

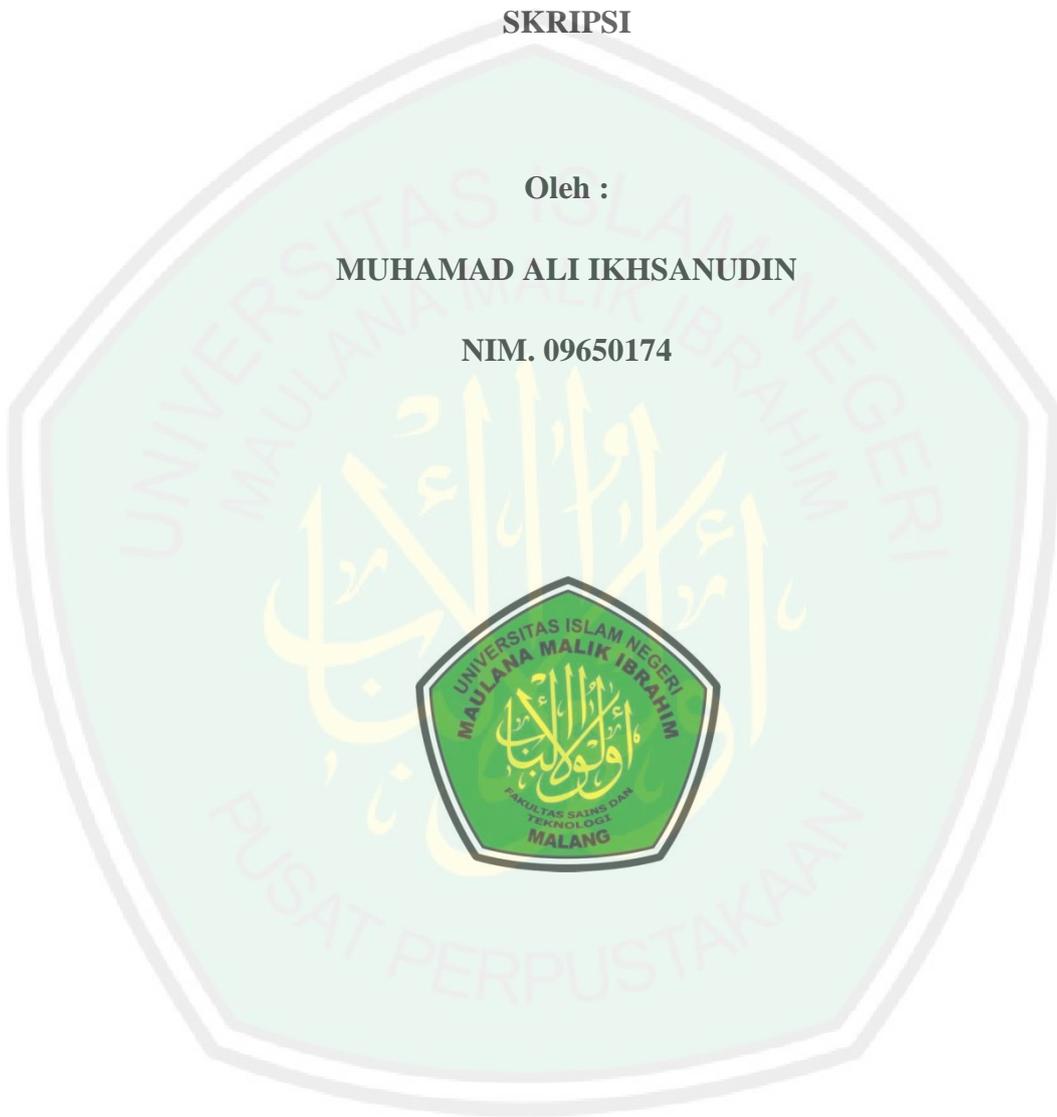
**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN AREA DAUN KACANG -  
KACANGAN MENGGUNAKAN CITRA DIGITAL**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**MUHAMAD ALI IKHSANUDIN**

**NIM. 09650174**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM**

**MALANG**

**2013**

**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN AREA DAUN KACANG-KACANGAN  
MENGUNAKAN CITRA DIGITAL**

**SKRIPSI**

*Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana  
Malik Ibrahim Malang untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh  
Gelar Strata Satu Sarjana Teknik Informatika (S.Kom)*

Oleh:

**MUHAMAD ALI IKHSANUDIN**

**09650174**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2013**

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN AREA DAUN KACANG-KACANGAN**  
**MENGGUNAKAN CITRA DIGITAL**

**SKRIPSI**

Oleh :

**MUHAMAD ALI IKHSANUDIN**

**NIM. 09650174**

Telah Disetujui, 5 September 2013

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Suhartono, M.Kom**

**Suyono, M.P**

**NIP. 19680519 200312 1 001**

**NIP. 197106 22200312 1 002**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Dr. Cahyo Crysdian**

**NIP. 197404242009011008**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**RANCANG BANGUN PERHITUNGAN AREA DAUN KACANG-KACANGAN**  
**MENGGUNAKAN CITRA DIGITAL**

**SKRIPSI**

Oleh :

**MUH ALI IKHSANUDIN**

**NIM. 09650174**

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Tanggal, 18 September 2013

<b>Susunan Dewan Penguji:</b>	<b>TandaTangan</b>
1. Penguji Utama : <u>Fressy Nugroho, M.T</u> NIP. 19710722 201101 1 001	( )
2. Ketua Penguji : <u>Yunifa Miftachul Arif, M.T</u> NIP. 19830616 201101 1 004	( )
3. Sekretaris : <u>Dr. Suhartono, M.Kom</u> NIP. 19680519 200312 1 001	( )
4. Anggota Penguji : <u>Suyono, M.P</u> NIP. 19710622 200312 1 002	( )

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Dr. Cahyo Crysdian**

**NIP. 197404242009011008**

**HALAMAN PERNYATAAN  
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muh Ali Ikhsanudin  
NIM : 09650174  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika  
Judul Penelitian : Rancang Bangun Perhitungan Area Daun Kacang-  
Kacangan Menggunakan Citra Digital

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 5 September 2013

Yang Membuat Pernyataan,

Muh Ali Ikhsanudin

NIM. 09650174

## HALAMAN MOTTO

*“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia.”*

*(Qs. Ar Ra'd 13 : 11)*

*”Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu Telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh(urusan)yang lain. Dan Hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”*

*(Qs. Alam-Nasyrah 94 : 6-8)*

*“Strees dan beban pikiran itu akan selalu ada selama kau hidup. Ia tidak akan pernah hilang, hanya bisa dilupakan untuk waktu yang sementara Tapi buatlah waktu yang sementara itu bisa menjadi selama mungkin, sama dengan waktu sementara kita ada di dunia ini”.*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Memang begitu berharganya waktu – waktu itu, waktu yang telah berlalu, tapi hasil ini tidak akan pernah menjadi sebuah penyesalan, terima kasih ya ALLAH, atas waktu yang telah Engkau berikan untukku.*

*Untuk yang pertama, Skripsi ini kupersembahkan untuk ibuku. Sosok yang pertama dari tujuan hidupku, yang selalu memberiku arah saat kutersesat, siramkan air saat aku dalam kekeringan. Terima kasih ya Allah telah Kau berikan padaku malaikat- Mu, memang benar terkadang malaikat itu tidak bersayap, terimakasih ya Allah telah Kau lahirkan aku dari rahimnya. I Love You Ibu.*

*Untuk sosok yang selalu menjadi panutanaku, yang selalu mengajarkanku arti dari hidup, Ayah, terimakasih. Dan tak lupa untuk adikku tersayang dan juga untuk keluarga besarku. Terimakasih semuanya.*

*Dan juga ucapan terimakasih yang amat dalam, kepada dua dosen pembimbing saya bapak Dr.Suhartono,M.Kom dan bapak Suyono,M.P. Terimakasih sudah sabar membimbingku. Sungguh beliau kedua-duanya benar – benar memberikan bimbingan yang berarti bagi saya dalam proses pembuatan Skripsi ini.*

*Tidak lupa ucapan terimakasih kepada pihak dimana saya melakukan penelitian ini. Kepada ibu dan juga staf di Lab.Sumber Dayalingkungan Universitas Brawijaya, yang selama penelitian sangat ramah dan membantu saya dalam mencari data.*

*Buat teman baikku Arif, terimakasih karena sudah mau meluangkan waktu untuk membantu penelitianku.*

*Buat Teman-teman Teknik Informatika UIN Malang angkatan 2009 semua yang tak bisa aku sebutkan satu-satu, terima kasih atas kerjasama dan bantuan kalian.*

*Dan yang terakhir, terimakasih untuk semua orang yang selalu mendukungku dan selalu menyayangiku.*

## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karuniaNya kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Perhitungan Area Daun Kacang-Kacangan Menggunakan Citra Digital” dengan baik.

Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari gelapnya kekufuran menuju cahaya Islam yang terang benderang.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, karena itu tanpa keterlibatan dan sumbangsih dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati patutlah penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr.drh.Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdian, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang mendukung dan mengarahkan dalam pengerjaan skripsi ini.

4. Dr. Suhartono, M.Kom, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan dan member masukan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Suyono, M.P, selaku dosen pembimbing II, yang selalu memberikan masukan, nasehat serta petunjuk dalam penyusunan laporan skripsi ini khususnya dalam segi biologi.
6. Segenap Dosen Teknik Informatika yang telah memberikan bimbingan keilmuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-persatu, atas segala yang telah diberikan kepada penulis dan dapat menjadi pelajaran.

Sebagai penutup, penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh peneliti selanjutnya. Apa yang menjadi harapan penulis, semoga karya ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, 5 September 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
ABSTRAK .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> xvii
BAB I	
PENDAHULUAN .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Batasan Masalah.....	6

1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
1.7 Metode Penelitian.....	8
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Area Daun.....	11
2.2 Citra Digital.....	16
2.2.1 Operasi Pengolahan Citra.....	23
2.2.2 Format Berkas Bitmap (BMP).....	25
2.2.3 Proses Pengubahan Citra berwarna jadi Grayscale.....	27
2.2.4 Pengembangan Citra (Thresholding).....	28
2.2.5 Operasi Bertetangga.....	30
2.2.6 <i>Chain Code</i> (Kode Rantai).....	31
2.2.7 Metode Iterasi.....	32
2.3 Komponen <i>JHVideoCap</i> .....	33
2.4 Tanaman Kacang-kacangan dan Morfologi Daunnya.....	34
BAB III	
DESAIN SISTEM.....	47

3.1 Lingkungan Uji Coba .....	47
3.1.1 Tempat dan Waktu .....	47
3.1.2 Bahan dan Alat .....	47
3.1.3 Sampel Penelitian .....	48
3.1.3 Metode Penelitian .....	48
3.2 Analisis Sistem .....	51
3.2.1 Deskripsi Sistem .....	51
3.3 Desain Sistem .....	52
3.3.1 Desain Data .....	55
3.4 Desain Proses .....	56
3.5 Pengkodean Karakter .....	56
3.6 Konversi Piksel daun ke cm (centimeter) .....	57
BAB IV	
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	58
4.1 Lingkungan Uji Coba .....	58
4.2 Data Uji Coba .....	59
4.3 Penjelasan Alat dan Program .....	60
4.3.1 Proses pembuatan Alat dan Fungsinya .....	60
4.3.2 Proses Pembuatan Aplikasi .....	63

4.4 Pengambilan dan Pengujian Data.....	69
4.5 Preprocessing.....	72
4.4.1 Grayscale.....	72
4.4.2 Binerisasi/ Thresholding.....	72
4.4.3 Operasi Bertetangga.....	74
4.5 Processing.....	75
4.5.1 Perhitungan Manual.....	75
4.5.2 Perhitungan dengan LAM (Leaf Area Meter).....	77
4.5.3 Perhitungan dengan Citra Digital.....	79
4.6 Pembahasan Data Hasil Uji Coba.....	88
4.6.1 Hasil Uji Coba.....	88
BAB V PENUTUP.....	96
5.1 Kesimpulan.....	96
5.2 Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA.....	99
LAMPIRAN.....	101

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.1 Citra biner dan representasinya dalam data digital.....	18
Gambar 2.2.2 Citra Skala Keabuan .....	20
Gambar 2.2.3 Citra warna true color .....	21
Gambar 2.2.4 Citra warna berindeks.....	22
Gambar 2.2.5 Setting banyaknya warna display pada Windows.....	23
Gambar 2.2.6 Arah Kode Rantai .....	31
Gambar 2.2.7 Objek dengan kode rantai .....	31
Gambar 2.3 Komponen <i>JHVideoCap</i> .....	33
Gambar 3.3 Gambar Rancangan Alat untuk Perhitung Luas Daun .....	53
Gambar 3.3.1 Gambar Flowchart aplikasi Perhitungan Area Daun .....	54
Gambar 4.2 Kedelai dan Kacang Panjang .....	59
Gambar 4.3.1 Alat Pengukuran Jadi .....	61
Gambar 4.3.2.1 Halaman Splash Screen.....	63
Gambar 4.3.2.2 Halaman Utama Aplikasi.....	64
Gambar 4.3.2.3 Contoh Input Image dari Webcam.....	66
Gambar 4.3.2.4 Halaman Tentang .....	67
Gambar 4.3.2.5 Halaman Panduan .....	68
Gambar 4.3.2.6 Aksi yang muncul ketika <i>user</i> menekan tombol cetak .....	69
Gambar 4.3.2.7 Laporan / Hasil Print dari database.....	69

Gambar 4.4.2 Proses hasil pengambangan / binerisasi .....	73
Gambar 4.5.1 (a) Proses Blat/Jiplak daun Kacang Panjang .....	75
Gambar 4.5.1 (b) Proses Blat/Jiplak pada Daun Kedelai .....	76
Gambar 4.5.1 (c) Pemberian Garis Tepi Persegi Panjang .....	76
Gambar 4.5.2.1 <i>Leaf Area Meter</i> LI-3100 .....	77
Gambar 4.5.2.2 Penggunaan <i>Leaf Area Meter</i> LI-3100 .....	78
Gambar 4.5.3.1 <i>Flowchart</i> fungsi PanjangDaun .....	81
Gambar 4.5.3.2 <i>Flowchart</i> fungsi LebarDaun .....	83
Gambar 4.5.3.3 <i>Flowchart</i> fungsi KelilingDaun .....	85
Gambar 4.5.3.4 <i>Flowchart</i> fungsi LuasDaun .....	85
Gambar 4.5.3.5 Hasil Perhitungan Area Daun .....	87
Gambar 4.6.1 Hasil Uji T pada perbandingan Manual dan Citra Digital .....	89
Gambar 4.6.2 Hasil Uji T pada perbandingan Manual dan LAM .....	90
Gambar 4.6.3 Hasil Uji T pada perbandingan Manual dan Citra Digital .....	92
Gambar 4.6.4 Hasil Uji T pada perbandingan Manual danLAM .....	93

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daftar Perangkat yang digunakan.....	58
Tabel 4.3.1 Daftar Alat & Harga untuk Proses Citra Digital.....	60
Tabel 4.4 Perhitungan Piksel Objek .....	71
Tabel 4.6.1 A Luas area daun Kacang Panjang dg Manual dan Citra Digital ...	88
Tabel 4.6.1 B Luas Area daun Kacang Panjang dg LAM dan Citra Digital .....	90
Tabel 4.6.1 C Luas Area daun Kedelai dg Manual dan Citra Digital.....	91
Tabel 4.6.1 D Luas Area daun Kedelai dg LAM dan Citra Digital.....	93

## ABSTRAK

Ali Ikhsanudin, Muhamad. 2013. **Rancang Bangun Perhitungan Area Daun Kacang-Kacangan Menggunakan Citra Digital**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Dr. Suhartono, M.Kom (II) Suyono, M.P

**Kata Kunci:** *Perhitungan, Area Daun, Delphi, Kacang-Kacangan, Citra Digital.*

Seiring perkembangan zaman, manusia semakin dituntut untuk melakukan segala sesuatu bukan hanya secara cepat, tetapi juga harus tepat. Demikian halnya dalam masalah pengukuran area daun, pengukuran luas daun sangat diperlukan pada bidang pertanian. Luas daun menjadi parameter utama karena laju fotosintesis per satuan tumbuhan ditentukan oleh luas daun.

Pengukuran luas daun diperlukan sebagai indikator pertumbuhan dan kinerja fisiologis suatu tanaman. Mengukur luas daun bukan merupakan hal yang mudah karena daun berbagai tanaman memiliki bentuk yang beraneka ragam sehingga memerlukan waktu yang lama dan alat ukur yang tepat. Untuk kepentingan hal tersebut perlu dicari sebuah solusi untuk mempermudah perhitungan luas daun secara mudah. Maka dibuatlah rancang bangun perhitungan area daun dengan objek kacang-kacangan dengan menggunakan citra digital. Alat yang dibuat cukup sederhana, yaitu kombinasi kotak kaca kecil, pipa paralon, serta *webcam*. Dibuatlah alat yang mampu memberikan kemudahan bagi para peneliti, dengan uji coba daun yang kacang-kacangan. Daun kacang memiliki daun yang majemuk, struktur yang lebih sulit, juga daun yang lebih lemas, sehingga sulit untuk diukur dengan manual.

Citra digital yang digunakan adalah *grayscale*, *threshold*, operasi bertetangga dan metode iterasi dilanjut dengan pemetaan jumlah pixel lalu dikonversikan satuan piksel per cm (sentimeter) kemudian perhitungan area daun yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling akan ditemukan. Hasilnya, alat cukup sederhana, murah serta tingkat akurasi cukup bersaing dengan LAM (Leaf Area Meter). Tingkat error dihitung dengan membandingkan hasil citra digital, LAM (Leaf Area Meter) dan perhitungan manual.

## ABSTRACT

Ali Ikhsanudin , Muhammad . 2013. **Design of Leaf Area Calculation Nuts Using Digital Image** . Thesis . Department of Informatics, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang .

Supervisor : ( I ) Dr . Suhartono , M.Kom ( II ) Suyono , M.P

**Keywords** : Calculation , Leaf Area , Delphi , Nuts , Digital Image .

Along with the times , people increasingly required to do everything not only quickly , but also must appropriate . Similarly, in the problems of measuring leaf area , leaf area measurement is needed in agriculture . Leaf area became the main parameter for the rate of photosynthesis per unit leaf area of plants is determined by .

Measurements of leaf area is needed as an indicator of the growth and physiological performance of a plant . Measure the leaf area is not an easy thing because the leaves of the plant have diverse forms that require a long time and precise measuring instruments . For the sake of it is necessary to find a solution to simplify the calculation of leaf area easily . Then be made to the design calculations leaf area with nuts object using digital imagery . Tool that is made quite simple , which is a combination of a small glass box , PVC pipe , and a webcam . Made a tool that is able to provide convenience to the researchers , the test leaves nuts . Bean leaves have a compound leaf , the structure is more difficult , it also leaves limp , making it difficult to measure with manual .

Used digital image is grayscale , threshold , and the neighboring operations continued iteration method by mapping the number of pixels and then converted in pixels per cm ( centimeter ) then the calculation of leaf area that includes the length , width , area and perimeter will be found . The result , the tool is quite simple , and cheap enough to compete with the accuracy rate of LAM ( Leaf Area Meter ) . Error rate is calculated by comparing the results of digital image , LAM ( Leaf Area Meter ) and manual calculations.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring perkembangan zaman, manusia semakin dituntut untuk melakukan segala sesuatu bukan hanya secara cepat, tetapi juga harus tepat. Demikian halnya dalam masalah pengukuran area daun, pengukuran luas daun sangat diperlukan pada bidang pertanian. Meskipun proses fotosintesis dapat berlangsung pada bagian lain dari pohon, daun secara umum dipandang sebagai organ fotosintesis utama pada tumbuhan. Daun berfungsi sebagai penerima cahaya dan fotosintesis. Atas dasar ini, luas daun menjadi parameter utama karena laju fotosintesis per satuan tumbuhan ditentukan oleh luas daun.

Pengukuran luas daun diperlukan sebagai indikator pertumbuhan dan kinerja fisiologis suatu tanaman. Fitter dan Hay (1992) mengemukakan bahwa jumlah luas daun menjadi penentu utama kecepatan pertumbuhan. Mengukur luas daun bukan merupakan hal yang mudah karena daun berbagai tanaman memiliki bentuk yang beraneka ragam sehingga memerlukan waktu yang lama dan alat ukur yang tepat. Untuk kepentingan hal tersebut perlu dicari sebuah solusi untuk mempermudah perhitungan luas daun secara mudah.

Tumbuhan sangatlah berpengaruh penting dalam kehidupan manusia diantaranya adalah tumbuhan pangan yang salah satunya adalah kacang-kacangan. Indonesia yang merupakan negara agraris sangat kaya akan kacang-kacangan. Selain sebagai sumber protein yang baik, kaya serat dan vitamin, kacang-kacangan juga bisa menjadi pengganti yang sehat untuk daging, dan diketahui

mengandung lebih banyak lemak sehat. Daunnya bisa menjadi sayur, obat dan lain sebagainya. Di Indonesia, kedelai menjadi sumber gizi protein nabati utama, tetapi Indonesia masih mengimpor sebagian besar kebutuhan kedelai.

Bagi umat manusia mempelajari tumbuhan merupakan bagian dari proses pembelajaran diri pada nilai-nilai agama dan untuk kembali mengingat ciptaan Allah. Sehingga bagi seorang muslim merupakan sebuah tuntutan untuk mempelajarinya. Hal ini sesuai dengan firman Allah:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ  
تَبْصِرَةً وَذِكْرًا لِكُلِّ عَبْدٍ مُنِيبٍ ﴿٧﴾ ﴿٨﴾

*Artinya: “Dan kami hamparkan bumi itu dan kami letakkan padanya gunung-gunung yang kokoh dan kami tumbuhkan segala macam tanaman yang indah dipandang mata, untuk menjadikan pelajaran dan peringatan bagi hamba-hamba yang kembali mengingat Allah.” (QS. Qaaf 50 : 7-8 ).*

Adapun dalam ayat di atas, Allah berfirman untuk mengambil pelajaran dari berbagai macam benda ataupun makhluk yang ada di bumi. Yang disebutkan adalah gunung-gunung serta berbagai macam tanaman, ini karena keduanya (gunung dan tanaman) memiliki nilai lebih untuk disebut dalam Al-quran. Selain indah dipandang mata (menjadi penghibur hati) digunakan untuk mempelajari, dan peringatan bagi seluruh umat manusia (muslim utamanya). Akan tetapi, tujuan utama ada pada kalimat terakhir “bagi hamba-hamba yang kembali mengingat Allah”, agar kembali ingat pada pencipta dunia serta isinya ini.

