diuji adalah sama dengan nilai keamatan piksel yang diperolehi dengan menggunakan prototaip sistem pengestrakan yang dibangunkan.

Penghasilan semula imej 3D dengan menggunakan perisian *3DField* menunjukkan terdapat sedikit perbezaan dengan imej asal. Manakala plotan semula data yang telah diestrak tidak menunjukkan sebarang perbezaan dengan imej asalnya. Oleh yang demikian data yang diestrak daripada gambarfoto udara lama boleh disimpan dalam format  $x, y, z$  untuk rujukan semula dalam bentuk yang lebih selamat.

Keputusan ujikaji yang diperolehi di dalam Bab VI menunjukkan perbandingan hasil ujikaji boleh dilihat dari sudut resolusi sampel data yang diuji. Resolusi bagi sesuatu imej digital memberi kesan langsung terhadap jumlah keterperincian data yang dipunyai oleh imej digital. Semakin tinggi resolusi sesuatu imej maka semakin tinggi keterperincian data yang dipunyai oleh imej tersebut, sebaliknya semakin rendah resolusi sesuatu imej, maka semakin rendah keterperincian data yang ada imej tersebut.

Dalam penyelidikan ini, lima resolusi sampel data yang berbeza digunakan untuk pengujian iaitu 200dpi, 400dpi, 600dpi, 720dpi dan 1200dpi. Garisan kontur yang dihasilkan adalah berbeza mengikut resolusi imej yang digunakan semasa sampel data yang diuji. Rajah 7.1 menunjukkan graf perbandingan keterperincian garisan kontur berdasarkan kepada perbezaan resolusi imej yang digunakan.



Rajah 7.1: Graf perbandingan keterperincian garisan kontur

Berdasarkan kepada graf perbandingan keterperincian garisan kontur dan resolusi imej di atas, dapat dirumuskan bahawa tahap resolusi imej boleh dibahagikan kepada tiga tahap kumpulan resolusi imej iaitu tinggi, sederhana dan rendah. Jadual 6.1 menunjukkan pembahagian tahap kumpulan resolusi imej yang digunakan di dalam penyelidikan.

Tahap Resolusi Imej	Nilai Resolusi
Tinggi	1200dpi
	720dpi
Sederhana	600dpi
	400dpi
Rendah	200dpi

Jadual 6.1: Jadual pembahagian tahap resolusi imej

Bagi pengujian ke atas sampel data yang mempunyai resolusi tinggi, iaitu 720dpi dan 1200dpi, keterperincian data yang diperolehi lebih nyata dan tajam. Garisan kontur yang dihasilkan kelihatan jelas.

Pengujian terhadap sampel data yang mempunyai resolusi sederhana iaitu 400dpi dan 600dpi menunjukkan keterperincian data yang diperolehi menjadi kurang nyata dan kurang tajam berbanding dengan penggunaan resolusi imej yang lebih tinggi.

Sampel data yang mempunyai resolusi 200dpi menunjukkan keterperincian data dan kedalaman imej yang tidak jelas berbanding dengan hasil pengujian menggunakan imej yang mempunyai resolusi yang lebih tinggi.

## **7.2 Cadangan Pembaikan Penyelidikan**

Oleh kerana maklumat tinggi yang diperolehi adalah merupakan maklumat tinggi relatif, dicadangkan supaya satu kajian menyeluruh dijalankan bagi menggabungkan teknik pemprosesan imej digital dan teknik pengiraan tinggi menggunakan kaedah fotogrametri bagi mendapatkan nilai tinggi sebenar.

Berdasarkan kepada keputusan ujikaji dalam penyelidikan ini, kita boleh melakukan pengiraan untuk mengeluarkan maklumat tinggi berdasarkan kepada profil bagi setiap piksel (nilai skala kelabu). Nilai skala kelabu pada piksel tersebut perlu dihubungkan dengan maklumat tinggi sebenar. Di samping itu, beberapa faktor yang perlu dipertingkatkan pada peringkat perolehan data dan pemprosesan data iaitu,

1. Penggunaan komputer yang berkeupayaan tinggi.
2. Alat pengimbas yang digunakan hendaklah mempunyai resolusi yang tinggi iaitu 1200 dpi dan ke atas.

3. Sampel data yang digunakan hendaklah diimbaskan dengan menggunakan resolusi yang tinggi.
4. Dimensi bagi sampel data yang diuji hendaklah lebih besar daripada 256x256 piksel.
5. Saiz storan data yang diuji lebih besar daripada 65.774 *bytes* bagi satu sampel data.

## UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR PENYELIDIKANTAJUK PROJEK : THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR 3D IMAGE EXTRACTION FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPHSaya : ASSOC PROF DAUT DAMAN

Mengaku membenarkan Laporan Akhir Penyelidikan ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut :

1. Laporan Akhir Penyelidikan ini adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat penjualan salinan Laporan Akhir Penyelidikan ini bagi kategori TIDAK TERHAD
4. \* Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh Organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK  
TERHAD

---

TANDATANGAN KETUA PENYELIDIK

---

Nama & Cop Ketua Penyelidik

Tarikh : \_\_\_\_\_

**LAPORAN PENYELIDIKAN**

**THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR 3D IMAGE  
EXTRACTION FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPH**

**VOT PROJEK 74206**

**PENYELIDIK:**

ASSOC PROF DAUT DAMAN  
PROF. DR. GHAZALI SULONG  
ASSOC PROF. SARUDIN KARI  
NIK ISROZAIDI NIK ISMAIL  
MOHD SHAFRY MOHD RAHIM  
ASSOC PROF. DR IBRAHIM BUSU  
AZMI MD JAFRI

**PUSAT PENGURUSAN PENYELIDIKAN  
UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA**

**THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR 3D IMAGE  
EXTRACTION FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPH**

**IRPA 2003 / 2006**

**KETUA PENYELIDIK:**

ASSOC PROF DAUT DAMAN ( SEPT 2003 – FEB 2006)

**PENYELIDIK:**

PROF. DR. GHAZALI SULONG  
ASSOC PROF. SARUDIN KARI  
NIK ISROZAIDI NIK ISMAIL  
MOHD SHAFRY MOHD RAHIM  
ASSOC PROF. DR IBRAHIM BUSU  
AZMI MD JAFRI

Faculty of Computer Science and Information System  
Universiti Teknologi Malaysia  
Skudai, Johor.

TEMPOH PENYELIDIKAN: SEP 2003 – FEB 2006

VOT RMC 74206

**PUSAT PENGURUSAN PENYELIDIKAN  
UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA**



**R & D DIRECTORY UTM**

VOT: 74206

PROJECT TITLE: THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT  
SYSTEM FOR 3D IMAGE EXTRACTION  
FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPH

HEAD OF RESEARCHERS: ASSOC PROF DAUT DAMAN  
(SEP 2003 – FEB 2006)

RESEARCHERS: PROF. DR. GHAZALI SULONG  
ASSOC PROF. SARUDIN KARI  
NIK ISROZAIDI NIK ISMAIL  
MOHD SHAFRY MOHD RAHIM  
ASSOC PROF. DR IBRAHIM BUSU  
AZMI MD JAFRI

FACULTY: FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND  
INFORMATION SYSTEM UNIVERSITI  
TEKNOLOGI MALAYSIA SKUDAI, JOHOR.

KEYWORDS: COMPUTER GRAPHICS  
IMAGE PROCESSING  
SOFTWARE DEVELOPMENT  
3D VISUALIZATION  
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

DATE OF COMPLETION: FEBRUARY 2006

## ABSTRACT

**THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR 3D IMAGE EXTRACTION FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPH**

*(Keywords: computer graphics, image processing, software development, 3d visualization, geographical information system)*

The usage of modern appliances in science and technology has enabled us to easily obtain three dimensional (3D) information of target location. However, there is a limitation because past information cannot be retrieved using existing technology. For example, a two dimensional (2D) historical information can be a negative aerial photo, printed aerial photo, map and *et cetera*. The historical data are used in agricultural mapping, forestry and town planning. A greyscale aerial photo represents information in 2D using x and y values. This research is focussed on height information extraction using image processing technique. In this study, the relationship between pixel and voxel is used to solve high information extraction problem from old aerial photo. Based on Gudes idea, the pixel intensity value of a pixel is related directly to the value of the z-coordinate. Simultaneously, the test on a pixel profile line to obtain the greyscale is implemented. A result of the test is compared using Bersoft Image Measurement, efglabs and Image-Pro Plus. 3Dfield software is used to re-plot the height information extracted from the aerial photo images. Comparisons between the original and re-plotting images have shown insignificant differences. Consequently, it is proven that the proposed technique presented in this report is feasible as a tool for height information extraction from an aerial photo image.