Sebagaimana firman Allah :

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾

Artinya: “Dan kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran.”  
(QS. Al-Hijr:19)

Sebagaimana sesungguhnya segala yang telah diciptakan di bumi, baik itu gunung-gunung dan tumbuhan diciptakan berdasarkan ukurannya. Begitu pula halnya dengan daun, yang merupakan salah satu bagian tumbuhan, memiliki ukuran tertentu berdasarkan izin Allah. Ukuran yang dimaksud adalah semua yang dapat dihitung dan ditentukan nilainya. Tentu dengan standart berbeda, baik ukuran dalam satuan luas, berat dan volume. Begitu halnya dengan daun tumbuhan, yang banyak tersebar di seluruh permukaan bumi, sebagai sumber kehidupan tumbuhan.

Sebagai hamba yang kembali mengingat Allah, mungkin perlu merenungkan sedikit tentang hubungan tumbuhan dan manusia. Tumbuhan memberikan makanan, obat, hiburan, sampai udara untuk bernafas manusia. Daun dengan proses fotosintesisnya memberikan O<sub>2</sub> (Oksigen) untuk bernafas manusia dan mengambil CO<sub>2</sub> (Karbon dioksida) dari udara bebas. Ada baiknya, dipahami dahulu apa itu proses fotosintesis dan lajunya. Daun merupakan organ utama tempat berlangsungnya fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari. Akan tetapi sering terjadi beberapa daun tidak terkena sinar matahari karena tertutup oleh daun lain. Ini dipengaruhi oleh jumlah daun yang optimum, sehingga memungkinkan distribusi (pembagian) cahaya antar daun lebih merata.

Distribusi cahaya yang lebih merata antar daun mengurangi kejadian saling menaungi antar daun sehingga masing-masing daun dapat bekerja sebagaimana mestinya. Hal ini adalah salah satu faktor internal yang turut mempengaruhi laju fotosintesis daun.

Selain luas daun, penting pula mengetahui indeks luas daun. Indeks luas daun merupakan gambaran tentang rasio permukaan daun terhadap luas tanah yang ditempati oleh tanaman. Laju pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh laju asimilasi bersih dan indeks luas daun. Laju asimilasi bersih yang tinggi dan indeks luas daun yang optimum akan meningkatkan laju pertumbuhan tanaman (Gardner *et al.*, 1991).

Pada bidang pertanian, pengukuran area daun tanaman biasanya dilakukan dengan metode kertas millimeter, gravimetri, planimeter, metode panjang kali lebar dan metode fotografi. Atau bisa juga menggunakan *Leaf Area Meter* (LAM), akan tetapi harganya cukup mahal dan jumlahnya terbatas bila menggunakan alat ukur yang ada. Dengan menggunakan perangkat keras, komunikasi data serta perangkat lunak, perhitungan area daun kacang-kacangan menggunakan citra digital dapat mengukur area daun yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling daun dengan tingkat presisi yang tinggi dan biaya yang murah. Perangkat keras yang meliputi: kamera (webcam), kotak kaca, lampu, pipa, tempat kertas dan menggunakan komunikasi data USB sebagai data keluarannya.

Penelitian ini nantinya akan menggunakan citra digital yang digunakan untuk mengolah gambar daun sehingga akan diperoleh informasi panjang, lebar, luas dan keliling daun. Pengolahan Citra sebagai representasi ilmu informatika

yang sampai saat ini perkembangannya dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak. Selain dari sisi pendidikan, terutama teknik informatika, pengolahan citra juga meluas ke ranah pertanian ataupun biologi. Masukan berupa citra ini amat membantu dari sisi penelitian ataupun penggunaan lanjutan. Dari wilayah pertanian ataupun biologi pengolahan citra dimanfaatkan untuk membantu proses pengamatan atau pertumbuhan suatu tanaman (dalam penelitian ini digunakan tanaman kacang-kacangan). Kacang-kacangan adalah jenis sayuran yang mencakup kacang buncis, kacang polong, kacang tanah dan kacang lentil. Kacang memiliki daun yang lebih unik, karena memiliki daun majemuk yang tidak bisa dengan mudah dihitung dengan fungsi tertentu. Sehingga sangat membutuhkan bantuan dari citra digital untuk mengetahui area daunnya.

Citra digital adalah gambar dua area  $f(x,y)$  dengan  $x$  maupun  $y$  adalah posisi koordinat sedangkan  $f$  merupakan amplitude pada posisi  $(x,y)$  yang sering dikenal sebagai intensitas atau *grayscale* (Gonzales, 2002). Nilai dari intensitas bentuknya adalah diskrit mulai dari 0 sampai dengan 255. Penelitian ini akan diimplementasikan pada sistem operasi *windows* karena aplikasi ini berbasis desktop dan masih banyak pengguna sistem operasi ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diungkapkan, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu: Bagaimana menghitung area yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling daun kacang-kacangan dengan menggunakan citra digital untuk mendapat hasil yang tidak berbeda jauh dengan hitung manual maupun *leaf area meter* dengan biaya yang murah?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penyusunan tugas skripsi tidak keluar dari pokok permasalahan yang dirumuskan, maka ruang lingkup pembahasan dibatasi pada:

1. Aplikasi ini dibangun berbasis desktop.
2. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Delphi 7*.
3. Menggunakan citra digital.
4. Tanaman kacang-kacangan yang diteliti adalah daun tanaman kedelai (*Glycine*), dan kacang panjang (*Phaseolus vulgaris*).
5. Format citra yang digunakan berupa format bitmap (.bmp).
6. Menentukan jarak antara kamera (*webcam*) dengan bidang sejauh 40 cm.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah membuat rancang bangun perhitungan area daun kacang-kacangan yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling menggunakan citra digital. Membuat alat dan aplikasi perhitungan area daun kacang-kacangan dengan alat/bahan yang sederhana, agar memberikan biaya yang lebih murah. Sehingga mampu memberikan alternatif bagi peneliti yang

membutuhkan perhitungan area daun dengan pembanding perhitungan manual dan *leaf area meter*.

### 1.5 Manfaat

Kegunaan yang dihasilkan dari penelitian dalam skripsi ini adalah:

1. Jika tidak memiliki banyak dana untuk membeli alat pengukur luas daun yang mahal, yaitu *Leaf Area Meter* (LAM), maka rancang bangun ini akan menjadi solusi untuk menghemat biaya.
2. Perhitungan manual perhitungan luas daun kacang-kacangan yang membutuhkan banyak waktu dapat lebih cepat jika menggunakan rancang bangun ini.
3. Memberikan tingkat presisi yang lebih tinggi untuk menjadikan penelitian ini layak dikembangkan dan digunakan.
4. Memudahkan penelitian selanjutnya tentang rancang bangun perhitungan luas daun yang lebih mutakhir lagi kedepannya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran dan kerangka yang jelas mengenai pokok bahasan dalam setiap bab dalam penelitian ini maka diperlukan sistematika pembahasan. Berikut gambaran sistematika pembahasan pada masing-masing bab:

#### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian batasan masalah dan sistematika pembahasan.

## **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan mengenai metode, konsep dan teori yang mendukung penulisan skripsi ini seperti pengertian citra digital, tanaman kacang-kacangan, *Grayscale*, *Thresholding*, perangkat lunak pengolahan data matematis dan perangkat keras.

## **BAB III: DESAIN SISTEM**

Pada bab ini akan dibahas tentang langkah dan pembuatan perangkat lunak serta rancangan program untuk mengukur area daun kacang-kacangan.

## **BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Meliputi hasil yang dicapai dari perancangan sistem dan implementasi program. Sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan dari pengujian sistem yang telah dibuat dan dapat disampaikan dalam sebuah pembahasan.

## **BAB V: PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang telah dicapai sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak-pihak yang berkepentingan serta kemungkinan pengembangannya

### **1.7 Metode Penelitian**

Pembuatan skripsi ini terbagi menjadi beberapa tahap pengerjaan yang tertera sebagai berikut:

1. Pengumpulan data–data yang diperlukan. Beberapa metode yang akan dipakai dalam pengumpulan data :

a. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian dan pemahaman literatur yang berhubungan dengan permasalahan citra digital dan perhitungan luas area daun. Literatur yang digunakan meliputi buku referensi, buku skripsi mahasiswa jurusan teknik informatika dan paper serta dokumentasi internet.

b. Persiapan penelitian

Melakukan penelitian dengan cara mencari bibit tanaman kacang-kacangan. Bibit ini bisa dibeli di pasar tradisional ataupun balai benih. Kemudian bibit itu ditanam pada *polybag* (pot plastik) atau tanah biasa, terpenting haruslah cukup subur. Dilakukan perawatan yang rutin agar bisa tumbuh subur. Setelah bibit itu tumbuh dan keluar daunnya yang cukup banyak, akan dipetik untuk di-*capture* untuk melakukan proses pengolahan citra.

c. *Browsing*

Melakukan pengamatan ke berbagai macam *website* di internet yang terkait dengan penelitian dan pengerjaan skripsi ini.

2. Perancangan dan pembuatan perangkat lunak

Setelah melakukan pelaksanaan penelitian dan kajian literature sehingga didapatkan data digital yang diperlakukan maka selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan perangkat lunak untuk mengukur area penampang daun kacang-kacangan.

3. Uji Coba Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahan dan keberhasilan program. Proses uji coba ini diperlakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dibuat sudah benar dan sesuai dengan karakteristik yang diterapkan serta tidak ada kesalahan didalamnya.

#### 4. Penelitian & Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan area daun kacang-kacangan dengan cara manual dan dengan alat dan aplikasi yang telah dibuat. Kemudian diberikan tabel perbandingan hasil presisi untuk memberikan tingkat keberhasilan penelitian rancang bangun ini.

#### 5. Penyusunan Buku Skripsi

Pada tahap ini dilakukan penulisan buku skripsi yang merupakan dokumentasi dari konsep atau teori penunjang, perancangan dan desain sistem, pembuatan perangkat lunak, dokumentasi dari uji coba dan analisis, serta kesimpulan dan saran.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Area Daun

Daun merupakan organ utama tempat berlangsungnya fotosintesis. Oleh karena itu jumlah daun yang optimum memungkinkan distribusi (pembagian) cahaya antar daun lebih merata. Distribusi cahaya yang lebih merata antar daun mengurangi kejadian saling menaungi antar daun sehingga masing-masing daun dapat bekerja sebagaimana mestinya.

Faktor internal yang turut mempengaruhi laju fotosintesis daun adalah kandungan klorofil daun. Daun yang memiliki kandungan klorofil tinggi diharapkan lebih efisien dalam menangkap energi cahaya matahari untuk fotosintesis (Lawlor, 1987, *cit.* Gardner *et al.*, 1991).

Salah satu pendekatan untuk mengetahui jumlah klorofil daun adalah dengan mengukur tingkat kehijauan daun. Daun yang lebih hijau diduga memiliki kandungan klorofil yang tinggi. Indeks luas daun dapat digunakan untuk menggambarkan tentang kandungan total klorofil daun tiap individu tanaman. Permukaan daun yang semakin luas diharapkan mengandung klorofil lebih banyak.

Selain luas daun perlu pula diketahui tentang indeks luas daun. Indeks luas daun merupakan hasil bersih asimilasi persatuan luas daun dan waktu. Luas daun tidak konstan terhadap waktu, tetapi mengalami penurunan dengan bertambahnya umur tanaman (Gardner *et al.*, 1991). Indeks luas daun merupakan gambaran tentang rasio permukaan daun terhadap luas tanah yang ditempati oleh tanaman.

Laju pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh laju asimilasi bersih dan indeks luas daun. Laju asimilasi bersih yang tinggi dan indeks luas daun yang optimum akan meningkatkan laju pertumbuhan tanaman (Gardner *et al.*, 1991).

Dalam hal ini, intensitas cahaya matahari sangat mempengaruhi pertumbuhan optimum tanaman dengan indeks luas daun yang berbeda-beda tergantung tinggi tanaman dan banyaknya sinar matahari yang diterima oleh tanaman tersebut (Gardner *et al.*, 1991).

Salah satu faktor lain yang mempengaruhi indeks luas daun adalah jumlah ketersediaan air yang diterima oleh tanaman. Semakin optimum air yang tersedia, maka semakin maksimal pertumbuhan tanaman dapat tercapai.

Terdapat beberapa cara untuk menentukan luas daun (Guswanto 2009), yaitu:

#### 1. Metode Kertas Milimeter

Metode ini menggunakan kertas milimeter dan peralatan menggambar untuk mengukur luas daun. Metode ini dapat diterapkan cukup efektif pada daun dengan bentuk daun relatif sederhana dan teratur. Pada dasarnya, daun digambar pada kertas milimeter yang dapat dengan mudah dikerjakan dengan meletakkan daun di atas kertas milimeter dan pola daun diikuti. Luas daun ditaksir berdasarkan jumlah kotak yang terdapat dalam pola daun. Sekalipun metode ini cukup sederhana, waktu yang dibutuhkan untuk mengukur suatu luasan daun relatif lama, sehingga ini tidak cukup praktis diterapkan apabila jumlah sampel banyak.

## 2. Gravimetri

Metode ini menggunakan timbangan dan alat pengering daun (*oven*). Pada prinsipnya luas daun ditaksir melalui perbandingan berat (*gravimetri*). Ini dapat dilakukan pertama dengan menggambar daun yang akan ditaksir luasnya pada sehelai kertas, yang menghasilkan replika (tiruan) daun. Replika daun kemudian digunting dari kertas yang berat dan luasnya sudah diketahui. Luas daun kemudian ditaksir berdasarkan perbandingan berat replika daun dengan berat total kertas.

## 3. Planimeter

Planimeter merupakan suatu alat yang sering digunakan untuk mengukur suatu luasan dengan bentuk yang tidak teratur dan berukuran besar seperti peta. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur luas daun apabila bentuk daun tidak terlalu rumit. Jika daun banyak dan berukuran kecil, metode ini kurang praktis karena membutuhkan banyak waktu. Suatu hal yang perlu diingat dalam penggunaan planimeter adalah bahwa pergeseran alat yang searah dengan jarum jam merupakan faktor yang menentukan tingkat ketelitian pengukuran. Ini sering menjadi masalah pada pengukuran daun secara langsung karena pinggiran daun yang tidak dapat dibuat rata dengan tempat pengukuran sekalipun permukaan tempat pengukuran telah dibuat rata dan halus.

## 4. Metode Panjang Kali Lebar

Metode yang dipakai untuk daun yang bentuknya teratur, luas daun dapat ditaksir dengan mengukur panjang dan lebar daun.

## 5. Metode Fotografi

Metode ini sangat jarang digunakan. Dengan metode ini, daun-daun tanaman ditempatkan pada suatu bidang datar yang berwarna terang (putih) dipotret bersama-sama dengan suatu penampang atau lempengan (segi empat) yang telah diketahui luasnya. Luas hasil foto daun dan lempengan acuan dapat kemudian diukur dengan salah satu metode yang sesuai sebagaimana diuraikan di atas seperti planimeter. Luas daun kemudian dapat ditaksir kemudian berdasarkan perbandingan luas hasil foto seluruh daun dengan luas lempengan acuan tersebut.

Pengukuran area daun dapat dilakukan dengan memetik daun maupun tanpa memetik daun. Bilamana pengukuran harus dilakukan dengan cara memetik daun bersangkutan, maka tanaman mengalami kerusakan daun. Daun-daun tersebut kemudian diukur dengan menggunakan alat *Leaf Area Meter* (LAM) ataupun metode timbang. Sebaliknya pengukuran dengan tanpa memetik daun, maka tanaman akan tetap tumbuh baik karena daun-daun tidak berkurang atau bahkan habis terpetik. Pengukuran daun dengan tidak memetik daun dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan atau rumus. Pengukuran luas daun dengan tidak harus memetik daun merupakan teknik pengukuran yang lebih baik karena tanaman tidak rusak dan pengukuran cepat serta tidak mensyaratkan peralatan yang mungkin sulit tersedianya. Pada karet digunakan persamaan regresi terhadap ukuran panjang dan lebar daun (Suhendry dan Alwi 1987). Pada beberapa tanaman pangan seperti jagung dan kedelai digunakan faktor koreksi terhadap luas daun yang diperoleh dari

pengukuran panjang dan lebar daun (Pearce *et al.* 1988) demikian pula pada daun angka (Goonasekera 1978).

Pengukuran luas daun dengan menggunakan pendekatan faktor koreksi maupun dengan alat LAM, menunjukkan tingkat konsistensi yang berbeda. Pengukuran yang cepat dan mudah tentunya akan diperoleh dengan menggunakan LAM. Akan tetapi untuk ukuran daun yang besar diperlukan ketelitian ekstra, karena daun-daun berukuran besar perlu dipotong dan kemudian ditata secara hati-hati pada permukaan alat dan saat menutup daun-daun tidak terlipat. Kondisi tenaga baterai perlu diperhatikan pula, dengan tingkat kekuatan baterai yang mulai melemah akan menghasilkan kesalahan pengukuran. Gejala yang nampak pada saat baterai melemah adalah pengulangan pengukuran satu sampel daun yang sama akan memberikan hasil yang berbeda jauh.

Penggunaan LAM sangat baik digunakan untuk mengukur luas daun dari suatu tanaman yang memang dalam percobaan akan dirusak (destruktif). Namun bagi tanaman yang diperlukan untuk pengukuran berulang dan menghindari pengrusakan daun, maka penggunaan teknik pengukuran lainnya diperlukan. Penggunaan teknik pengukuran lainnya akan sangat diperlukan bilamana alat LAM tidak dimiliki atau tidak tersedia. Tanpa merusak daun atau memetik daun dari tanaman, luas daun masih dapat dihitung, yaitu dengan menggunakan faktor koreksi luas daun. Belum lagi dengan pertimbangan harga LAM yang menyentuh angka ratusan juta.

## 2.2 Citra Digital

Citra digital adalah gambar dua area yang dapat ditampilkan pada layar monitor komputer sebagai himpunan berhingga (diskrit) nilai digital yang disebut pixel (*picture elements*). Pixel adalah elemen citra yang memiliki nilai yang menunjukkan intensitas warna. Berdasarkan cara penyimpanan atau pembentukannya, citra digital dapat dibagi menjadi dua jenis. Jenis pertama adalah citra digital yang dibentuk oleh kumpulan pixel dalam array dua area. Citra jenis ini disebut citra bitmap (*bitmap image*) atau citra raster (*raster image*). Jenis citra yang kedua adalah citra yang dibentuk oleh fungsi-fungsi geometri dan matematika. Jenis citra ini disebut grafik vektor (*vector graphics*). Dalam pembahasan skripsi ini, yang dimaksud citra digital adalah citra bitmap.

Citra digital (diskrit) dihasilkan dari citra analog (*kontinu*) melalui digitalisasi digitalisasi citra analog terdiri atas penerokan (*sampling*) dan kuantisasi (*quantization*). Penerokan adalah pembagian citra ke dalam elemenelemen diskrit (*pixel*), sedangkan kuantisasi adalah pemberian nilai intensitas warna pada setiap *pixel* dengan nilai yang berupa bilangan bulat (G.W. Awcock, 1996).

Banyaknya nilai yang dapat digunakan dalam kuantisasi citra bergantung kepada kedalaman pixel, yaitu banyaknya bit yang digunakan untuk merepresentasikan intensitas warna pixel. Kedalaman pixel sering disebut juga kedalaman warna. Citra digital yang memiliki kedalaman pixel  $n$  bit disebut juga citra  $n$ -bit.

Setiap citra digital memiliki beberapa karakteristik, antara lain ukuran citra, resolusi dan format nilainya. Umumnya citra digital berbentuk persegi panjang yang memiliki panjang dan lebar tertentu. Ukuran ini biasanya dinyatakan dalam banyaknya titik atau piksel (dalam bahasa Inggris pixel yang berasal dari kata *picture element*) sehingga ukuran citra selalu bernilai bulat.

Ukuran citra dapat dinyatakan secara fisik dalam satuan panjang, misalkan mm, cm dan inch. Dalam hal ini tentu saja harus ada hubungan antara titik penyusun citra dengan satuan panjang. Hal tersebut dinyatakan dengan resolusi yang merupakan ukuran banyaknya titik untuk setiap satuan panjang.

Citra digital tersusun atas titik – titik yang biasanya berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar (pada beberapa sistem pencitraan, piksel – piksel penyusun citra ada juga yang berbentuk persegi enam) yang secara beraturan membentuk baris dan kolom. Setiap titik memiliki koordinat sesuai dengan posisinya dalam citra. Koordinat ini biasanya dinyatakan dalam bilangan bulat positif, yang dapat dimulai dari 0 atau 1 bergantung pada sistem yang digunakan. Dalam Delphi koordinat titik dalam citra dimulai dari 0.

Berdasarkan warna-warna penyusunnya, citra digital dapat dibagi menjadi empat macam (Balza Achmad dan Kartika Firdausi, 2013) yaitu:

### **1. Citra biner (*Monokrom*)**

Pada citra biner, setiap titik bernilai 0 dan 1 dan masing-masing mempresentasikan warna tertentu. Contoh yang paling lazim adalah warna hitam bernilai 0 dan warna putih bernilai 1. Pada standar citra untuk ditampilkan di layar komputer, nilai biner ini berhubungan dengan ada

atau tidaknya cahaya yang ditembakkan oleh electron gun yang terdapat dalam monitor computer. Angka 0 menyatakan tidak ada cahaya maka warna yang direpresentasikan adalah hitam. Untuk angka 1 terdapat cahaya sehingga warna yang direpresentasikan adalah putih. Standart ini disebut sebagai standar citra cahaya, sedangkan standar citra tinta/cat adalah berkebalikan dengan citra biner tersebut menyatakan ada atau tidaknya tinta.

Setiap titik pada citra hanya membutuhkan 1 bit sehingga setiap byte dapat menampung informasi delapan titik. Data digital sering dinyatakan dalam bentuk bilangan heksadesimal dan pada bahasa Pascal (Delphi) diberi symbol \$ di depannya. Angka 8 bit (1 byte) dapat ditulis dalam 2 digit/karakter heksadesimal.

Gambar 2.2.1 menunjukkan contoh representasi citra biner ke dalam data digital.

	= 10011101 = \$9D
	= 01101110 = \$6A
	= 01101101 = \$6D
	= 10011110 = \$91

Gambar 2.2.1 Citra biner dan representasinya dalam data digital.

Seperti yang sudah disebutkan di atas, citra biner hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan: hitam dan putih. Pixel-pixel objek bernilai 1 dan pixel-pixel latar belakang bernilai 0. pada waktu menampilkan gambar, adalah putih dan 1 adalah hitam. Jadi pada citra biner, latar belakang berwarna putih sedangkan objek berwarna hitam seperti tampak pada gambar 2.2.1. Meskipun komputer saat ini dapat

memproses citra hitam-putih (grayscale) maupun citra berwarna, namun citra biner masih tetap di pertahankan keberadaannya. Alasan penggunaan citra biner adalah karena citra biner memiliki sejumlah keuntungan sebagai berikut:

1. Kebutuhan memori kecil karena nilai derajat keabuan hanya membutuhkan representasi 1 bit.
2. Waktu pemrosesan lebih cepat di bandingkan dengan citra hitamputih ataupun warna.

## 2. Citra Skala Keabuan (grayscale)

Citra skala keabuan member kemungkinan warna yang lebih banyak daripada citra biner karena ada nilai nilai lain diantara nilai minimum (biasanya = 0) dan nilai maksimumnya. Banyaknya kemungkinan nilai dan nilai maksimumnya bergantung pada jumlah bit yang digunakan. Sebagai contoh untuk skala keabuan 4 bit maka jumlah kemungkinan nilainya adalah  $2^4 = 16$  dan nilai maksimumnya adalah  $2^4 - 1 = 15$ ; sedangkan untuk skala keabuan 8 bit maka jumlah kemungkinan nilainya adalah  $2^8 = 256$  dan nilai maksimumnya adalah  $2^8 - 1 = 255$ . Mata manusia pada umumnya hanya mempunyai hanya mempunyai kemampuan untuk membedakan maksimal 40 tingkat skala keabuan. Untuk citra tampak (visible image) dipilih skala keabuan lebih dari 40. Pada umumnya citra skala keabuan menggunakan jumlah bit 8, sesuai dengan satuan memori computer (byte); sedangkan untuk citra medis, kebanyakan berukuran 12 atau 16 bit.





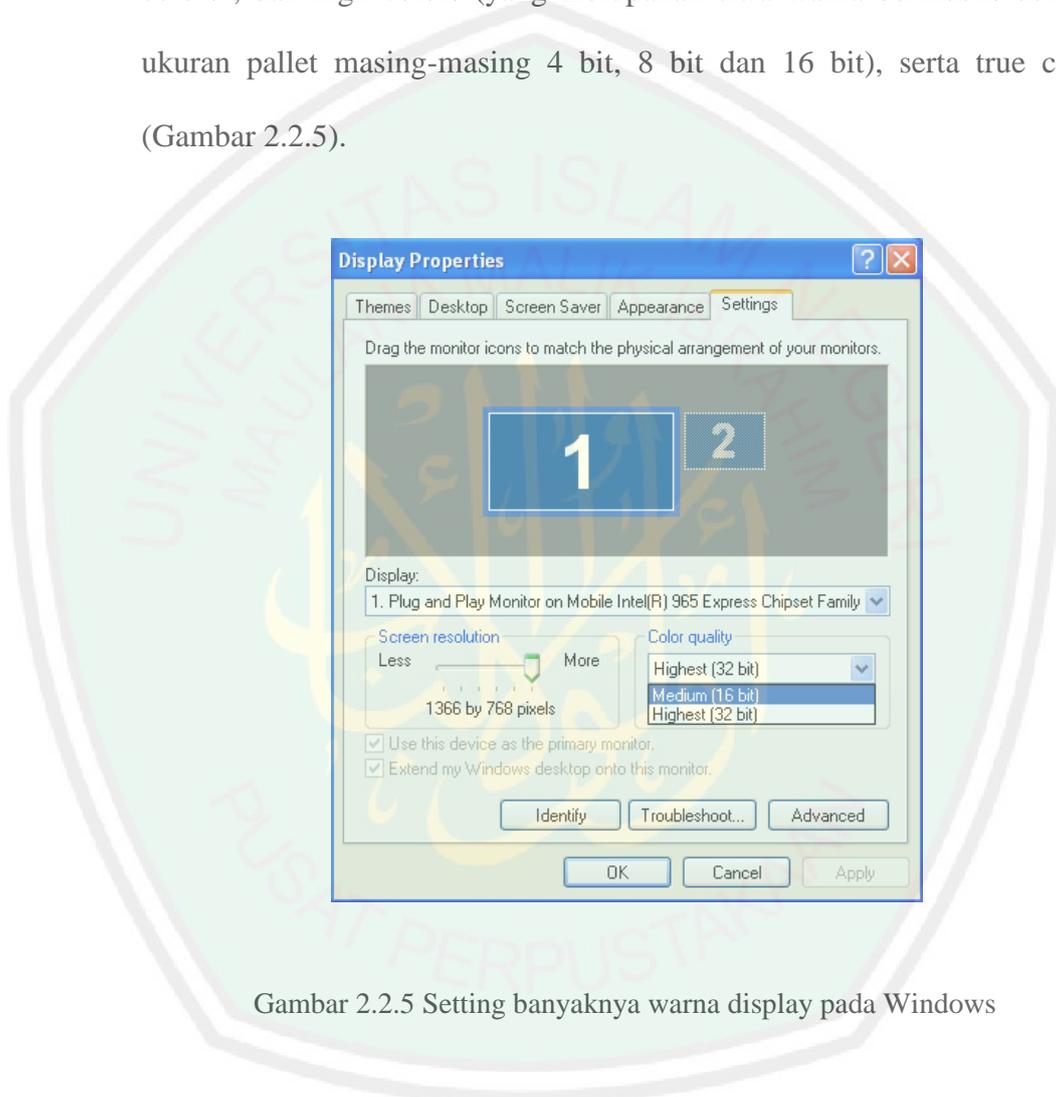
disediakan format citra warna berindeks. Pada format ini, informasi setiap titik merupakan indeks dari suatu tabel yang berisi informasi warna yang tersedia, yang disebut palet warna (beberapa buku menyebutnya sebagai color map). Jumlah bit yang dibutuhkan untuk setiap bit dalam citra bergantung pada jumlah warna yang tersedia dalam palet warna. Sebagai contoh, untuk palet berukuran 16 warna, setiap titik membutuhkan 4 bit dan untuk palet berukuran 256 warna, setiap titik membutuhkan 8 bit atau 1 byte. Palet warna merupakan bagian dari citra warna berindeks sehingga pada saat menyimpan citra ini ke dalam sebuah file, informasi palet warna juga harus diikuti sertakan. Keuntungan pemakaian palet warna ini adalah kita dapat dengan cepat memanipulasi warna tanpa harus mengubah informasi pada setiap titik dalam citra. Keuntungan lainnya adalah besarnya data yang diperlukan untuk menyimpan citra ini lebih kecil dibandingkan dengan citra warna true color.

Gambar 2.2.4 merupakan contoh representasi citra warna berindeks ke dalam data digital.

				= 4 5 2 3 = \$45 23		indeks	R	G	B
				= 9 13 7 14 = \$9D 7E		0	51	51	51
				= 12 0 4 1 = \$60 41		1	95	95	95
				= 11 10 6 15 = \$BA 6F		2	128	128	128
						3	128	128	0
						4	255	255	255
						5	255	0	0
						...15	255	0	255

Gambar 2.2.4 Citra warna berindeks 4 bit

Setting warna display pada Microsoft Windows biasanya memiliki beberapa pilihan sesuai dengan format citra, yaitu forma 16 colors, 256 colors , dan high colors (yang merupakan citra warna berindeks dengan ukuran pallet masing-masing 4 bit, 8 bit dan 16 bit), serta true color (Gambar 2.2.5).



Gambar 2.2.5 Setting banyaknya warna display pada Windows

### 2.2.1 Operasi Pengolahan Citra

Pengolahan citra pada dasarnya dilakukan dengan cara memodifikasi setiap titik dalam citra tersebut sesuai keperluan. Secara garis besar, modifikasi tersebut dikelompokkan menjadi:

1. Operasi titik, di mana setiap titik diolah secara tidak menempel terhadap titik-titik yang lain.

2. Operasi global, di mana karakteristik global (biasanya berupa sifat statistic) dari citra digunakan untuk memodifikasi nilai setiap titik.
3. Operasi temporal/berbasis bingkai, di mana citra diolah dengan cara dikombinasikan dengan citra lain.
4. Operasi geometri, yaitu operasi pengolah citra yang berhubungan dengan perubahan bentuk geometri citra, baik bentuk, ukuran, atau orientasinya. Beberapa contoh pada operasi geometri, di antaranya: pencerminan (*flipping*), rotasi/pemutaran (*rotating*), penskalaan (*scaling/zooming*), pemotongan (*cropping*), dan pendoyongan (*skew*).
5. Operasi banyak titik bertetangga, di mana data dari titik-titik yang bersebelahan (bertetangga) dengan titik yang ditinjau ikut berperan dalam mengubah nilai.
6. Operasi morfologi, yaitu operasi yang berdasarkan segmen atau bagian dalam citra yang menjadi perhatian (Balza, 2005: 5).

- a. Pengambangan gambar (*Image Thresholding*)

Pengambangan gambar (*Image thresholding*) digunakan untuk mengubah citra dengan format skala keabuan (*grayscale*), yang mempunyai kemungkinan nilai lebih dari 2 ke citra biner yang hanya memiliki 2 buah nilai (0 dan 1). Tujuan dari *thresholding* adalah proses untuk memisahkan *foreground* (latar depan) dengan *background* (latar belakang) dari suatu citra. Proses *thresholding* dilakukan dengan cara melihat perbedaan intensitas warna dari suatu citra.

*Input* untuk proses *thresholding* ialah citra abu-abu (*grayscale image*) atau citra warna (*color image*). *Output* dari proses ini ialah *binary image*, yang mana piksel hitam mewakili *foreground* dan piksel putih mewakili *background*, atau sebaliknya. *Binary image* adalah suatu *image* yang mana pikselnya hanya memiliki dua nilai intensitas. Nilai intensitas yang sering digunakan yaitu 0 untuk piksel hitam, 1 atau 255 untuk piksel putih.

Dalam image *tresholding* ini, ditentukan nilai T setelah melihat gray level dari citra tersebut. T adalah nilai minimum di antara 2 nilai maksimal yang ada pada nilai gray level citra tersebut. Proses selanjutnya adalah mengganti setiap intensitas warna yang ada dalam citra tersebut. Jika intensitas warnanya lebih kecil atau sama dengan T maka intensitasnya diganti '0'. Tetapi jika intensitas warnanya lebih besar atau sama dengan T maka intensitasnya diganti '1'.

Dari proses tresholding di atas maka akan didapat hasilnya apabila jumlah warna piksel mempunyai kedalaman warna yang kurang dari nilai tresholding maka warna piksel tersebut akan menjadi 0 (hitam) dan juga sebaliknya (Balza. 2005: 72).

### **2.2.2 Format Berkas Bitmap (BMP)**

Citra disimpan didalam berkas (*file*) dengan format tertentu. Format citra yang baku dilingkungan sistem operasi Microsoft Windows

dan IBM OS/2 adalah berkas bitmap (BMP). Pada saat ini format BMP memang ”kalah” populer jika dibandingkan dengan format JPG atau GIF. Hal ini juga yang menyebabkan format BMP sudah jarang digunakan.

Meskipun format BMP tidak bagus dari segi ukuran berkas, namun format BMP mempunyai kelebihan dari segi kualitas gambar. Citra dalam format BMP lebih bagus dari citra dalam format lainnya, karena citra dalam format BMP umumnya tidak dimampatkan sehingga tidak ada informasi yang hilang. Terjemahan bebas dari bitmap (BMP) adalah pemetaan bit. Artinya, nilai intensitas pixel didalam citra dipetakan kesejumlah bit tertentu. Peta bit yang umum adalah 8, artinya setiap pixel panjangnya 8 bit. 8 bit ini merepresentasikan nilai intensitas pixel. Dengan demikian ada sebanyak  $2^8 = 256$  derajat keabuan, yang dimulai dari 0 sampai 255.

Citra dalam format BMP ada tiga macam, yakni: citra biner, citra berwarna, dan citra hitam-putih (grayscale). *Citra biner* hanya mempunyai dua nilai keabuan, 0 dan 1. Oleh karena itu, 1 bit sudah cukup untuk merepresentasikan nilai pixel. *Citra berwarna* adalah citra yang lebih umum. Warna yang terlihat pada citra bitmap merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau dan biru. Setiap pixel disusun oleh tiga komponen warna: R (*red*), G (*green*), dan B (*blue*). Kombinasi dari tiga warna RGB tersebut menghasilkan warna yang has untuk pixel yang bersangkutan. Pada citra 256 warna, setiap pixel panjangnya 8 bit, tetapi komponen warna RGB-nya disimpan dalam tabel RGB yang disebut

dengan *palet*. Setiap komponen panjangnya 8 bit, jadi ada 256 nilai keabuan untuk warna merah, 256 nilai keabuan untuk warna hijau, dan 256 nilai keabuan untuk warna biru.

Nilai setiap pixel tidak menyatakan derajat keabuannya secara langsung, akan tetapi nilai pixel menyatakan indeks dari tabel RGB yang memuat nilai keabuan merah ( $R$ ), nilai keabuan hijau ( $G$ ), dan nilai keabuan biru ( $B$ ) untuk pixel yang bersangkutan. Pada citra hitam-putih (*grayscale*), nilai  $R = G = B$  untuk menyatakan bahwa citra hitam-putih (*grayscale*) hanya mempunyai satu kanal warna. Citra hitam-putih (*grayscale*) umumnya adalah citra 8 bit. (Usman Ahmad, 2005:14).

### 2.2.3 Proses Perubahan Citra Berwarna Menjadi Grayscale

Proses awal yang banyak dilakukan dalam image processing adalah mengubah citra berwarna menjadi citra *grayscale*, hal ini digunakan untuk menyederhanakan model citra. Pada awalnya citra terdiri dari 3 layer matrik yaitu *R-layer*, *G-layer* dan *B-layer*. Sehingga untuk melakukan proses-proses selanjutnya tetap diperhatikan tiga layer di atas. Bila setiap proses perhitungan dilakukan menggunakan tiga layer, berarti dilakukan tiga perhitungan yang sama. Sehingga konsep itu diubah dengan mengubah 3 layer di atas menjadi 1 layer matrik *grayscale* dan hasilnya adalah citra *grayscale*. Dalam citra ini tidak ada lagi warna, yang ada adalah derajat keabuan. Untuk mengubah citra berwarna yang mempunyai nilai matrik masing-masing  $R$ ,  $G$  dan  $B$  menjadi citra *grayscale* dengan

nilai  $s$ , maka konversi dapat dilakukan dengan mengambil rata-rata dari nilai  $R$ ,  $G$  dan  $B$  sehingga dapat dituliskan menjadi seperti berikut:

$$s = \frac{R + G + B}{3}$$

*Grayscale* (skala keabuan) merupakan suatu istilah untuk menyebutkan satu citra yang memiliki warna putih, abu-abu dan hitam. Format citra ini disebut skala keabuan karena pada umumnya warna yang dipakai adalah antara hitam sebagai warna minimal dan warna putih sebagai warna maksimalnya, sehingga warna antaranya adalah abu-abu.

Citra skala keabuan memberi kemungkinan warna yang lebih banyak daripada citra biner, karena ada nilai-nilai lain diantara nilai minimum (biasanya = 0) dan nilai maksimumnya. Pada citra digital banyaknya kemungkinan nilai dan nilai maksimumnya bergantung pada jumlah bit yang digunakan. Misalnya pada citra skala keabuan 4 bit, maka jumlah kemungkinan nilainya adalah = 16 dan nilai maksimumnya adalah  $-1 = 15$ . Sedangkan untuk skala keabuan 8 bit, maka jumlah kemungkinan nilainya adalah = 256, dan nilai maksimumnya adalah  $-1 = 255$ . Sehingga Makin besar angka grayscale, citra yang terbentuk makin mendekati kenyataan (Balza dan Kartika, 2005:9).

#### **2.2.4 Pengambangan (*Thresholding*)**

Operasi pengambangan (*thresholding*) digunakan untuk mengubah citra dengan skala keabuan, yang mempunyai kemungkinan lebih dari dua ke citra biner yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 dan 1 (255). Dalam

hal ini, titik dengan rentang nilai keabuan tertentu diubah menjadi berwarna hitam dan sisanya menjadi putih atau sebaliknya.

Pada umumnya terdapat dua operasi pengambangan yang lazim digunakan, yaitu pengambangan tunggal dan pengambangan ganda.

- **Pengambangan Tunggal**

Operasi ini memiliki sebuah nilai batas ambang yang dipergunakan dapat berupa :

$$K_0 = \begin{cases} 0, & \text{jika } K_i < \text{ambang} \\ 1, & \text{jika } K_i \geq \text{ambang} \end{cases}$$

Atau

$$K_0 = \begin{cases} 0, & \text{jika } K_i \geq \text{ambang} \\ 1, & \text{jika } K_i < \text{ambang} \end{cases}$$

Pada format citra biner, setiap piksel hanya memiliki dua buah nilai sehingga hanya memerlukan 1 bit memory untuk menyimpannya. Sementara ukuran memory adalah byte (8 bit). Sehingga setiap byte memory digunakan untuk menyimpan informasi 8 piksel sekaligus. Hal ini menyulitkan dalam pengolahan titik citra yang biasanya dilakukan titik per titik karena memerlukan operasi manipulasi bit. Oleh sebab itu citra biner hasil pengolahan tetap dalam format keabuan sehingga setiap byte memori hanya menyimpan informasi satu titik. Dengan demikian pengolahan jadi lebih mudah dilakukan Meskipun format citra adalah keabuan, namun hanya 2 nilai yang digunakan, yaitu 0 dan 255. Hal ini dilakukan untuk memanipulasi citra biner.

Untuk citra true color, sebelum dilakukan pengambangan ditentukan terlebih dahulu keabuan piksel yang merupakan rerata dari nilai ketiga elemen warnanya. Selanjutnya ketiga elemen warna hasil diberi nilai yang sama (0 atau 255) berdasarkan kondisi nilai ambangnya.

- **Pengambangan Ganda**

Perubahan skala keabuan menjadi citra biner juga dapat dilakukan memakai ambang ganda, yaitu ambang bawah dan ambang atas dengan menggunakan GST sebagai berikut :

$$K_0 = \begin{cases} 0, & \text{jika ambang bawah} \leq K_i \leq \text{ambang atas} \\ 1, & \text{lainnya} \end{cases}$$

Atau

$$K_0 = \begin{cases} 1, & \text{jika ambang bawah} \leq K_i \leq \text{ambang atas} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

Pengambangan ganda dilakukan jika kita bermaksud untuk menampilkan titik-titik yang mempunyai rentang nilai keabuan tertentu.

### 2.2.5 Operasi Bertetangga

Sebuah citra dikatakan baik apabila benar – benar mencerminkan kondisi sesungguhnya dari objek yang dicitrakan. Dengan demikian, citra yang ideal mempunyai hubungan korespondensi satu – satu. Artinya, sebuah titik pada citra yang dipetakan tepat ke sebuah titik pada citra. Demikian pula yang sebaliknya, setiap titik pada citra mewakili sebuah



### 2.2.7 Metode Iterasi

Metode Iterasi adalah bentuk khusus dari algoritma *K-Means* dimana  $K=2$ . Metode iterasi dimulai dengan memilih batas (*threshold*) secara sembarang (perkiraan) sebagai nilai awal.

Dalam proses iteratif, dimulai dengan aproksimasi  $x_0$  untuk suatu akar  $\alpha$  dan dari hasil tersebut dilakukan aproksimasi  $x_1$  sebelum aproksimasi  $x_2$  demikian seterusnya. Dengan proses yang efektif nilai-nilai yang diperoleh  $x_1, x_2, x_3, \dots$  makin lama makin mendekati akar  $\alpha$ . Proses tersebut diteruskan sehingga aproksimasi dengan ketelitian yang diinginkan diperoleh. Jadi untuk suatu proses iteratif kita perlukan kedua hal berikut :

- (i) Aproksimasi  $x_0$ , dan
- (ii) Metode atau formula untuk memperoleh aproksimasi  $x_{n+1}$  dalam suku-suku dari aproksimasi  $x_n$ .

### 2.3 Komponen *JHVideoCap*

Komponen *JHVideoCap* adalah komponen tambahan yang digunakan untuk mengakses *webcam* atau kamera. Komponen standart dari Delphi tidak dapat digunakan untuk mengakses kamera digital atau *webcam*, sehingga diperlukan komponen tambahan untuk menangkap (*capture*) citra atau *frame* dari *webcam* baik untuk penangkapan citra secara tunggal maupun dalam bentuk citra dinamik (*multiframe*). Banyak komponen yang diperlukan untuk keperluan itu terdapat di internet. Namun, hampir semua komponen tersebut merupakan produk *shareware* yang umumnya memiliki beberapa kekurangan diantaranya, hanya dapat dipakai dalam waktu tertentu atau dapat digunakan tanpa batas waktu tetapi komponen tersebut meninggalkan jejak dengan mencantumkan tulisan tertentu pada setiap frame yang ditangkap oleh kamera.



Gambar 2.3 Komponen *JHVideoCap*

*JHVideoCap* dipilih karena merupakan produk yang bersifat *freeware* dan boleh digunakan untuk semua aplikasi tanpa harus membayar. Paket *JHVideoCap* terdiri dari 2 komponen yaitu: *TVideoCap* yang digunakan untuk menangkap frame langsung dari *webcam*. *TVideoDisp* digunakan untuk menampilkan frame bitmap. Paket *JHVideoCap* dapat diunduh secara gratis di <http://www.torry.net/vcl/mmedia/video/jhvideocap.zip> .