## ABSTRAK

**THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR 3D IMAGE EXTRACTION FROM AN OLD 2D AERIAL PHOTOGRAPH**

(Katakunci: *Grafik Komputer, Pembangunan Perisian, Penghantaran Data Spatial, Sistem Maklumat Geografi, Information Retrieval*)

Penggunaan peralatan moden dalam bidang sains dan teknologi telah membenarkan maklumat 3D mengenai sesuatu lokasi diperolehi dengan mudah. Namun begitu, kita tidak boleh mendapatkan maklumat bagi sesuatu lokasi pada masa lampau dengan menggunakan teknologi tersebut. Maklumat tersebut adalah merupakan data sejarah 2D yang tersimpan dalam bentuk negatif gambarfoto udara, cetakan gambarfoto udara, peta dan sebagainya. Data sejarah ini penting untuk kegunaan dalam pelbagai bidang yang berkaitan seperti penghasilan peta pertanian, perhutanan, kajibumi, perancangan bandar dan wilayah. Sebagai contoh, gambarfoto udara lama berskala kelabu merupakan paparan maklumat dalam bentuk 2D yang mengandungi nilai  $x$  dan  $y$ . Penyelidikan ini adalah berkaitan dengan pengestrakan maklumat ketinggian dengan menggunakan teknik pemprosesan imej. Di dalam laporan ini, perkaitan di antara piksel dan voksel telah digunakan untuk menyelesaikan masalah pengestrakan maklumat tinggi. Penyelidik cuba menggunakan idea yang diketengahkan oleh *Gudes* dengan menggunakan nilai keamatan piksel yang terdapat dalam imej digital untuk tujuan pengestrakan maklumat ketinggian. Setiap nilai skala kelabu yang terdapat dalam imej digital mempunyai perkaitan secara langsung dengan nilai koordinat  $z$ . Ujikaji ke atas satu garisan profil piksel dilakukan untuk mengeluarkan maklumat skala kelabu. Profil piksel tersebut kemudiannya dibandingkan dengan menggunakan perisian *Bersoft Image Measurement*, *efgLabs* dan *Image-Pro Plus*. Maklumat tinggi yang diestrak akan diplotkan semula dengan menggunakan perisian *3DField*. Perbandingan dilakukan di antara plotan semula maklumat tinggi tersebut menunjukkan terdapat sedikit perbezaan pada imej yang dihasilkan semula berbanding imej asal. Berdasarkan kepada keputusan perbandingan plotan semula imej 3D dan pengujian profil piksel didapati bahawa kaedah yang digunakan di dalam penyelidikan ini boleh diterima pakai untuk tujuan pengestrakan imej 3D daripada gambarfoto udara lama.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	LAPORAN PENYELIDIKAN	ii
	TAJUK PROJEK	iii
	R & D DIRECTORY UTM	iv
	ABSTRACT	v
	ABSTRAK	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
<b>I</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>1</b>
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Latar belakang Masalah	3
	1.3 Penyataan Masalah	5
	1.4 Matlamat	6
	1.5 Objektif Penyelidikan	6
	1.6 Skop Penyelidikan	7
	1.7 Susunan Report	8
	1.8 Sumbangan Ilmiah	9

**II KAJIAN LITERATUR**

2.1	Pendahuluan	10
2.2	Gambar foto udara	10
2.3	Klasifikasi Gambar foto Udara	13
2.4	Pengukuran Tinggi Menggunakan Teknik Fotogrametri	16
2.4.1	Show Height Method	16
2.4.2	Displacement Method	18
2.5	Fotogrametri Digital	20
2.5.1	Penghantaran Data raster	20
2.5.2	Penghantaran Data Vektor	23
2.5.3	Grafik Voksel	24
2.6	Kesimpulan	29

**III METHODOLOGI PENYELIDIKAN**

3.1	Pendahuluan	30
3.2	Perolehan Data	32
3.2.1	Senibina Client-Side	32
3.2.2	Pemilihan Data	36
3.3	Pendekatan Berasaskan <i>Layer</i>	38
3.3.1	Pra-Pemprosesan Data	38
3.4	Kesimpulan	39

**IV PENGESTRAKAN MAKLUMAT TINGGI**

4.1	Pendahuluan	40
-----	-------------	----

4.2	Pengiraan Tinggi	40
4.3	Pengestrakan Maklumat tinggi	46
4.4	Kesimpulan	49
<b>V</b>	<b>PROTOTAIP SISTEM PENGESTRAKAN MAKLUMAT TINGGI</b>	
5.1	Pendahuluan	50
5.2	Sumber Data	50
5.3	Prototaip Sistem Pengestrakan Maklumat tinggi	51
5.4	Hasil Pengestrakan Maklumat Tinggi	58
5.5	Kesimpulan	59
<b>VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN</b>	
6.1	Pendahuluan	60
6.2	Sample Data	60
6.3	Pengujian Profil Piksel	61
6.3.1	Perisian Bersoft Image Measurement	62
6.3.2	Perisian efgLabs	63
6.3.3	Perisian Image-Pro Plus	64
6.4	Keputusan Pengujian Profil Piksel	65
6.5	Ujikaji Penghasilan Imej 3D	91
6.6	Keputusan Penghasilan Imej 3D	92
6.7	Perbincangan	127

6.7.1	Profil Piksel	127
6.7.2	Penghasilan Semula Imej 3D	128
<b>VII</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN</b>	
7.1	Pendahuluan	132
7.2	Kesimpulan	135