## 2.4 Tanaman Kacang-kacangan dan Morfologi Daunnya

Kacang-kacangan adalah jenis sayuran yang mencakup kacang buncis, kacang polong, kacang tanah dan kacang lentil. Kacang adalah istilah non-botani yang biasa dipakai untuk menyebut biji sejumlah tumbuhan polong-polongan (namun tidak semua). Dalam percakapan sehari-hari, kacang dipakai juga untuk menyebut buah (polong) atau bahkan tumbuhan yang menghasilkannya. Di Jakarta, kata "kacang" biasanya dimaksudkan untuk polong kacang tanah. Kata ini sebenarnya dipakai untuk menyebut biji kering yang berbentuk menyerupai ginjal dan dimakan setelah dikeringkan.

Pengertian "kacang" tidak sama dengan *nut* dalam bahasa Inggris, namun lebih dekat dengan pengertian *pulse* ditambah dengan kedelai, kacang tanah dan sejumlah sayuran legum (kacang panjang).

Kacang biasanya mengandung protein dan/atau lemak yang cukup tinggi, sehingga banyak yang dihargai sebagai bahan pangan yang penting. Biji legum kering yang besar dan mengandung banyak tepung biasanya tidak disebut "kacang", melainkan "kara" atau "koro".

Selain membahas tentang kacang-kacangan subbab ini juga akan membahas tentang morfologi daun kacang-kacangan itu sendiri. Daun yang merupakan salah satu organ penting tumbuhan, di mana daun ini tumbuh dari ranting. Umumnya memiliki warna hijau (mengandung klorofil) dan terutama berfungsi menangkap energi dari cahaya matahari untuk proses fotosintesis.

Begitu pula hal ini berlaku untuk daun kacang-kacangan yang dibahas dalam penelitian kali ini.

#### 1. Kedelai (*Glycine*) dan morfologi daunnya

Pada awalnya, kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja* dan *Soja max*. Namun pada tahun 1948 telah disepakatibahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* (L.) Merrill.

Kedelai merupakan tanaman pangan berupa semak yang tumbuh tegak. Kedelai jenis liar *Glycine ururiensis*, merupakan kedelai yang menurunkan berbagai kedelai yang kita kenal sekarang (*Glycine max* (L) Merrill). Di Indonesia, yang dibudidayakan mulai abad ke-17 sebagai tanaman makanan dan pupuk hijau. Penyebaran tanaman kedelai ke Indonesia berasal dari daerah Manshukuo menyebar ke daerah Mansyuria: Jepang (Asia Timur) dan ke negara-negara lain di Amerika dan Afrika.

Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut :

Divisio : *Spermatophyta*

Classis : *Dicotyledoneae*

Ordo : *Rosales*

Familia : *Papilionaceae*

Genus : *Glycine*

Species : *Glycine max* (L.) Merrill

## Morfologi Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai umumnya tumbuh tegak, berbentuk semak, dan merupakan tanaman semusim. Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun, batang, polong, dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal.

### 1. Akar

Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji yang muncul di sekitar misofil. Calon akar tersebut kemudian tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri dari dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan yang cepat dari hipokotil. Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Selain itu kedelai juga seringkali membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Pada umumnya, akar adventif terjadi karena cekaman tertentu, misalnya kadar air tanah yang terlalu tinggi. Perkembangan akar kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah, jenis tanah, cara pengolahan lahan, kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah. Pertumbuhan akar tunggang dapat mencapai panjang sekitar 2 m atau lebih pada kondisi yang optimal, namun demikian, umumnya akar tunggang hanya tumbuh pada kedalaman lapisan tanah olah yang tidak terlalu dalam, sekitar 30-50 cm. Sementara akar serabut dapat tumbuh pada kedalaman tanah sekitar 20-30 cm. Akar

serabut ini mula-mula tumbuh di dekat ujung akar tunggang, sekitar 3-4 hari setelah berkecambah dan akan semakin bertambah banyak dengan pembentukan akar-akar muda yang lain.

## 2. Batang dan cabang

Hipokotil pada proses perkecambahan merupakan bagian batang, mulai dari pangkal akar sampai kotiledon. Hipokotil dan dua keeping kotiledon yang masih melekat pada hipokotil akan menerobos ke permukaan tanah. Bagian batang kecambah yang berada di atas kotiledon tersebut dinamakan epikotil. Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe determinate dan indeterminate. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe indeterminate dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Disamping itu, ada varietas hasil persilangan yang mempunyai tipe batang mirip keduanya sehingga dikategorikan sebagai semi-determinate atau semiindeterminate. Jumlah buku pada batang tanaman dipengaruhi oleh tipe tumbuh batang dan periode panjang penyinaran pada siang hari. Pada kondisi normal, jumlah buku berkisar 15-30 buah. Jumlah buku batang indeterminate umumnya lebih banyak dibandingkan batang determinate. Cabang akan muncul di batang tanaman. Jumlah cabang

tergantung dari varietas dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak bercabang. Jumlah batang bisa menjadi sedikit bila penanaman dirapatkan dari 250.000 tanaman/hektar menjadi 500.000 tanaman/hektar.

#### 4. Bunga

Tanaman kacang-kacangan, termasuk tanaman kedelai, mempunyai dua stadia tumbuh, yaitu stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif mulai dari tanaman berkecambah sampai saat berbunga, sedangkan stadia reproduktif mulai dari pembentukan bunga sampai pemasakan biji. Tanaman kedelai di Indonesia yang mempunyai panjang hari rata-rata sekitar 12 jam dan suhu udara yang tinggi ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), sebagian besar mulai berbunga pada umur antara 5-7 minggu. Tanaman kedelai termasuk peka terhadap perbedaan panjang hari, khususnya saat pembentukan bunga. Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu. Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun yang diberi nama rasim. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi.

Pembentukan bunga juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Pada suhu tinggi dan kelembaban rendah, jumlah sinar matahari yang jatuh pada ketiak tangkai daun lebih banyak. Hal ini akan merangsang pembentukan bunga. Setiap ketiak tangkai daun yang mempunyai kuncup

bunga dan dapat berkembang menjadi polong disebut sebagai buku subur. Tidak setiap kuncup bunga dapat tumbuh menjadi polong, hanya berkisar 20-80%. Jumlah bunga yang rontok tidak dapat membentuk polong yang cukup besar. Rontoknya bunga ini dapat terjadi pada setiap posisi buku pada 1- 10 hari setelah mulai terbentuk bunga. Periode berbunga pada tanaman kedelai cukup lama yaitu 3-5 minggu untuk daerah subtropik dan 2-3 minggu di daerah tropik, seperti di Indonesia. Jumlah bunga pada tipe batang determinate umumnya lebih sedikit dibandingkan pada batang tipe indeterminate. Warna bunga yang umum pada berbagai varietas kedelai hanya dua, yaitu putih dan ungu.

#### 5. Polong dan biji

Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50, bahkan ratusan. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak.

Di dalam polong terdapat biji yang berjumlah 2-3 biji. Setiap biji kedelai mempunyai ukuran bervariasi, mulai dari kecil (sekitar 7-9 g/100 biji), sedang (10-13 g/100 biji), dan besar (>13 g/100 biji). Bentuk biji bervariasi, tergantung pada varietas tanaman, yaitu bulat, agak gepeng, dan bulat telur. Namun demikian, sebagian besar biji berbentuk bulat telur. Biji kedelai terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kulit biji dan janin (embrio). Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut pusar (hilum) yang berwarna coklat, hitam, atau putih. Pada ujung hilum terdapat mikrofil, berupa lubang kecil yang terbentuk pada saat proses pembentukan biji. Warna kulit biji bervariasi, mulai dari kuning, hijau, coklat, hitam, atau kombinasi campuran dari warna-warna tersebut.

Biji kedelai tidak mengalami masa dormansi sehingga setelah proses pembijian selesai, biji kedelai dapat langsung ditanam. Namun demikian biji tersebut harus mempunyai kadar air berkisar 12-13%. Bintil akar dan Fiksasi Nitrogen Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen ( $N_2$ ) di atmosfer melalui aktivitas bakteri pengikat nitrogen, yaitu *Rhizobium japonicum*. Bakteri ini terbentuk di dalam akar tanaman yang diberi nama nodul atau bintil akar.

Keberadaan *Rhizobium japonicum* di dalam tanah memang sudah ada karena tanah tersebut ditanami kedelai atau memang sengaja ditambahkan ke dalam tanah. Nodul atau bintil akar tanaman kedelai umumnya dapat mengikat nitrogen dari udara pada umur 10 – 12 hari

setelah tanam, tergantung kondisi lingkungan tanah dan suhu. Kelembaban tanah yang cukup dan suhu tanah sekitar 25°C sangat mendukung pertumbuhan bintil akar tersebut. Perbedaan warna hijau daun pada awal pertumbuhan (10 – 15 hst) merupakan indikasi efektivitas *Rhizobium japonicum*. Namun demikian, proses pembentukan bintil akar sebenarnya sudah terjadi mulai umur 4 – 5 hst, yaitu sejak terbentuknya akar tanaman. Pada saat itu, terjadi infeksi pada akar rambut yang merupakan titik awal dari proses pembentukan bintil akar. Oleh karena itu, semakin banyak volume akar yang terbentuk, semakin besar pula kemungkinan jumlah bintil akar atau nodul yang terjadi. Kemampuan memfikasi N<sub>2</sub> ini akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman, tetapi maksimal hanya sampai akhir masa berbunga atau mulai pembentukan biji. Setelah masa pembentukan biji, kemampuan bintil akar memfikasi N<sub>2</sub> akan menurun bersamaan dengan semakin banyaknya bintil akar yang tua dan luruh. Di samping itu, juga diduga karena kompetisi fotosintesis antara proses pembentukan biji dengan aktivitas bintil akar.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas inokulasi. Oleh karena inokulan berisi organisme hidup maka harus terlindung dari pengaruh sinar matahari langsung, suhu tinggi, dan kondisi kering karena dapat menurunkan populasi bakteri dalam media inokulan sebelum diaplikasikan. Bila perlu, inokulan dapat disimpan dalam lemari es pada suhu 4°C sebelum digunakan. Inokulan yang baik akan berisi sebanyak 10<sup>5</sup> – 10<sup>7</sup> sel/gr bahan pembawa. Pada waktu aplikasi bakteri *Rhizobium*

japonicum ini, tidak diberikan bersamaan dengan fungisida karena fungisida banyak mengandung logam berat yang dapat mematikan bakteri. Sementara penggunaan herbisida tidak banyak pengaruhnya terhadap jumlah dan aktivitas bakteri ini.

Ada beberapa metode aplikasi bakteri, yaitu pelapisan biji (slurry method), metode sprinkle, metode tepung (powder method), dan metode inokulasi tanah. Inokulasi biji dengan bakteri *Rhizobium japonicum* umumnya paling sering dilakukan di Indonesia, yaitu dengan takaran 5 – 8 g/kg benih kedelai. Mula-mula biji kedelai dibasahi dengan air secukupnya, kemudian diberi bubuk bakteri *Rhizobium japonicum* sehingga bakteri tersebut dapat menempel di biji. Bakteri tersebut kemudian dapat melakukan infeksi pada akar sehingga terbentuk nodul atau bintil akar. Bahan pembawa bakteri pada inokulasi biji ini umumnya berupa humus (peat).

Tanaman kedelai dikenal sebagai sumber protein nabati yang murah karena kadar protein dalam biji kedelai lebih dari 40%. Semakin besar kadar protein dalam biji, akan semakin banyak pula kebutuhan nitrogen sebagai bahan utama protein. Dilaporkan bahwa untuk memperoleh hasil biji 2,50 ton/ha, diperlukan nitrogen sekitar 200 kg/ha. Dari jumlah tersebut, sekitar 120 – 130 kg nitrogen dipenuhi dari kegiatan fiksasi nitrogen.

Pemupukan nitrogen sebagai starter pada awal pertumbuhan kedelai perlu dilakukan untuk pertumbuhan dalam 1 minggu pertama. Pada keadaan tersebut, akar tanaman belum berfungsi sehingga tambahan nitrogen diharapkan dapat merangsang pembentukan akar. Hal ini akan membuka kesempatan pembentukan bintil akar. Selain itu, system perkecambahan kedelai berupa epigeal sehingga persediaan makanan di alam kotiledon lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan awal vegetatif dan seringkali nitrogen yang dibutuhkan tidak tercukupi. Namun demikian, bila penggunaan pupuk nitrogen terlalu banyak, akan menekan jumlah dan ukuran bintil akar sehingga akan mengurangi efektivitas pengikatan N<sub>2</sub> dari atmosfer.

## 2. Kacang panjang dan Morfologi Daunnya

Dalam sistematika (*taksonomi*) tumbuhan, tanaman kacang panjang diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae* (Tumbuhan)

Subkingdom : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)

Super Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)

Divisi : *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)

Kelas : *Magnoliopsida* (berkeping dua / dikotil)

Sub Kelas : *Rosidae*

Ordo : *Fabales*

Famili : *Fabaceae* (suku polong-polongan)

Genus : *Vigna*

Spesies : *Vigna sinensis(L.) Savi Ex Has*

Sebagian besar tanaman yang dibudidayakan adalah tanaman tetraploid. Ada dua bentuk tanaman utama, yaitu tipe menjalar dengan pertumbuhan merayap atau menyebar dan tipe semak dengan pertumbuhan agak lebih tegak dan kurang menyebar (Tindal, 1983). Tanaman kacang panjang memiliki akar dengan sistem perakaran tunggang. Akar tunggang adalah akar yang terdiri atas satu akar besar yang merupakan kelanjutan batang. Sistem perakaran tanaman kacang panjang dapat menembus lapisan olah tanah pada kedalaman hingga + 60 cm dan cabang cabang akarnya dapat bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium sp.* Untuk mengikat unsur nitrogen (N<sub>2</sub>) dari udara sehingga bermanfaat untuk menyuburkan tanah. Kacang panjang dapat menghasilkan 198 kg bintil akar/tahun atau setara dengan 400 kg pupuk urea (Mandiri, 2011).

Batang tanaman kacang panjang memiliki ciri-ciri liat, tidak berambut, berbentuk bulat, panjang, bersifat keras, dan berukuran kecil dengan diameter sekitar 0,6 – 1 cm. Tanaman yang pertumbuhannya bagus, diameter batangnya dapat mencapai 1,2 cm lebih. Batang tanaman

berwarna hijau tua dan bercabang banyak yang menyebar rata sehingga tanaman rindang. Pada bagian percabangan, batang mengalami penebalan (Cahyono, 1986). Daun kacang panjang merupakan daun majemuk yang bersusun tiga helai. Daun berbentuk lonjong dengan ujung daun runcing (hamper segitiga). Tepi daun rata, tidak berbentuk, dan memiliki tulang daun yang menyirip. Kedudukan daun tegak agak mendatar dan memiliki tangkai utama. Daun panjangnya antara 9 – 13 cm dan panjang tangkai daun 0,6 cm. permukaan daun kasar. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau tua, sedangkan permukaan daun bagian bawah berwarna lebih muda. Ukuran daun kacang panjang sangat bervariasi, yakni panjang daun antara 9 – 15 cm dan lebar daun antara 5 – 8 cm (Cahyono, 1986).

Bunga tanaman ini terdapat pada ketiak daun, majemuk, tangkai silindris, panjang kurang lebih 12 cm, berwarna hijau keputih-putihan, mahkota berbentuk kupu-kupu, berwarna putih keunguan, benang sari bertangkai, panjang kurang lebih 2 cm, berwarna putih, Bunga tanaman kacang panjang tergolong bunga sempurna, yakni dalam satu bunga terdapat alat kelamin betina (putik) dan alat kelamin jantan (benang sari) kepala sari kuning, putik bertangkai, berwarna

kuning, panjang kurang lebih 1 cm, dan berwarna ungu (Hutapea et al., 1994).

Buah kacang panjang berbentuk polong, bulat, dan ramping, dengan ukuran panjang sekitar 10 - 80 cm. Polong muda berwarna hijau

sampai keputih putihan, sedangkan polong yang telah tua berwarna kekuning-kuningan. Setiap polong berisi 8 - 20 biji (Samadi, 2003).

Biji kacang panjang berbentuk bulat panjang dan agak pipih, tetapi kadang – kadang juga terdapat sedikit melengkung. Biji yang telah tua memiliki warna yang beragam, yaitu kuning, coklat, kuning kemerah-merahan, putih, hitam, merah, dan putih bercak merah (merah putih), bergantung pada jenis dan varietasnya. Biji memiliki ukuran besar (panjang x lebar), yaitu 8-9 mm x 5-6 mm (Cahyono, 1986).



## **BAB III**

### **DESAIN SISTEM**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai desain dan perancangan sistem untuk mengukur luas area daun kacang-kacangan menggunakan citra digital sebagai pengolah gambar untuk mengetahui pertumbuhan.

#### **3.1 Lingkungan uji coba**

Pada pembuatan aplikasi atau sistem ini sebelumnya dilakukan uji coba dan penelitian yang meliputi tempat dan waktu penelitian, bahan dan alat, sampel penelitian dan metode penelitian.

##### **3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

1. Penelitian dilakukan di rumah peneliti, pada 4 September 2013 pukul 11.30-16.00 WIB.
2. Penelitian menggunakan alat LAM (*Leaf Area Meter*) dilakukan di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya tepatnya di Lab. Sumber Daya Lingkungan, pada 4 September 2013 pukul 8.00 – 11.00 WIB.

##### **3.1.2 Bahan dan Alat**

1. Daun kacang-kacangan (kedelai dan kacang panjang) hasil tanaman sendiri.
2. *Webcam itech*.
3. Alat untuk tempat *capture* gambar (yang telah dibuat sebelumnya).

4. Delphi 7, *software* pembangun aplikasi penghitung area daun.
5. Penggaris, bolpoin, alas dan kertas milimeter untuk mengukur daun tanaman kacang-kacangan secara manual dan *leaf area meter* sebagai pembanding.

### 3.1.3 Sampel Penelitian

Sampel daun kacang-kacangan (kedelai dan kacang panjang) sebanyak masing-masing 10 daun, jadi totalnya adalah 20 *sample*. Daun yang digunakan adalah daun yang masih segar dan baru dipetik dari pohonnya, karena waktu yang dibutuhkan menghitung manual cukuplah lama.

### 3.1.4 Metode Penelitian

3.1.4.1 Langkah-langkah penelitian secara manual sebagai berikut:

1. Siapkan kacang-kacangan yang akan di ambil daunnya, yang masih menancap di pohonnya agar tidak layu.
2. Menyiapkan bahan dan alat-alat yang sudah di list di atas.
3. Melakukan pengukuran satu persatu daun dengan cara mengeblat daun tersebut pada kertas millimeter.
4. Mempertebal garis tepi semua gambar daun yang telah di blat, lalu diarsir bagian tengahnya.
5. Setelah itu beri garis tepi untuk memudahkan perhitungan jangkauan daun-daun tersebut (bentuk persegi/persegi panjang). Hitung luas

medan keseluruhan lalu dikurangi daerah yang tak diarsir, keluarlah nilai luas area daun.

#### 3.1.4.2 Langkah – langkah perhitungan area daun dengan menggunakan *Leaf Area Meter* (LAM).

Penentuan Luas area daun dengan LAM merupakan cara yang paling mudah, cepat serta teliti. Tetapi berhubungan alat ini termasuk peralatan yang canggih maka perlu persyaratan yang tepat karena peka sekali apabila ada gangguan, misalnya : ketidak stabilan voltage aliran listrik dan kotornya plastic tembus pandang. Gangguan ini menyebabkan alat tidak bekerja dengan teliti. Sering kali tidak ada bahan yang diukur alat ini menunjukkan luasan tertentu.

Langkah – langkah penggunaan LAM adalah :

- Hidupkan aliran listrik yang dihubungkan ke alat LAM.
- Hidupkan lampu neon pada alat tersebut sampai terang sempurna.
- Tekan 'reset' agar angka-angka digital menunjukkan angka nol.
- Letakkan sample yang sudah diketahui luasnya pada plastic tembus pandang pada bagian posisi, misalnya di tengah, di pinggir, kiri, kanan, dan sebagainya. Periksa angka yang tercatat di digital, apakah angka yang tercatat dengan luas sebenarnya sama. Apabila selama beberapa kali pengukuran kira-kira 25 kali nilainya sama, maka alat siap digunakan.

3.1.4.3 Langkah-langkah untuk perhitungan area daun dengan rancang bangun perhitungan area daun dengan citra digital sebagai berikut:

1. Daun kacang-kacangan diletakkan pada alat yang telah dibuat.
2. Citra daun kacang-kacangan diambil dengan *webcam*.
3. Menentukan jarak antara kamera dengan bidang area *capture* daun sejauh 40 cm.
4. Menempatkan posisi objek daun sehingga dapat dibaca jelas oleh kamera (sebaiknya ditempatkan secara *horizontal* agar hasil pengukuran panjang dan lebar daun akurat).
5. Mengatur agar latar berwarna terang sehingga objek citra ketika diproses dapat dengan mudah untuk dibedakan, karena objek akan berwarna hitam.
6. Menghitung kalibrasi (petak) antara pengukuran manual dengan memilih sebanyak 10 sampel daun sehingga dapat diketahui laju pertumbuhan daun kacang-kacangan.
7. Membandingkan pengukuran dengan pengukuran manual dan *leaf area meter*.

## 3.2 Analisis Sistem

Pada sub bab ini analisis system ini akan dibahas berbagai proses terhadap sistem dan elemen-elemen yang berkaitan seperti pengambilan data citra dan semua diperlukam dalam proses perancangan aplikasi ini.

### 3.2.1 Deskripsi Sistem

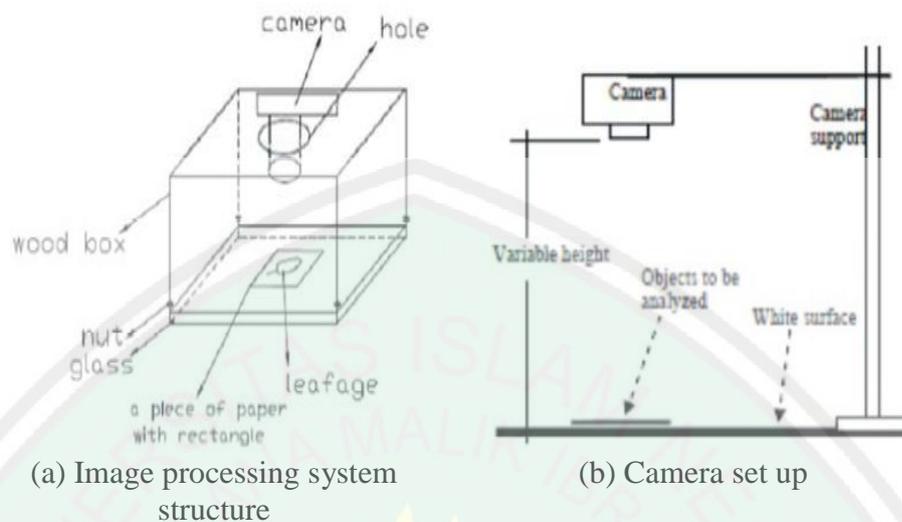
Sistem ini dibangun untuk menganalisis citra digital daun. Tujuan dari pembuatan sistem ini adalah untuk menghitung area daun meliputi luas daun, panjang, lebar dan keliling daun. Pada awalnya pengguna mengambil gambar daun dari *capture* kamera yang sudah tersedia. Citra masukan adalah citra dengan format bitmap karena sistem hanya dibatasi untuk memproses citra bitmap. Kemudian gambar akan langsung diolah menjadi *grayscale* dan *threshold* oleh sistem. Sistem akan secara otomatis melakukan perhitungan area daun yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling daun. Kemudian *user* dapat menekan tombol simpan untuk menyimpan hasil perhitungan ke dalam database. User juga bisa mencetak data dari hasil perhitungan area daun ini.

### 3.3 Desain Sistem

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai desain aplikasi sistem untuk implementasi metode *citra digital*. Desain aplikasi ini meliputi desain data, algoritma yang digunakan dalam sistem yang digambarkan dengan diagram alir, desain proses. Desain data berisikan penjelasan data yang diperlukan untuk menerapkan beberapa metode pada pengolahan citra ini. Desain data meliputi data masukan, data selama proses dan data keluaran. Desain proses antara lain menjelaskan tentang proses awal (*preprocessing*), pengkodean citra, dan perhitungan area daun. Pada proses awal, terdiri dari *grayscale*, kemudian di konversi ke hitam-putih (*thresholding*). Setelah itu, dicek jika *piksel* yang dilewati berwarna hitam atau nilai *threshold*-nya kurang dari 128 maka *piksel* tersebut dikodekan sebagai angka 0. Sebaliknya, jika setelah dicek *piksel* yang didapat berwarna putih atau nilai *threshold*-nya lebih dari 128 maka *piksel* dikodekan sebagai angka 1. Sedangkan pada proses perhitungan area daun, langkah yang dilakukan adalah menghitung jumlah *piksel* daun. Objek daun diletakkan secara horizontal sehingga panjang daun adalah ukuran horizontal daun dan lebarnya adalah ukuran vertical daun.

Secara umum, desain dari aplikasi perhitungan area daun yang akan dibuat sebagai berikut:

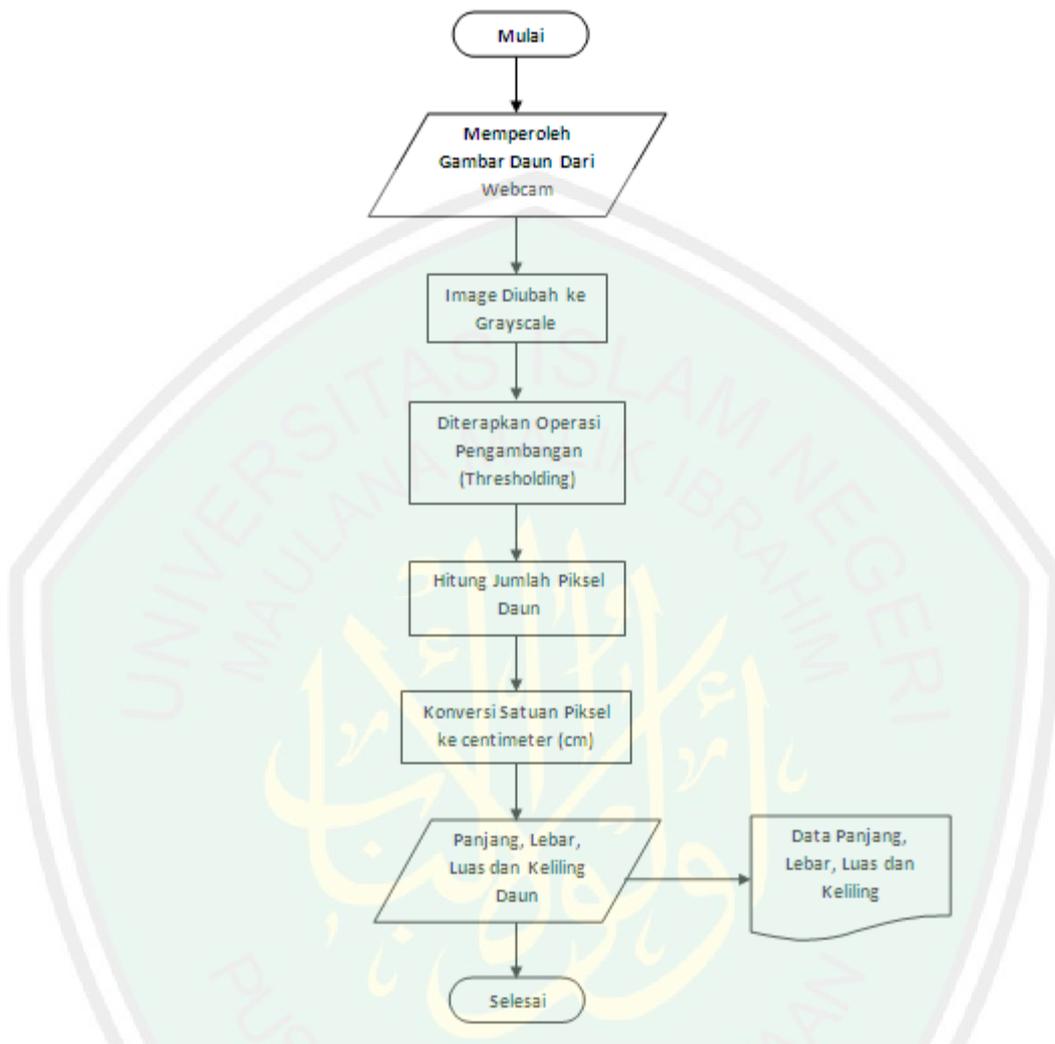
1. Membuat alat yang berfungsi untuk mengambil gambar daun dan mengirim datanya ke laptop/PC seperti gambar berikut ini :



(Sumber : Paper Mahdi M. Ali, Ahmed Al-Ani, Derek Eamus and Daniel K.Y. Tan. 2012. A New Image-Processing-Based Technique for Measuring Leaf Areaons. Paper. Australia: University of Technology Sydney (UTS)).

Gambar 3.3 Gambar Rancangan Alat untuk Perhitung Luas Daun

2. Data dari alat di atas kemudian dikirim melalui komunikasi data yang berupa USB ke PC/laptop user.
3. Data yang berupa gambar akan diproses dengan citra digital, dengan mengubah gambar asli ke *grayscale* kemudian dilakukan proses *threshold* untuk menjadikan gambar menjadi hitam dan putih (biner 0 dan 1).
4. Setelah gambar diolah menjadi data biner 0 dan 1 kemudian akan dilakukan proses perhitungan jumlah piksel yang berwarna hitam yang mewakili sebagai objek daun, kemudian jumlah piksel akan dikalikan per satuan cm (centimeter). Kemudian akan didapatkan perhitungan area daun yaitu luas area yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling daun.



Gambar 3.3.1 *Flowchart* aplikasi perhitungan area daun

*Flowchart* ini merupakan alur dari desain sistem aplikasi perhitungan area daun. Gambar daun diperoleh dari alat (webcam), kemudian gambar diubah menjadi *grayscale*, lalu dilakukan operasi pengambangan (*thresholding*) untuk memperjelas gambar dan mengubah gambar menjadi data biner 0 dan 1, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah piksel daun dan kemudian jumlah piksel daun akan dikalikan per satuan centimeter.

### 3.3.1 Desain Data

Data yang digunakan untuk implementasi perangkat lunak ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu data masukan, data yang digunakan selama proses perbaikan citra *preprocessing* dan data keluaran.

#### 1. Data Masukan

Data masukan yang pertama dari pengguna adalah arsip citra yang dipilih oleh pengguna. Pada sistem ini citra yang dimasukkan berupa citra ukuran 24 bit, dengan format .bmp.

#### 2. Data Selama Proses

Pada tahapan proses pengkodean karakter, dihasilkan citra yang telah dikodekan yang kemudian citra tersebut diproses lagi dengan melakukan perhitungan piksel gambar daun dan hasil/ jumlah piksel daun akan dikalikan per sentimeter.

Setelah melewati dua proses tersebut maka pada tahapan terakhir dilakukan proses perhitungan area daun yang berupa panjang, lebar, luas dan keliling daun.

#### 3. Data Keluaran

Data keluaran yang dihasilkan dari serangkaian proses di atas adalah berupa karakter yang didapatkan dari sebuah citra gambar daun kacang-kacangan. Dan akan didapatkan perhitungan area daun yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling daun.

### 3.4 Desain Proses

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai desain proses yang digunakan untuk mengetahui proses apa saja yang berlangsung pada sistem. Desain proses untuk aplikasi ini menggunakan diagram alir flowchart.

Diagram alir menunjukkan hubungan antar proses, data masukan, data selama proses dan data keluaran yang terlibat dalam sistem. Secara garis besar, jalannya sistem ini adalah pengguna memasukkan citra dengan format bitmap, kemudian sistem akan memproses citra tersebut dalam beberapa tahapan, yakni yang pertama merubah gambar daun menjadi *grayscale*, kemudian dilakukan pengkodean citra daun dengan cara menerapkan operasi pengambangan (*thresholding*), lalu dihitung jumlah piksel daun dan dikalikan per satuan sentimeter (cm). Hasil akhir yang didapatkan berupa karakter dari sebuah citra daun.

### 3.5 Pengkodean Karakter

Pengkodean karakter merupakan salah satu cara untuk mengenali karakter dengan melihat ciri-ciri khusus yang dimiliki oleh karakter tersebut. Setelah itu dikodekan menurut pikselnya, jika berwarna hitam atau kurang dari nilai *threshold* maka citra tersebut dikodekan 1 sebaliknya jika berwarna putih dan lebih dari nilai *threshold* maka dikodekan 0. Tujuan dari proses ini yaitu untuk memberi kode yang berbeda pada setiap karakter sehingga karakter yang satu dengan karakter yang lain dapat dipisahkan berdasarkan kode yang dimilikinya. Disamping itu, proses pengkodean karakter ini dimaksudkan untuk mengambil ciri (*feature*) dari sebuah gambar.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil uji coba program yang telah dirancang dan dibuat, serta kontribusi program. Uji coba dilakukan untuk mengetahui apakah program dapat berjalan sebagaimana mestinya dengan lingkungan uji coba yang telah ditentukan serta dilakukan sesuai dengan skenario uji coba.

Ada beberapa hasil uji coba yang telah dilakukan terhadap data yang telah dipilih, antara lain: menghitung area daun dalam berbagai kondisi cahaya. Sebelumnya perlu diketahui lingkungan uji coba yang digunakan dalam melakukan uji coba dalam skripsi ini.

#### 4.1. Lingkungan Uji Coba

Pada subbab ini dijelaskan mengenai lingkungan uji coba yang meliputi perangkat lunak, perangkat keras dan alat lain yang digunakan. Spesifikasi perangkat keras, perangkat lunak dan alat lain yang digunakan dalam uji coba antara lain adalah:

Tabel 4.1 Daftar Perangkat yang digunakan

Peralatan	Spesifikasi
Perangkat Keras	Prosesor : Intel Core <sup>2</sup> Duo 2.00 GHz Memori RAM : 2 GB Memory HDD : 256 GB Piranti Masukan : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Webcam Itech type 3809 (5 MP)</li> <li>- Mouse</li> <li>- Keyboard</li> <li>- Lampu USB</li> </ul>
Perangkat Lunak	Sistem Operasi : Microsoft Windows XP Professional 2002 SP 3

Peralatan	Spesifikasi
	Perangkat Pengembang : Borland Delphi 7.0 Microsoft Office Access 2007 Microsoft Office Excel 2007
Alat lain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kotak kaca</li> <li>- Kain hitam</li> <li>- Kertas milimeter</li> <li>- Bolpoin, penggaris</li> <li>- Lampu 10 whatt (penguujian di dalam ruangan)</li> <li>- Pipa</li> <li>- LAM (<i>Leaf Area Meter</i>)</li> </ul>

#### 4.2. Data Uji Coba

Pada dua uji coba yang akan dilakukan, digunakan data analog (untuk perhitungan manual), dan digital (untuk perhitungan dengan citra digital). Data analog berasal dari blat/jiplakan daun kacang-kacangan pada kertas milimeter. Sementara data digital berasal dari LAM (*Leaf Area Meter*) dan kamera *webcam* yang dipasang pada kotak tempat daun dengan tipe file bitmap (.bmp).



Gambar 4.2 Kedelai & Kacang Panjang

Untuk semua data uji coba, peneliti menanam sendiri tanaman kedelai dan kacang panjang, memilih bibit dari pasar tradisional dan membeli bibit dari toko pertanian. Kedelai dan kacang panjang di tanam sekitar 1,5 bulan sebelum

dilakukan penelitian. Dengan memiliki tanaman sendiri, peneliti bisa melakukan penelitian berkali-kali, dan tidak perlu khawatir ketika ingin melakukan penelitian mendadak. Karena data uji coba peneliti selalu siap dan tersedia setiap waktu.

### 4.3. Penjelasan Alat dan Program

Di dalam penjelasan alat dan program ini dijelaskan tentang alat-alat yang telah peneliti beli, harga, jumlah, dan kegunaan. Selain itu juga dijelaskan alur pembuatan dan kegunaan alat serta program yang dibuat beserta tampilan desain. Tidak ketinggalan, beberapa masalah yang muncul dalam pembuatan alat dan program ini, serta solusi yang peneliti temukan. Berikut ini tampilan-tampilan alat serta halaman yang ada dalam program yang dibuat:

#### 4.3.1. Proses Pembuatan Alat dan Fungsinya

Alat pengukuran untuk proses citra digital yang peneliti buat sudah di sesuaikan dengan *prototype* yang telah peneliti buat pada bab 3. Adapun beberapa spesifikasi yang telah peneliti beli dan peneliti berikan untuk alat peneliti kali ini, seperti tercantum pada tabel berikut :

Tabel 4.3.1 Daftar Alat & Harga untuk proses Citra Digital

No	Nama Alat	Jumlah	HargaTotal
1	Kotak dari kaca, pesan	1	Rp 200.000,-
2	Webcam	1	Rp 95.000,-
3	Pipa paralon	2 m	Rp 20.000,-
4	Klep	4	Rp 4.000,-
5	Lampu USB	1	Rp 50.000,-
6	Lampu ruangan untuk uji coba	1	Rp 24.000,-
7	Kertas Karton Hitam	1	Rp 7.000,-
	Total biaya		Rp 400.000,-

Total biaya yang dikeluarkan hanya Rp. 400.000,-, dibandingkan dengan LAM yang harganya berkisar 25.000 dolar. Jika di rupiahkan dengan nilai tukar rupiah Rp 9.800,- per dolar, maka LAM ini seharga Rp. 245.000.000,-. Adapun alat rancang bangun penghitunga area daun kacang-kacangan yang telah dibuat ini memiliki tampilan jadi seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.3.1 Alat Perhitungan area daun yang sudah jadi

Bahan utamanya adalah kaca yang dilapisi karton hitam, agar cahaya dari luar tidak bisa masuk. Disini digunakan cahaya dari 18 lampu LED, dengan rincian 10 LED dari lampu USB dan 8 LED dari bawaan *webcam*. Untuk alasnya menggunakan kayu dan triplek agar lebih kuat dan berat, untuk mengimbangi berat kaca. Tinggi media dibuat 40 cm, disesuaikan dengan pemilihan bidang yang akan tertangkap kamera. Sebelumnya sudah dilakukan uji coba dengan tinggi 25, 30, 35, 40, 45, dan 50 cm, guna memperoleh ukuran alas yang pas dan fokus obyek agar maksimal. Akan tetapi dengan jarak antara kamera dan obyek 40 cm lah yang paling tepat,

ukuran ini juga sesuai dengan usulan pada paper. Dengan ketinggian 40 cm kamera bisa menangkap sisi lebar alas sampai 18.5 cm dan panjangnya mencapai 24.5 cm. Sehingga daun yang lebih besar nantinya juga dapat diambil gambarnya dari tempat ini.

Pintu dibuat di bagian depan, dengan sistem buka tarik, dari dua arah, agar lebih memudahkan pemasangan dan pemindahan obyek daun beserta pressnya nanti. Untuk alas daun dipilih *white board*, agar hasilnya maksimal, karena *background* akan terdeteksi sebagai putih, dan objek daun akan terdeteksi sebagai hitam.

Untuk lampu USB digunakan untuk memberikan cahaya di dalam alat, karena cahaya dari luar tidak bisa masuk sehingga perlu penerangan. Lampu disini juga berfungsi untuk mengatasi perbedaan cahaya di sekitar saat perhitungan area daun. Sebelumnya sudah dilakukan percobaan dengan dua kondisi yang berbeda yaitu di dalam ruangan pada siang dan malam hari serta di luar ruangan pada siang dan malam hari dan hasilnya ternyata sama. Jadi cahaya dari luar tidak mempengaruhi perhitungan area daun, karena cahaya dari luar tidak bisa masuk ke dalam alat perhitungan ini. Sementara itu fungsi dari *webcam* yang dipasang pada pipa paralon permanen di bagian tengah wadah dan diberikan lubang untuk tempat kamera di bagian tengahnya adalah untuk memberikan posisi konsisten agar tidak berubah-ubah. Karena pengambilan yang berbeda-beda posisi akan mempengaruhi perhitungan, baik itu tinggi juga posisi sisi-sisinya. Sementara kaca yang peneliti buat untuk pres daun, agar lekuk-lekuk pada

daun kacang-kacangan menjadi terminimalisir. Sehingga perhitungan luas area daun lebih maksimal.

Dalam spesifikasi dan fungsi dari alat manual adalah sebagai berikut :

1. Kertas millimeter, sebagai media untuk mengeblat daun kacang-kacangan dan alat ukur dari petak-petak kecilnya.
2. Bolpoin, alat pengeblat di kertas milimeter dan mempertebal batas, serta pemberian tanda pada bidang blad serta daun.
3. Penggaris, sebagai alat bantu membuat media persegi/persegi panjang, dan arsir untuk mempermudah proses perhitungan luas area daun nantinya.

#### 4.3.2. Proses Pembuatan Aplikasi

Aplikasi yang peneliti buat dengan beberapa tampilan halaman, diantaranya adalah splash screen, halaman utama, halaman input image dan halaman hasil, halaman tentang, halaman panduan aplikasi serta halaman laporan. Adapun halamannya sebagai berikut :

1. Menampilkan Splash Screen Ketika Pertama Kali Menjalankan Aplikasi



Gambar 4.3.2.1 Halaman Splash Screen

Splash Screen berfungsi sebagai informasi singkat tentang aplikasi, mempercantik aplikasi, mengiklankan sesuatu maupun memberi waktu buat aplikasi untuk meload semua resources yang dibutuhkan dan akan tampil selama kurang lebih dua detik.

#### 1. Proses Menampilkan Halaman Utama Aplikasi

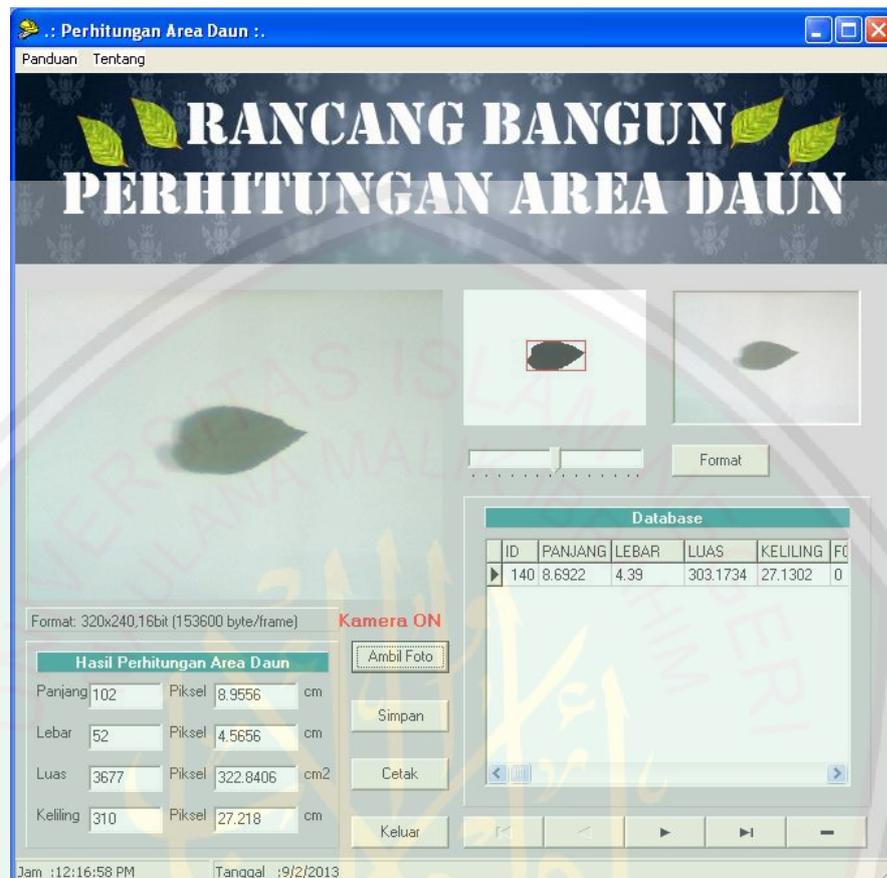


Gambar 4.3.2.2 Form Utama Aplikasi

Halaman Preprocessing merupakan halaman utama yang akan pertama kali diakses oleh pengguna. Informasi yang ditampilkan adalah pilihan menu untuk menuju proses selanjutnya.

### 3. Proses Input Image dan Halaman Hasil

Pada proses ini user diminta untuk menekan tombol Ambil Foto untuk mengambil gambar daun. User tidak perlu memilih kamera, karena kamera sudah di *setting* oleh program agar program bisa langsung mendeteksi kamera yang digunakan oleh alat (perhitungan area daun). Komponen standart Delphi tidak dapat digunakan untuk mengakses kamera digital / *webcam*, sehingga diperlukan komponen tambahan *JHVideoCap* untuk menangkap (*capture*) citra atau *frame* dari *webcam*. . Bagian kiri menampilkan *preview* dari frame yang ditangkap oleh kamera, sedangkan bagian kanan menampilkan objek dan batas-batasnya yang dibatasi oleh garis warna merah. Adapun citra gambar hasil *capture* dapat dilihat pada gambar 4.3.2.3:



Gambar 4.3.2.3 Contoh Input Image dari Webcam dan Halaman Hasil

Listing program untuk proses *input image* dari *webcam*:

```

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    VideoCap1.DriverIndex := 0;
    VideoCap1.DriverOpen := true;
    VideoCap1.VideoPreview := true;
    Image1.Picture.Bitmap.PixelFormat := pf24bit;
end;

```

#### 4. Halaman Tentang

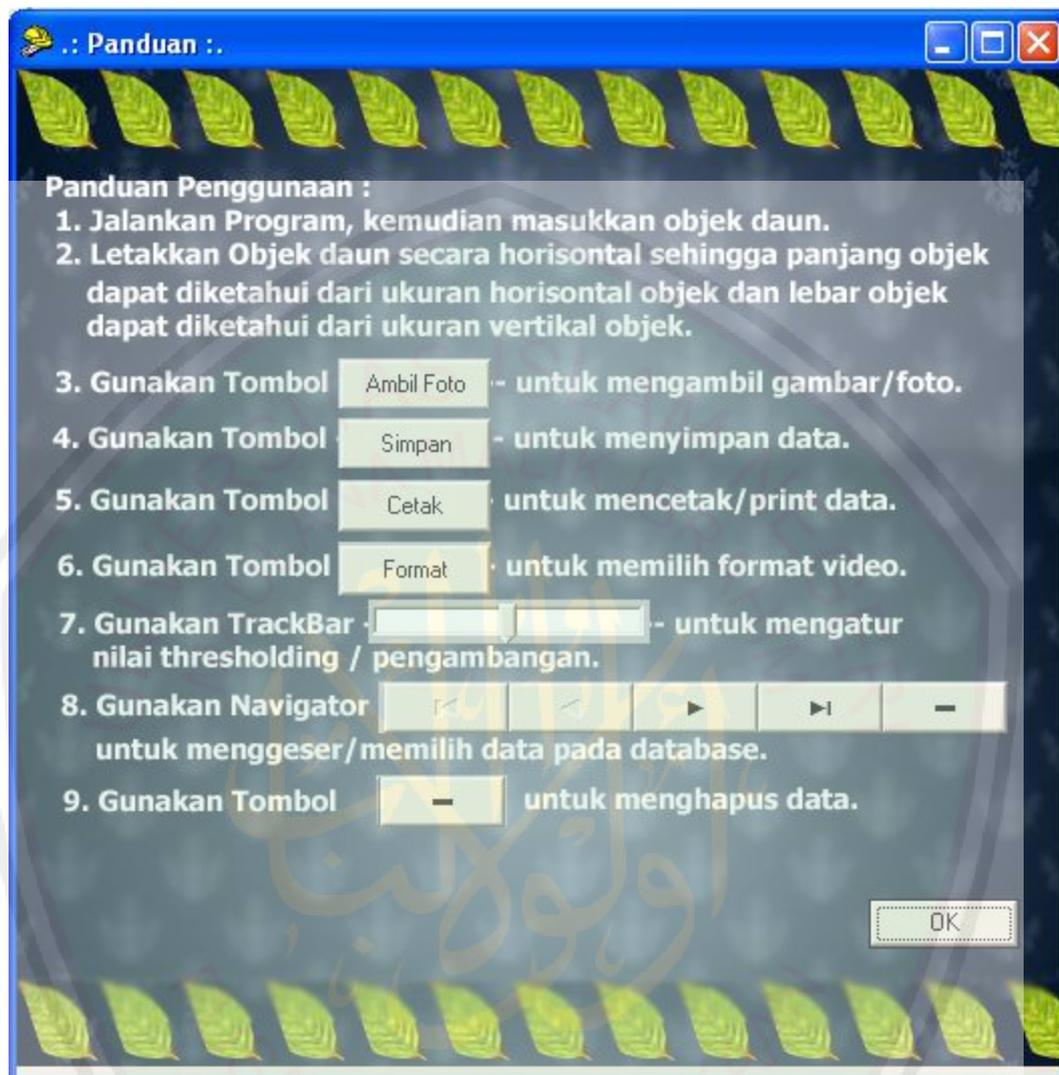
Adalah Form yang menampilkan mengenai tanggal dibuatnya aplikasi dan versi pembuatan aplikasi.



Gambar 4.3.2.4 Halaman Tentang

#### 5. Halaman Panduan

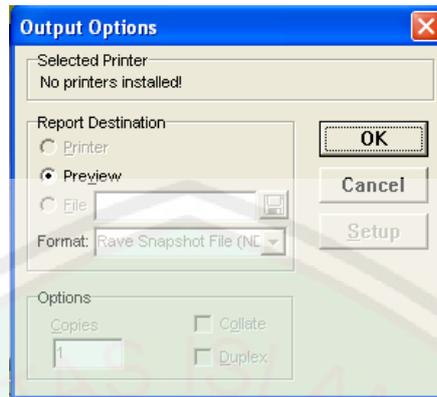
Adalah halaman yang menampilkan panduan dasar penggunaan Aplikasi Perhitungan Area Daun. Halaman ini berfungsi untuk memudahkan *user* (pemakai) untuk memakai dan menjalankan aplikasi.



Gambar 4.3.2.5 Halaman Panduan

#### 6. Halaman Laporan

Adalah halaman yang merupakan perintah / aksi yang muncul ketika *user* menekan tombol Cetak. Kemudian sistem akan melakukan proses *print* dari semua data perhitungan area daun yang ada di dalam database.



Gambar 4.3.2.6 Aksi yang muncul ketika *user* menekan tombol cetak.

## Data Perhitungan Area Daun

ID	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Keliling (cm)
151	6.545	3.542	20.3148	21.56
154	6.699	3.696	21.0444	20.79
155	7.007	3.773	23.1724	23.177
156	5.313	2.541	12.1068	16.632
157	5.698	3.388	16.1500	18.711
159	5.005	3.542	15.8536	17.479
160	5.852	3.234	17.0164	18.711
161	6.237	3.465	19.0228	20.944
162	7.546	3.619	22.3820	23.1

Gambar 4.3.2.7 Laporan / Hasil Print dari database

#### 1.4 Pengambilan dan Pengujian Data

Proses pengambilan dan pengujian citra dilakukan dengan mengambil sample tanaman yaitu berupa daun kacang panjang dan kedelai. Daun tanaman kemudian di citrakan dan diambil dengan menggunakan kamera webcam yang sudah terpasang pada alat. Pengambilan citra daun dilakukan pada kondisi yang berbeda yaitu di dalam ruangan pada siang dan malam hari serta diluar ruangan pada siang dan malam hari juga. Urutan proses pengujian sample daunnya sebagai berikut :

1. Menentukan jarak antara kamera dengan bidang area capture daun sebesar 35, 40 dan 45 cm, kemudian akan dipilih jarak yang paling bagus dan hasilnya mendekati ukuran daun sebenarnya.
2. Menempatkan posisi objek daun sehingga dapat dibaca jelas oleh kamera (sebaiknya ditempatkan secara *horizontal* agar hasil pengukuran panjang dan lebar daun akurat).
3. Mengatur agar latar berwarna terang sehingga objek citra ketika diproses dapat dengan mudah untuk dibedakan, karena objek akan berwarna hitam (bernilai 0).
4. Menghitung kalibrasi (petak) antara citra digital dengan memilih sebanyak 10 sampel daun sehingga dapat diketahui satuan piksel daun. Setelah dikalibrasi di bandingkan dengan pengukuran manual dan *leaf area meter* (LAM).

Tabel 4.4.1 Perhitungan piksel objek dengan variable tinggi kamera 35 cm

No Sample	Jumlah piksel per 1 cm
1	10.91
2	10.9
3	10.98
4	10.98
5	11.1
6	10.95
7	10.95
8	10.96
9	11.02
10	11.03
<b>Jumlah</b>	<b>109.78</b>
<b>Rata-Rata</b>	<b>10.97</b>

Tabel 4.4.2 Perhitungan piksel objek dengan variable tinggi kamera 40 cm

No Sample	Jumlah piksel per 1 cm
1	12.98
2	12.97
3	13.1
4	12.87
5	12.88
6	12.79
7	13
8	13.12
9	12.98
10	13.15
<b>Jumlah</b>	<b>129.84</b>
<b>Rata-Rata</b>	<b>12.98</b>

Tabel 4.4.3 Perhitungan piksel objek dengan variable tinggi kamera 45 cm

No Sample	Jumlah piksel per 1 cm
1	14.78
2	14.75
3	14.88
4	14.79
5	14.9
6	14.82
7	14.77
8	14.8
9	14.98
10	14.92
Jumlah	148.39
<b>Rata-Rata</b>	<b>14.83</b>

Dari ketiga tabel yaitu tabel 4.4.1, 4.4.2 dan 4.4.3 didapatkan kesimpulan bahwa tinggi kamera yang paling mendekati dengan ukuran daun sesungguhnya adalah pada variable tinggi 40 cm. Jadi di dapatkan data **1 cm daun = 12.98 piksel** dan **1 piksel =  $1/12.98 = 0.077$  cm**. Kemudian 0.077 diimplementasikan pada source code :

```

EditPanjang.Text := IntToStr(PanjangDaun); //jumlah piksel
DBPanjang.Text   := FloatToStr (PanjangDaun * (0.077));
//konversi piksel ke cm.

```

## 4.5 Preprocessing

Tahap *preprocessing* terdiri dari 2 proses, yaitu *Grayscale* dan Operasi Pengambangan/ *Thresholding*.

### 1.4.1 Grayscale

Pada tahap ini citra masukan hasil *capture* dirubah menjadi grayscale (abu-abu) dengan cara membagi 3 nilai  $R + G + B$ .

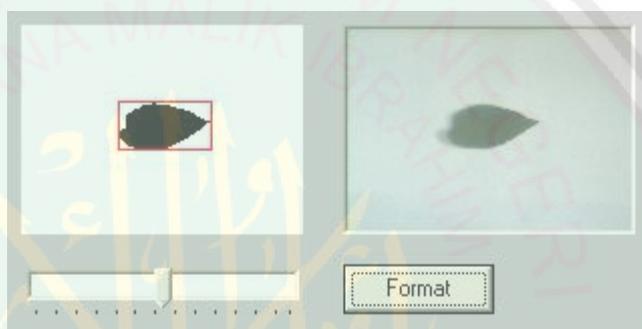
Listing program untuk proses *grayscale* adalah sebagai berikut:

```
keabuan := Round((Ri[x,y]+Gi[x,y]+Bi[x,y])/3);
```

### 4.4.2 Binerisasi /Thresholding

Pada tahap ini citra masukan hasil *grayscale* diubah menjadi citra biner (hitam-putih). Warna hitam sebagai warna objek dan putih sebagai warna latar belakang dari gambar. Proses binerisasi ini juga bermanfaat untuk menghilangkan sedikit *noise* yang diakibatkan pada saat proses *capture*. Proses ini dilakukan dengan memeriksa piksel gambar, jika piksel kurang dari nilai *reshold* maka warna dikodekan menjadi 1 dan juga sebaliknya. Jika warna lebih dari 128 maka dikodekan dengan 0. Cara menentukan tergantung dari masing-masing orang, tetapi biasanya nilai *reshold* dihitung dari hasil bagi warna *true color* menjadi 2 (256 dibagi 2), semakin besar nilai *reshold* maka warna gambar akan semakin tajam. Nilai *reshold* yang digunakan adalah 128 (sesuai dengan posisi *trackbar*). Batas ambang yang diatur dengan komponen *trackbar*

disebelah tombol Format sangat berpengaruh dalam menentukan batas objek. Apabila nilai ambang terlalu tinggi, maka banyak piksel gelap di bagian latar terdeteksi sebagai objek sehingga batas objek menjadi salah. Sementara sebaliknya apabila nilai ambang terlalu rendah, maka banyak bagian objek yang dianggap sebagai latar. Citra gambar mata hasil binerisasi dilihat pada gambar 4.4.2:



Gambar 4.4.2 Proses hasil pengambangan / binerisasi

Listing program untuk proses penajaman citra adalah sebagai berikut:

```

if keabuan < ambang then
begin
  Ro[x,y] := 0;
  Go[x,y] := 0;
  Bo[x,y] := 0;
  Inc(cacah);
end
else
begin
  Ro[x,y] := 255;
  Go[x,y] := 255;
  Bo[x,y] := 255;
end
end;
for y := 0 to tinggi-1 do
begin
  P := Imagen1.Picture.Bitmap.ScanLine[y];
  for x := 0 to lebar-1 do
begin
  P[3*x] := Bo[x,y];
  P[3*x+1] := Go[x,y];
  P[3*x+2] := Ro[x,y];
end;
end;
end;

```

#### 4.4.3 Operasi Bertetangga dan Kode Rantai

Kode rantai (*Chain code*) diaplikasikan untuk mencari piksel terluar, yaitu piksel warna putih yang berbatasan dengan piksel warna hitam. Pembentukan kode rantai dimulai dengan menentukan piksel pertama dari objek. Berdasarkan piksel tersebut kode rantai objek dibentuk dengan mengikuti aturan arah kode rantai yaitu kearah kanan. Keliling dapat di hitung dengan menjumlahkan piksel – piksel terluar tersebut. Oleh karena itu dilakukan pencacahan terhadap piksel yang bernilai objek dan salah satu tetangganya adalah piksel latar. Sistem ketetanggannya yang dipakai adalah delapan titik tetangga, yaitu tetangga atas, bawah, kiri, kanan, atas kiri, atas kanan, bawah kiri dan bawah kanan.

```
if (Ro[x,y]=0) and ((Ro[x-1,y-1]=255)
or (Ro[x,y-1]=255) or (Ro[x+1,y-1]=255)
or (Ro[x-1,y]=255) or (Ro[x-1,y+1]=255)
or (Ro[x,y+1]=255) or (Ro[x+1,y+1]=255))
```

## 1.5 PROCESSING

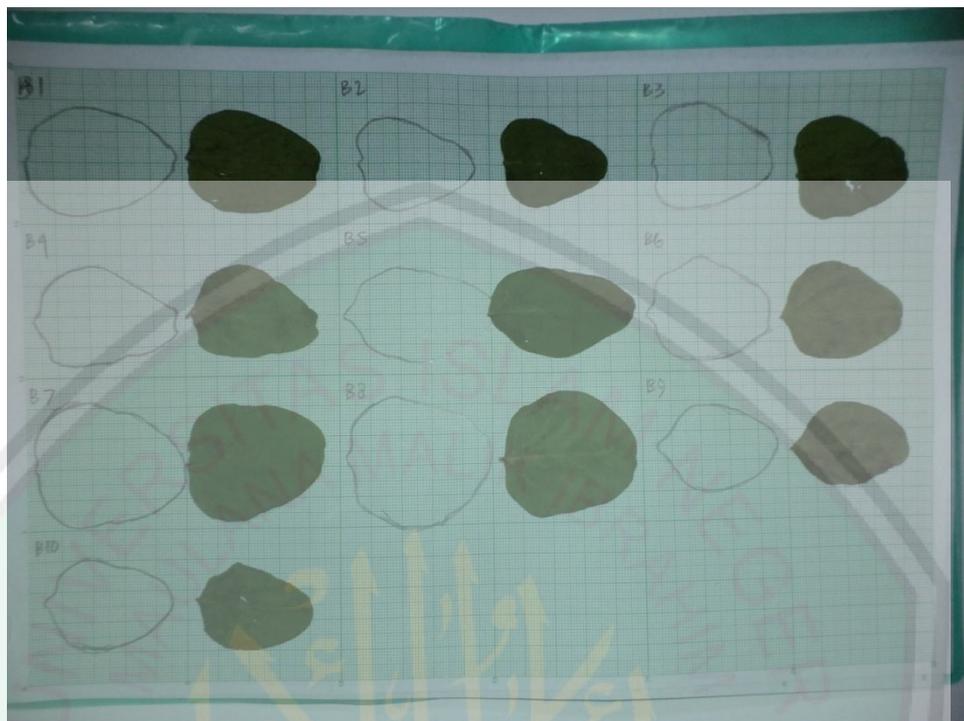
Tahap *processing* terdiri dari dua proses, yaitu perhitungan manual juga dengan menggunakan rancang bangun dengan cintra digital.

### 4.5.1 Perhitungan Manual

Perhitungan luas daun dilakukan dengan menempelkan daun kacang ke kertas milimeter kemudian di blat/jiplak menggunakan bolpoin pada garis tepi daun. Jangan lupa diberi tanda untuk daun dan hasil blat, agar tidak ketukar atau kesulitan untuk mencocokkan kembali. Karena daun yang sama juga akan digunakan untuk uji coba dengan LAM (*Leaf Area Meter*) dan aplikasi citra digital. Adapun proses pengambilan ukuran daun terlihat dalam gambar 4.5.1 (a) dan 4.5.1 (b) sebagai berikut :

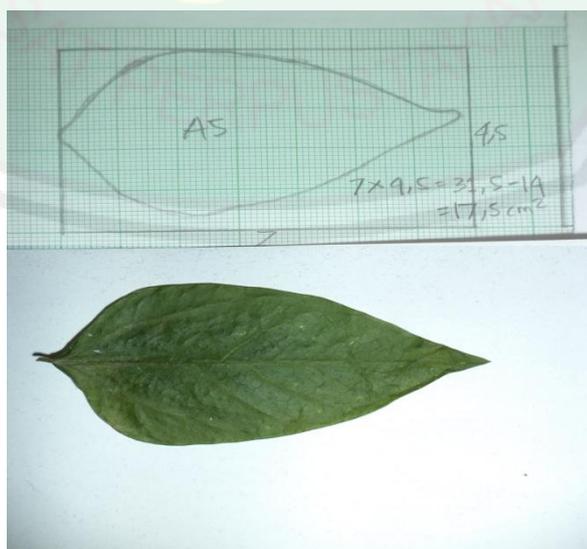


4.5.1 (a). Proses blat/jiplak pada daun kacang panjang



#### 4.5.1 (b). Proses blat/jiplak pada daun kedelai

Untuk proses selanjutnya setelah blat adalah dibuat garis tepi untuk membentuk media persegi ataupun persegi panjang. Yang akan memudahkan data perhitungan, seperti gambar 4.5.1 (c) berikut ini :



Gambar 4.5.1 (c) Pemberian garis tepi persegi panjang

#### 4.5.2 Perhitungan dengan LAM (*Leaf Area Meter*)

Penentuan Luas area daun dengan LAM merupakan cara yang paling mudah, cepat serta teliti. Tetapi berhubungan alat ini termasuk peralatan yang canggih maka perlu persyaratan yang tepat karena peka sekali apabila ada gangguan, misalnya : ketidak stabilan voltase aliran listrik dan kotornya plastic tembus pandang. Gangguan ini menyebabkan alat tidak bekerja dengan teliti. Sering kali tidak ada bahan yang diukur alat ini menunjukkan luasan tertentu.



Gambar 4.5.2.1 *Leaf Area Meter* LI-3100

Langkah – langkah penggunaan LAM adalah :

- Hidupkan aliran listrik yang dihubungkan ke alat LAM.
- Hidupkan lampu neon pada alat tersebut sampai terang sempurna.
- Tekan '*reset*' agar angka-angka digital menunjukkan angka nol.

- Letakkan sample yang sudah diketahui luasnya pada plastic tembus pandang pada bagian posisi, misalnya di tengah, di pinggir, kiri, kanan, dan sebagainya. Periksa angka yang tercatat di digital, apakah angka yang tercatat dengan luas sebenarnya sama. Apabila selama beberapa kali pengukuran kira-kira 25 kali nilainya sama, maka alat siap digunakan.
- Masukkan daun yang akan dihitung luasnya.
- Lihat hasil luas daun pada angka digital di pojok kanan atas yang berwarna merah.



Gambar 4.5.2.2 Penggunaan *Leaf Area Meter* LI-3100

### 4.5.3 Perhitungan dengan Citra Digital

Ada dua buah proses dalam perhitungan dengan citra digital kali ini, yang pertama adalah perhitungan jumlah piksel. Yang dilanjutkan dengan perhitungan luas area daun, dipelesakan sebagai berikut:

#### 4.5.3.1 Perhitungan Jumlah Piksel

Jumlah pixel dibaca dari nilai minimum sampai maksimum pada gambar “bitmap”. Setelah itu dipetak (kalibrasi) dengan ukuran cm, agar mudah untuk dilakukan perhitungan. Ada beberapa fungsi yang digunakan untuk menghitung piksel yaitu PanjangDaun, LebarDaun, dan KelilingDaun. Untuk menghitung luas objek langsung digabungkan dengan pengambangan objek sehingga tidak diperlukan fungsi tersendiri. Fungsi-fungsi tersebut berupa method dari kelas TForm1, oleh karena itu mula-mula didefinisikan ketiga fungsi tersebut ke dalam pendefinisian kelas TForm1 pada bagian private.

```
Private
function PanjangDaun: integer;
function LebarDaun: integer;
function KelilingDaun: integer;
procedure info; // untuk menampilkan info kamera webcam
{ Private declarations }
```

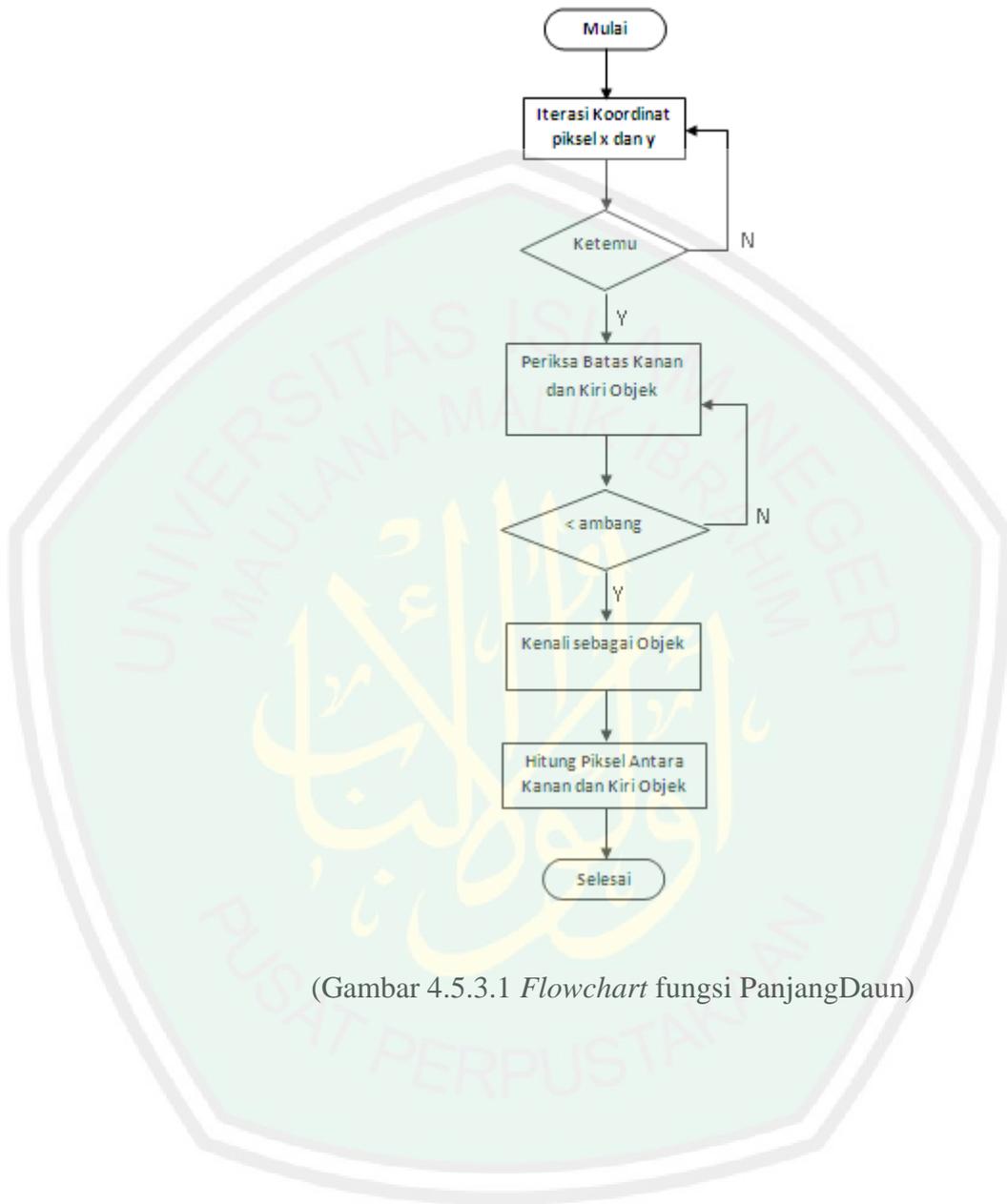
Kemudian pada bagian implementasi dibuat ketiga fungsi tersebut. Variabel x dan y digunakan untuk iterasi koordinat piksel dalam frame, sedangkan variable ketemu digunakan untuk mengindikasikan apakah batas objek sudah ditemukan. Pada fungsi PanjangDaun, ditentukan batas kiri dan kanan objek. Batas kiri objek dicari dengan memeriksa piksel dalam satu kolom mulai dari kolom paling kiri. Apabila pada kolom tertentu ditemukan

piksel yang nilai intensitasnya di bawah ambang (dikenali sebagai objek), maka kolom tersebut disimpan dalam variable kiri. Demikian juga untuk batas kanan objek, hanya saja kolom diiterasi dari paling kanan (lebar - 1). Panjang objek ditentukan dengan menghitung jarak antara batas kanan dan kiri objek.

```

Function TForm1.PanjangDaun: integer;
var
  x, y: integer;
  ketemu: boolean;
begin
  ketemu := false;
  for x := 0 to lebar-1 do
  begin
    for y := 0 to tinggi-1 do
      if Ro[x,y] = 0 then
      begin
        ketemu := true;
        break;
      end;
    if ketemu then
      break
    end;
  kiri := x;
  ketemu := false;
  for x := lebar-1 downto 0 do
  begin
    for y := 0 to tinggi-1 do
      if Ro[x,y] = 0 then
      begin
        ketemu := true;
        break;
      end;
    if ketemu then
      break
    end;
  kanan := x;
  PanjangDaun := kanan-kiri;
end;

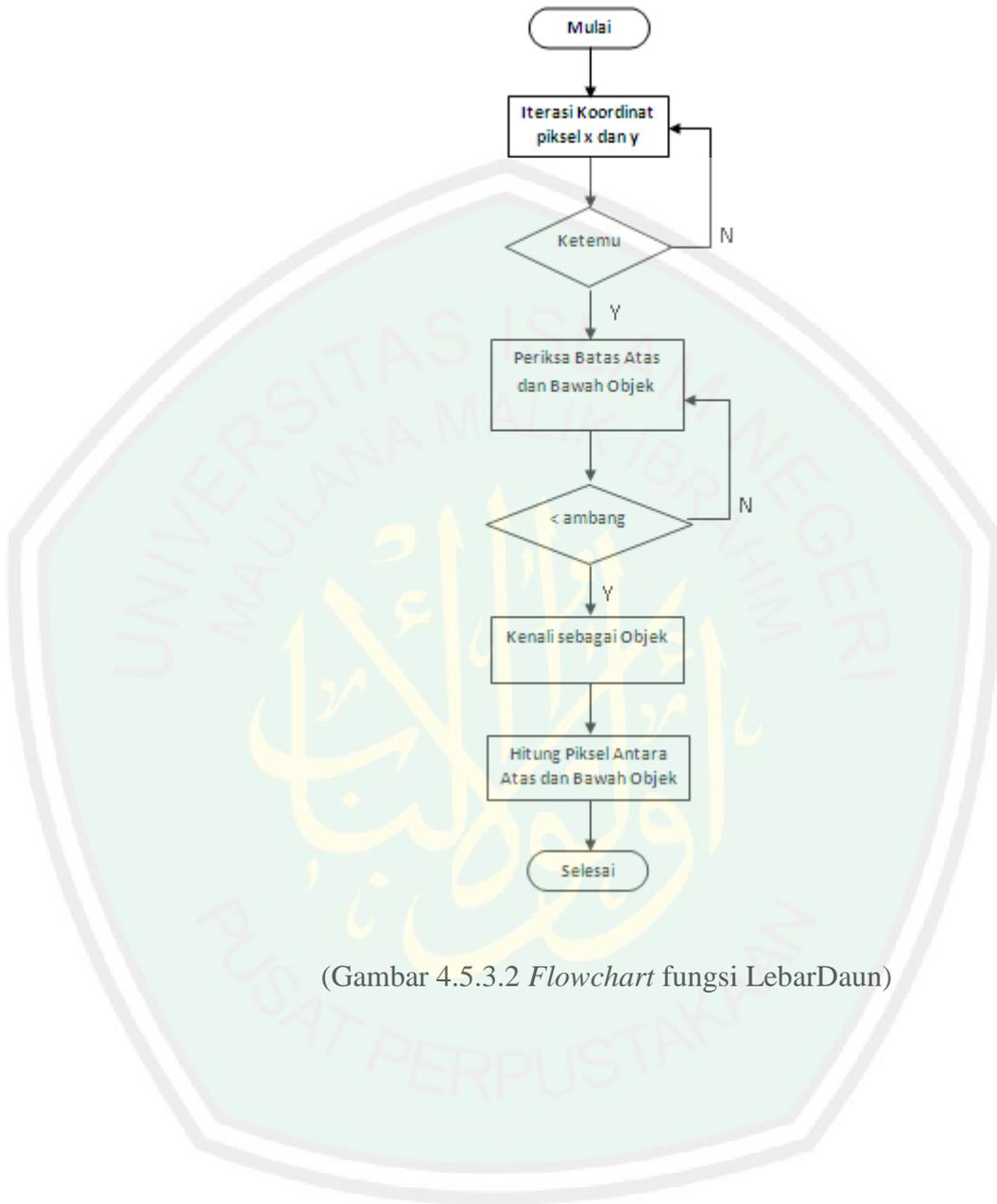
```



(Gambar 4.5.3.1 Flowchart fungsi PanjangDaun)

Untuk fungsi LebarDaun diperoleh dari penentuan batas atas dan bawah objek. Fungsi ini mirip dengan fungsi PanjangDaun, namun iterasi piksel dilakukan baris per baris mulai dari baris paling atas (0) untuk mencari batas atas objek, serta dari baris paling bawah (tinggi-1) untuk mencari batas bawah objek.

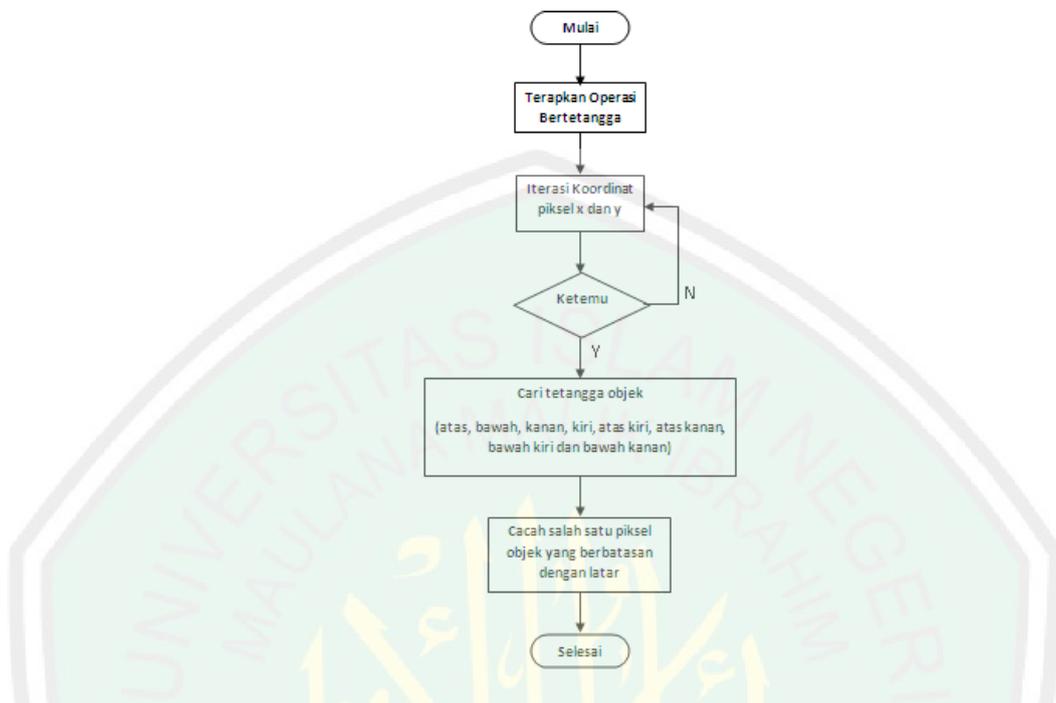
```
function TForm1.LebarDaun: integer;
var
  x, y: integer;
  ketemu: boolean;
begin
  ketemu := false;
  for y := 0 to tinggi-1 do
  begin
    for x := 0 to lebar-1 do
      if Ro[x,y] = 0 then
      begin
        ketemu := true;
        break;
      end;
    if ketemu then
      break
    end;
  atas := y;
  ketemu := false;
  for y := tinggi-1 downto 0 do
  begin
    for x := 0 to lebar-1 do
      if Ro[x,y] = 0 then
      begin
        ketemu := true;
        break;
      end;
    if ketemu then
      break
    end;
  bawah := y;
  LebarDaun := bawah-atas;
end;
```



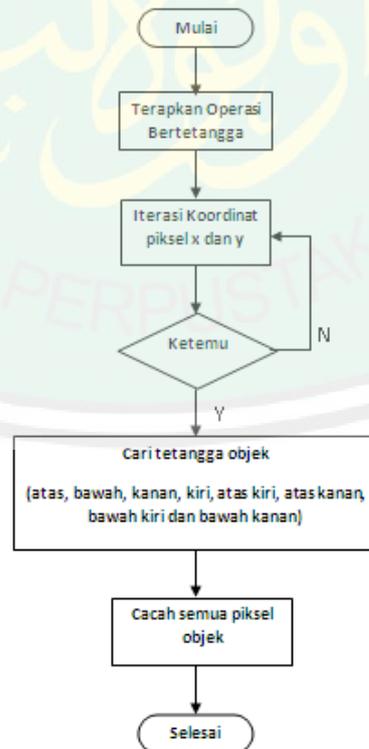
(Gambar 4.5.3.2 Flowchart fungsi LebarDaun)

Fungsi KelilingDaun berbeda dengan kedua fungsi sebelumnya. Keliling merupakan banyaknya piksel objek yang berbatasan dengan latar. Pembacaan piksel terluar dilakukan dengan membandingkan piksel warna objek dengan latar belakang. Piksel warna putih yang berbatasan dengan warna hitam disebut piksel terluar. Keliling dapat di hitung dengan menjumlahkan piksel – piksel terluar tersebut. Oleh karena itu dilakukan pencacahan terhadap piksel yang bernilai objek dan salah satu tetangganya adalah piksel latar. Sistem ketetangannya yang dipakai adalah delapan titik tetangga, yaitu tetangga atas, bawah, kiri, kanan, atas kiri, atas kanan, bawah kiri dan bawah kanan.

```
function TForm1.KelilingDaun: integer;
var
  x, y, cacah: integer;
begin
  cacah := 0;
  for x := 1 to lebar-2 do
    for y := 1 to tinggi-2 do
      if (Ro[x,y]=0) and ((Ro[x-1,y-1]=255)
        or (Ro[x,y-1]=255) or (Ro[x+1,y-1]=255)
        or (Ro[x-1,y]=255) or (Ro[x-1,y+1]=255)
        or (Ro[x,y+1]=255) or (Ro[x+1,y+1]=255)) then
        Inc(cacah);
      KelilingDaun := cacah;
    end;
  end;
```



(Gambar 4.5.3.3 Flowchart fungsi KelilingDaun)



(Gambar 4.5.3.4 Flowchart Luas Daun)

#### 4.5.3.2 Perhitungan Luas Area Daun

Pengukuran luas objek dilakukan dengan membedakan citra objek dengan latar belakangnya menggunakan citra biner. Objek berwarna hitam, sedangkan latar belakangnya berwarna putih. Luas objek dihitung dengan cara menghitung jumlah piksel yang berwarna hitam untuk masing – masing citra objek. Kemudian dilakukan konversi satuan piksel menjadi cm . Untuk luas diberikan nilai 0.0076 cm/ piksel karena luas memiliki satuan  $\text{cm}^2$  (centimeter kuadrat). Diberikan empat digit dibelakang koma karena disesuaikan dengan *Leaf Area Meter* (LAM) yang menggunakan empat digit dibelakang koma.

Objek daun akan terdeteksi batas atas, bawah, kanan dan kiri dengan ditandai garis yang berbentuk persegi dan berwarna merah. Source code sebagai berikut:

```
EditLuas.Text := IntToStr(cacah); // menampilkan jumlah piksel
DBLuas.Text := FloatToStr(cacah * (0.0076)); //konv. ke
centimeter
Image1.Canvas.Pen.Color := clRed; // garis batas
Image1.Canvas.Brush.Style := bsClear;
Image1.Canvas.Rectangle(kiri, atas, kanan, bawah);
```

Adapun contoh hasil perhitungannya pada gambar 4.5.3.5:



Gambar 4.5.3.5 Hasil perhitungan citra daun

## 4.6. Pembahasan Data Hasil Uji Coba

### 4.6.1 Hasil Uji Coba

Setelah dilakukan uji coba, diperoleh data perbandingan antara perhitungan luas area daun dengan menggunakan kertas millimeter block (manual), menggunakan LAM (*Leaf Area Meter*) dan menggunakan Citra Digital. Dari perhitungan yang telah peneliti buat, sebanyak sepuluh buah daun dengan data A1-A10 untuk daun kacang panjang, dan B1-B10 untuk kedelai. Semua hasil akan dijumlah, dan dihitung tingkat errornya. Dengan rumus :

$$\frac{(a-b) \times 100}{a}$$

$a$  = Jumlah Total Luas Perhitungan Manual

$b$  = Jumlah Total Luas Perhitungan Dengan Citra Digital

Adapun untuk hasil penelitian bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6.1 (a) Hasil Perhitungan luas daun kacang panjang dengan Manual dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan Manual	Luas Perhitungan dengan Citra Digital
A1	21 cm <sup>2</sup>	20.31 cm <sup>2</sup>
A2	21 cm <sup>2</sup>	21.04 cm <sup>2</sup>
A3	23 cm <sup>2</sup>	23.17 cm <sup>2</sup>
A4	12.5 cm <sup>2</sup>	12.1 cm <sup>2</sup>
A5	17.5 cm <sup>2</sup>	16.15 cm <sup>2</sup>
A6	16.25 cm <sup>2</sup>	15.85 cm <sup>2</sup>
A7	17 cm <sup>2</sup>	17.01 cm <sup>2</sup>
A8	19.25 cm <sup>2</sup>	19.02 cm <sup>2</sup>
A9	23.5 cm <sup>2</sup>	22.38 cm <sup>2</sup>
A10	20.5 cm <sup>2</sup>	20.64 cm <sup>2</sup>
Jumlah	191.5 cm <sup>2</sup>	187.67 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	191.5 – 187.67 = 3.83 cm <sup>2</sup> (@ 0.38 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.38x100) : 191.5 = 0.19 %

Untuk perhitungan luas daun kacang panjang dengan perbandingan Manual dan Citra Digital, didapati tingkat errornya adalah 0.19 %. Ini merupakan tingkat error yang sangat baik. Jadi akurasi adalah 99.81 % jika dibandingkan dengan perhitungan manual.

Hasil Uji T yang menggunakan Microsoft Excel untuk perbandingan perhitungan manual dan Citra digital:

Manual dan Citra Digital			
Sample	Manual	Citra Digital	Selisih
A1	21	20.31	0.69
A2	21	21.04	0.04
A3	23	23.17	0.17
A4	12.5	12.1	0.4
A5	17.5	16.15	1.35
A6	16.25	15.85	0.4
A7	17	17.01	0.01
A8	19.25	19.02	0.23
A9	23.5	22.38	1.12
A10	20.5	20.64	0.14

Otomatis	
P Value	0.804337513

Manual	
Sample	10
DF	9
Batas Kritis ( $\alpha$ ) 5 %	0.05
T Tabel	2.262157158
T Hitung	2.631938097
Mean 1	19.15
Mean 2	18.767
selisih Mean	0.383
SD Selisih	0.460175087
Sig	Tidak Signifikan
Jawaban Hipotesis	H0 Ditolak

Gambar 4.6.1 Hasil Uji T pada perbandingan Data Manual dan Citra Digital Pada Daun Kacang Panjang

Pada Hasil Uji T pada Gambar 4.6.1 di dapatkan hasil tidak signifikan dan H0 (Hipotesis Awal yang menyebutkan bahwa Hasil pengukuran antara Manual dan Citra Digital berbeda) ditolak, sehingga citra digital valid untuk digunakan karena ditolak oleh H0, sehingga antara pengukuran manual dan citra digital dianggap sama.

Tabel 4.6.1 (b) Hasil Perhitungan luas daun kacang panjang dengan LAM dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan dengan Manual	Luas Perhitungan dengan LAM
A1	21 cm <sup>2</sup>	19.65 cm <sup>2</sup>
A2	21 cm <sup>2</sup>	20.42 cm <sup>2</sup>
A3	23 cm <sup>2</sup>	22.36 cm <sup>2</sup>
A4	12.5 cm <sup>2</sup>	11.95 cm <sup>2</sup>
A5	17.5 cm <sup>2</sup>	16.77 cm <sup>2</sup>
A6	16.25 cm <sup>2</sup>	15.52 cm <sup>2</sup>
A7	17 cm <sup>2</sup>	16.66 cm <sup>2</sup>
A8	19.25 cm <sup>2</sup>	18.32 cm <sup>2</sup>
A9	23.5 cm <sup>2</sup>	21.79 cm <sup>2</sup>
A10	20.5 cm <sup>2</sup>	19.85 cm <sup>2</sup>
Jumlah	191.5 cm <sup>2</sup>	183.29 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	191.5 – 183.29 = 8.21 cm <sup>2</sup> (@ 0.82 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.82x100) : 191.5 = 0.42 %

Untuk perbandingan perhitungan luas daun antara Manual dan LAM (*Leaf Area Meter*), didapat tingkat error hanya sebesar 0.42 %. Jadi akurasi adalah 99.58% jika dibandingkan dengan perhitungan LAM (*Leaf Area Meter*).

Hasil Uji T untuk perbandingan perhitungan manual dan LAM :

DAUN KACANG PANJANG			
Manual dan LAM			
Sample	Manual	LAM	Selisih
A1	21	19.65	1.35
A2	21	20.42	0.58
A3	23	22.36	0.64
A4	12.5	11.95	0.55
A5	17.5	16.77	0.73
A6	16.25	15.52	0.73
A7	17	16.66	0.34
A8	19.25	18.32	0.93
A9	23.5	21.79	1.71
A10	20.5	19.85	0.65

Otomatis	
P Value	0.581814396

Manual	
Sample	10
DF	9
Batas Kritis ( $\alpha$ ) 5 %	0.05
T Tabel	2.262157158
T Hitung	6.310221556
Mean 1	19.15
Mean 2	18.329
selisih Mean	0.821
SD Selisih	0.411432457
Sig	Tidak Signifikan
Jawaban Hipotesis	H0 Ditolak

Gambar 4.6.2 Hasil Uji T pada perbandingan Data Manual dan LAM Pada Daun Kacang Panjang

Pada Hasil Uji T pada Gambar 4.6.2 di dapatkan hasil tidak signifikan dan  $H_0$  (Hipotesis Awal yang menyebutkan bahwa Hasil pengukuran antara Manual dan LAM berbeda) ditolak, sehingga LAM valid untuk digunakan karena ditolak oleh  $H_0$ , sehingga antara pengukuran manual dan LAM dianggap sama.

Tabel 4.6.1 (c) Hasil Perhitungan luas daun kedelai dengan Manual dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan Manual	Luas Perhitungan dengan Citra Digital
B1	12.5 cm <sup>2</sup>	11.86 cm <sup>2</sup>
B2	9.5 cm <sup>2</sup>	8.18 cm <sup>2</sup>
B3	12.5 cm <sup>2</sup>	10.98 cm <sup>2</sup>
B4	10.25 cm <sup>2</sup>	10.13 cm <sup>2</sup>
B5	12.5 cm <sup>2</sup>	11.42 cm <sup>2</sup>
B6	11 cm <sup>2</sup>	11.22 cm <sup>2</sup>
B7	15 cm <sup>2</sup>	13.88 cm <sup>2</sup>
B8	16.5 cm <sup>2</sup>	17.01 cm <sup>2</sup>
B9	9.5 cm <sup>2</sup>	9.44 cm <sup>2</sup>
B10	9.5 cm <sup>2</sup>	9.20 cm <sup>2</sup>
Jumlah	118.75 cm <sup>2</sup>	113.34 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	118.75 – 113.34 = 5.41 cm <sup>2</sup> (@ 0.54 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.54x100) : 118.75 = 0.45 %

Untuk perhitungan luas daun kedelai dengan perbandingan Manual dan Citra Digital, didapati tingkat errornya adalah 0.45 %. Akurasinya adalah 99.55 %.

Hasil Uji T untuk perbandingan perhitungan manual dan Citra Digital pada Daun Kedelai:

DAUN KEDELAI																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Manual dan Citra Digital</th> </tr> <tr> <th>Sample</th> <th>Manual</th> <th>Citra Digital</th> <th>Selisih</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td>12.5</td><td>11.86</td><td>0.64</td></tr> <tr><td>A2</td><td>9.5</td><td>8.18</td><td>1.32</td></tr> <tr><td>A3</td><td>12.5</td><td>10.98</td><td>1.52</td></tr> <tr><td>A4</td><td>10.25</td><td>10.13</td><td>0.12</td></tr> <tr><td>A5</td><td>12.5</td><td>11.42</td><td>1.08</td></tr> <tr><td>A6</td><td>11</td><td>11.22</td><td>0.22</td></tr> <tr><td>A7</td><td>15</td><td>13.88</td><td>1.12</td></tr> <tr><td>A8</td><td>16.5</td><td>17.01</td><td>0.51</td></tr> <tr><td>A9</td><td>9.5</td><td>9.44</td><td>0.06</td></tr> <tr><td>A10</td><td>9.5</td><td>9.2</td><td>0.3</td></tr> </tbody> </table>				Manual dan Citra Digital				Sample	Manual	Citra Digital	Selisih	A1	12.5	11.86	0.64	A2	9.5	8.18	1.32	A3	12.5	10.98	1.52	A4	10.25	10.13	0.12	A5	12.5	11.42	1.08	A6	11	11.22	0.22	A7	15	13.88	1.12	A8	16.5	17.01	0.51	A9	9.5	9.44	0.06	A10	9.5	9.2	0.3
Manual dan Citra Digital																																																			
Sample	Manual	Citra Digital	Selisih																																																
A1	12.5	11.86	0.64																																																
A2	9.5	8.18	1.32																																																
A3	12.5	10.98	1.52																																																
A4	10.25	10.13	0.12																																																
A5	12.5	11.42	1.08																																																
A6	11	11.22	0.22																																																
A7	15	13.88	1.12																																																
A8	16.5	17.01	0.51																																																
A9	9.5	9.44	0.06																																																
A10	9.5	9.2	0.3																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Otomatis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P Value</td> <td>0.631267783</td> </tr> </tbody> </table>				Otomatis		P Value	0.631267783																																												
Otomatis																																																			
P Value	0.631267783																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Manual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sample</td><td>10</td></tr> <tr><td>DF</td><td>9</td></tr> <tr><td>Batas Kritis (<math>\alpha</math>) 5 %</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>T Tabel</td><td>2.262157158</td></tr> <tr><td>T Hitung</td><td>3.224326849</td></tr> <tr><td>Mean 1</td><td>11.875</td></tr> <tr><td>Mean 2</td><td>11.332</td></tr> <tr><td>selisih Mean</td><td>0.543</td></tr> <tr><td>SD Selisih</td><td>0.532550467</td></tr> <tr><td>Sig</td><td>Tidak Signifikan</td></tr> <tr><td>Jawaban Hipotesis</td><td>H0 Ditolak</td></tr> </tbody> </table>				Manual		Sample	10	DF	9	Batas Kritis ( $\alpha$ ) 5 %	0.05	T Tabel	2.262157158	T Hitung	3.224326849	Mean 1	11.875	Mean 2	11.332	selisih Mean	0.543	SD Selisih	0.532550467	Sig	Tidak Signifikan	Jawaban Hipotesis	H0 Ditolak																								
Manual																																																			
Sample	10																																																		
DF	9																																																		
Batas Kritis ( $\alpha$ ) 5 %	0.05																																																		
T Tabel	2.262157158																																																		
T Hitung	3.224326849																																																		
Mean 1	11.875																																																		
Mean 2	11.332																																																		
selisih Mean	0.543																																																		
SD Selisih	0.532550467																																																		
Sig	Tidak Signifikan																																																		
Jawaban Hipotesis	H0 Ditolak																																																		

Gambar 4.6.3 Hasil Uji T pada perbandingan Data Manual dan Citra Digital Pada Daun Kedelai

Pada Hasil Uji T pada Gambar 4.6.3 di dapatkan hasil tidak signifikan dan H<sub>0</sub> (Hipotesis Awal yang menyebutkan bahwa Hasil pengukuran antara Manual dan Citra Digital berbeda) ditolak, sehingga Citra Digital valid untuk digunakan karena ditolak oleh H<sub>0</sub>, sehingga antara pengukuran manual dan Citra Digital dianggap sama.

Tabel 4.6.1 (d) Hasil Perhitungan luas daun kedelai dengan LAM dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan Manual	Luas Perhitungan dengan LAM
B1	12.5 cm <sup>2</sup>	11.25 cm <sup>2</sup>
B2	9.5 cm <sup>2</sup>	8.04 cm <sup>2</sup>
B3	12.5 cm <sup>2</sup>	10.53 cm <sup>2</sup>
B4	10.25 cm <sup>2</sup>	9.87 cm <sup>2</sup>
B5	12.5 cm <sup>2</sup>	11.11 cm <sup>2</sup>
B6	11 cm <sup>2</sup>	10.94 cm <sup>2</sup>
B7	15 cm <sup>2</sup>	13.52 cm <sup>2</sup>
B8	16.5 cm <sup>2</sup>	16.81 cm <sup>2</sup>
B9	9.5 cm <sup>2</sup>	9.13 cm <sup>2</sup>
B10	9.5 cm <sup>2</sup>	9.04 cm <sup>2</sup>
Jumlah	118.75 cm <sup>2</sup>	110.24 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	118.75 – 110.24 = 8.51 cm <sup>2</sup> (@ 0.85 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.85x100) : 118.75 = 0.71 %

Untuk perbandingan perhitungan luas daun kedelai dengan menggunakan perhitungan Manual dan LAM, didapat tingkat error hanya sebesar 0.71 %. Akurasinya adalah 99.29 %

Hasil Uji T untuk perbandingan perhitungan manual dan LAM :

DAUN KEDELAI			
Manual dan LAM			
Sample	Manual	LAM	Selisih
A1	12.5	11.25	1.25
A2	9.5	8.04	1.46
A3	12.5	10.53	1.97
A4	10.25	9.87	0.38
A5	12.5	11.11	1.39
A6	11	10.94	0.06
A7	15	13.52	1.48
A8	16.5	16.81	0.31
A9	9.5	9.13	0.37
A10	9.5	9.04	0.46

Otomatis	
P Value	0.452302085

Manual	
Sample	10
DF	9
Batas Kritis (α) 5 %	0.05
T Tabel	2.262157158
T Hitung	4.059849804
Mean 1	11.875
Mean 2	11.024
selisih Mean	0.851
SD Selisih	0.662856613
Sig	Tidak Signifikan
Jawaban Hipotesis	H0 Ditolak

Gambar 4.6.4 Hasil Uji T pada perbandingan Data Manual dan LAM Pada Daun Kedelai

Pada Hasil Uji T pada Gambar 4.6.4 di dapatkan hasil tidak signifikan dan  $H_0$  (Hipotesis Awal yang menyebutkan bahwa Hasil pengukuran antara Manual dan LAM berbeda) ditolak, sehingga LAM valid untuk digunakan karena ditolak oleh  $H_0$ , sehingga antara pengukuran manual dan LAM dianggap sama.

Hasil Uji T yang dilakukan membuktikan bahwa baik Citra Digital ataupun LAM sama-sama akurat dan bisa digunakan. Karena keduanya ditolak oleh  $H_0$  / Hipotesis awal yang menyebutkan bahwa Hasil Pengukuran Manual dengan Citra Digital / LAM berbeda. Ternyata keduanya sama-sama valid dan bisa digunakan.

Penghitungan manual dianggap lebih akurat karena memiliki tingkat ketelitian dan bisa diulang-ulang. Selisih dengan penghitungan manual menggunakan kertas milimeter cukup rendah, dan bisa dijadikan tolak ukur sebagai pembanding (Salisbury, 1995). Dari tabel hasil penelitian dapat diketahui bahwa luas daun kacang panjang dengan jumlah uji coba 10 daun, antara perhitungan Manual dengan Citra Digital memiliki perbedaan sebesar 0.19%. Antara Manual dengan LAM (*Leaf Area Meter*) memiliki tingkat perbedaan sebesar 0.42%. Untuk daun kedelai yang dibandingkan menggunakan perhitungan Manual dan Citra Digital perbedaan sebesar 0.45% dan antara Manual dengan LAM sebesar 0.71%.

Dengan kedua uji coba di atas, dapat diambil selisih nilai rata-rata antara Manual dan Citra Digital  $(0.19+0.45) : 2 = 0.32 \%$ .

Sedangkan nilai selisih dengan perhitungan antara Manual dan LAM adalah sebesar  $(0.42+0.71) : 2 = 0.77 \%$ .

Selisih dari uji coba Manual dengan Citra Digital kali ini adalah 0.32%, jika dibandingkan dengan perhitungan Manual dan LAM adalah 0.77%, sehingga Citra Digital lebih akurat jika dibandingkan dengan LAM (*Leaf Area Meter*). Sementara untuk perbandingan waktu, satu pengukuran daun dengan cara manual (mulai menjiplak, membuat media alas dan menghitung) menghabiskan waktu lebih dari 15 menit untuk satu daunnya. Untuk menggunakan rancang bangun peneliti, kurang lebih hanya 1 menit sudah selesai.

Penerapan *grayscale*, *threshold*, operasi tetangga dan iterasi dalam aplikasi ini berjalan dengan cukup baik, akan tetapi penentuan warna objek nantinya (hitam atau putih) menjadi sangat vital untuk memperoleh hasil foto. Dengan jumlah sampel 20 buah (10 buah tiap jenisnya), maka waktu yang dibutuhkan untuk menghitung manual kurang lebih 5 jam. Sementara bila menggunakan rancang bangun ini, cukup sekitar 20 menit, atau tidak lebih dari 30 menit untuk semua uji coba (uji coba 20 daun). Jika dipresentasikan, maka akan berhemat waktu lebih dari 90%.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Secara garis besar rancang bangun ini berjalan cukup baik, dan lebih kompeten dibanding dengan LAM (*Leaf Area Meter*) karena hasil rancang bangun ini lebih mendekati dengan hasil dari perhitungan manual yang di anggap lebih akurat. Dilihat dari hasil perhitungan, dengan nilai perbedaan rata – rata hanya 0.32% dibandingkan perhitungan yang menggunakan Citra Digital, sedangkan jika dibandingkan dengan LAM (*Leaf Area Meter*) perbedaannya sebesar 0.77%. Selain itu untuk waktu perhitungan relatif lebih cepat daripada dengan manual, di mana yang manual sampai 15 menit untuk satu buat perhitungan (1 buah daun), dengan rancang bangun ini sekitar 1 menit untuk satu perhitungan pula. Rancang bangun ini juga memiliki kelebihan dibanding LAM ataupun alat yang lainnya. Karena rancang bangun ini bisa memprediksi panjang, lebar dan keliling daun, sehingga data perhitungan area daun menjadi lebih lengkap.

Hasil dari Uji T yang menggunakan Microsoft Excel menyatakan bahwa hasil pengukuran yang menggunakan Citra Digital tidak berbeda secara signifikan jika dibandingkan dengan pengukuran manual. Begitu juga hasil pengukuran LAM (*Leaf Area Meter*) juga tidak berbeda secara signifikan jika dibandingkan dengan pengukuran manual. Sehingga Citra Digital ataupun LAM sama – sama bisa/valid digunakan. Pilihan dikembalikan lagi kepada *user*.

Kekurangan alat ini masih terlalu besar dan susah untuk dibawa berpindah-pindah, tetapi masih berukuran lebih kecil dibanding dengan LAM (*Leaf Area Meter*) sehingga masih bisa dibawa kemana-mana walaupun berukuran agak besar. Ukuran LAM yang lebih besar dengan alat yang dibuat peneliti ini membuat LAM tidak bisa dibawa kemana – mana, selain itu LAM juga memerlukan daya listrik sehingga harus ada colokan untuk mengambil aliran listrik, sedangkan rancang bangun ini hanya memerlukan listrik kecil yang bisa diambil dari laptop karena hanya perlu komunikasi data yang berupa USB. Selain itu bahan dari kaca membuatnya rawan rusak (pecah). Pemantulan cahaya menjadi masalah tersendiri dalam pengambilan foto obyek menggunakan alat ini.

## 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan mampu memberikan solusi mengenai ukuran alat yang kurang praktis. Disarankan untuk menggunakan *scanner* atau *camera mobile* untuk mengambil gambar daun. Perkembangan berbasis *mobile* juga harus jadi prioritas nantinya, karena alat yang sekarang sudah terbuat kurang praktis. Peneliti selanjutnya disarankan juga untuk menghitung ILD (*Index Luas Daun*), jadi tidak hanya panjang, lebar, luas dan keliling daun saja yang diketahui.

Untuk obyek daun, pilih daun yang lebih menyulitkan dalam perhitungan manual, baik dari bentuk dan juga sifatnya. Selain itu juga menambahkan sampel uji coba yang lebih banyak, agar nilai semakin akurat. Semakin banyak sampel akan menunjukkan tingkat error sebenarnya pada aplikasi yang anda buat.

## Daftar Pustaka

- Achmad, Balza.2013.Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi, Yogyakarta : ANDI.
- Achmad, Balza. 2011.Pemrograman Delphi untuk Aplikasi Mesin Visi Menggunakan Webcam, Yogyakarta : Gava Media.
- Fadlisyah; Fahmi; Kurniawan, Dayat.2010.Pemrograman Kamera PC menggunakan Delphi. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Penuntun Praktikum Kajian Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman.2008. Malang : Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Putra, Darma.2010.Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta:ANDI
- Al-Quran dan Terjemahannya*. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.
- Carlos Campillo, M.I. Garcí'a, C. Daza and M.H. Prieto. 2010. Study of a Non-destructive Method for Estimating the Leaf Area Index in Vegetable Crops Using Digital Images. *Paper*. Spain.
- Hery Purnomo, Mauridhi; Mustafa, Arif. 2010. Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kumar.E, Sandeep. 2012.Leaf Color, Area and Edge Featurs Based Approaach for Identification of Indian Medicial Plants. Department of Telecommunication Engineering JNN college of Engineering Affiliated to Vishveshvaraya Technological University Shimoga-577204, Karnataka, India.
- Mahdi M. Ali, Ahmed Al-Ani, Derek Eamus and Daniel K.Y. Tan. 2012. A New Image-Processing-Based Technique for Measuring Leaf Areaons. *Paper*.Australia:*University of Technology Sydney (UTS)*.
- M Hafidh Fauzi1, Prof.Ir.Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D. 2010. Implementasi Thresholding Citra Menggunakan Algoritma Hybrid Optimal Estimation.*Paper*.Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Physiology of CropPlants (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa oleh Susilo, H.).Universitas Indonesia Press. Jakarta. 428 p. Harjadi, S.S. 1979.PengantarAgronomi.Gramedia. Jakarta.

Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. Plant Physiology, 4th ed. (Fisiologi Tumbuhan jilid 2, alih bahasa oleh Lukman, D.R. dan Sumaryono). Institut Teknologi Bandung. 173 p. Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991.

Sanjay B. Patil. 2011. Betel Leaf Area Measurement Using Image Processing. Paper. Dhangawadi : Shri Chhatrapati Shivajiraje College of Engineering.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Kedelai>. Diakses pada 9 Agustus 2013.

[http://id.wikipedia.org/wiki/Kacang\\_Panjang](http://id.wikipedia.org/wiki/Kacang_Panjang). Diakses pada 9 Agustus 2013.

Munir, Rinaldi. 2006. Aplikasi *Image Thresholding* Untuk Segmentasi Objek. Sekolah Teknik Elektro dan Informatika. Institut Teknologi Bandung.

Susilawati, Indah. 2009. Teknik Pengolahan Citra. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Mercu Buana Yogyakarta

Triono, Siswandi. 2004. Teori Penyerapan Karbondioksida pada Akasia dan Gmelina Berdasarkan Model Pertumbuhan Logistik dan Kurva Respon Cahaya. Thesis. Institut Pertanian Bogor.

Agnes Maria Polina & JJ Siang. 2009. Cara Cepat Menyusun Skripsi Jurusan Teknik Informatika / Komputer, ANDI : Yogyakarta.

Hadi, Sutrisno. 2004. Statistik. ANDI : Yogyakarta.

Furqon. 2008. STATISTIKA TERAPAN untuk PENELITIAN, ALFABETA : Bandung.

<http://statistik-kesehatan.blogspot.com/2011/03/uji-t-dependen-berpasangan.html>. Diakses pada 11 September 2013.

<http://skripsimahasiswa.blogspot.com/2010/09/pemilihan-uji-dalam-penelitian-studi.html>. Diakses pada 11 September 2013.

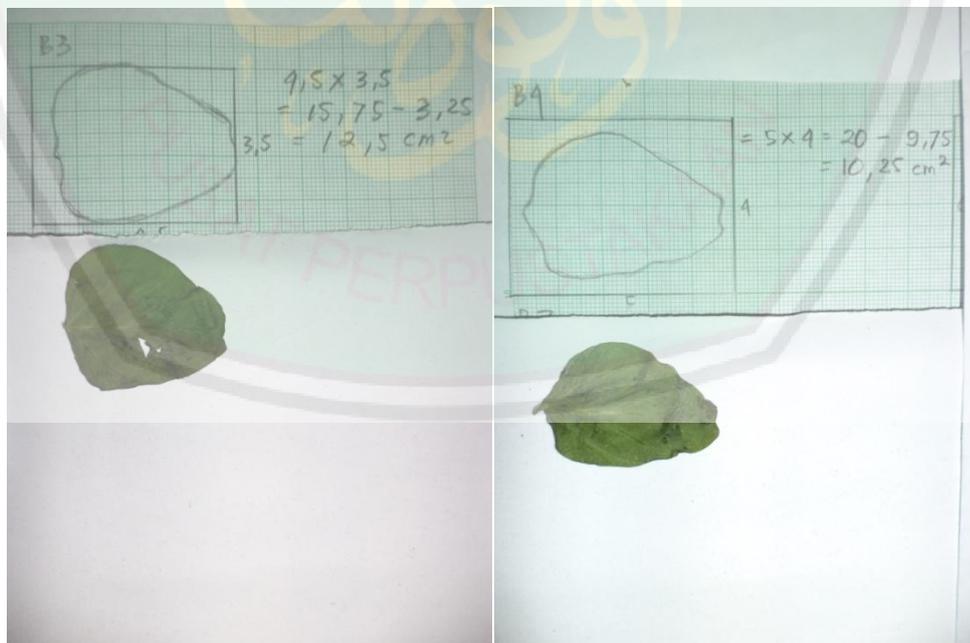
<http://statistikian.blogspot.com/2013/01/t-paired-excel.html>. Diakses pada 11 September 2013.

<http://ariefabian.blogspot.com/2011/07/matematika-ukuran-pada-design-grafis.html>. Diakses pada 19 September 2013.

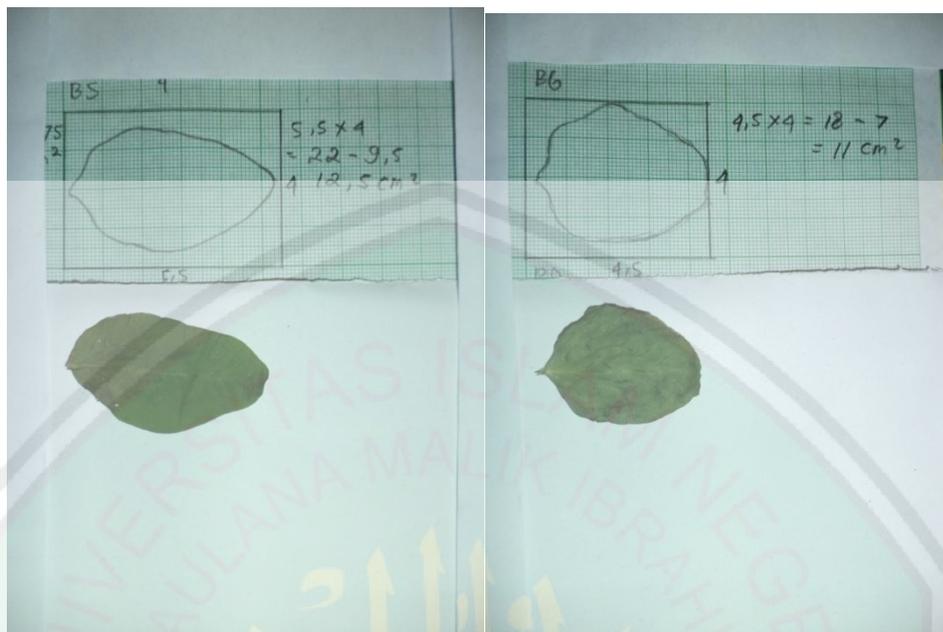
## LAMPIRAN



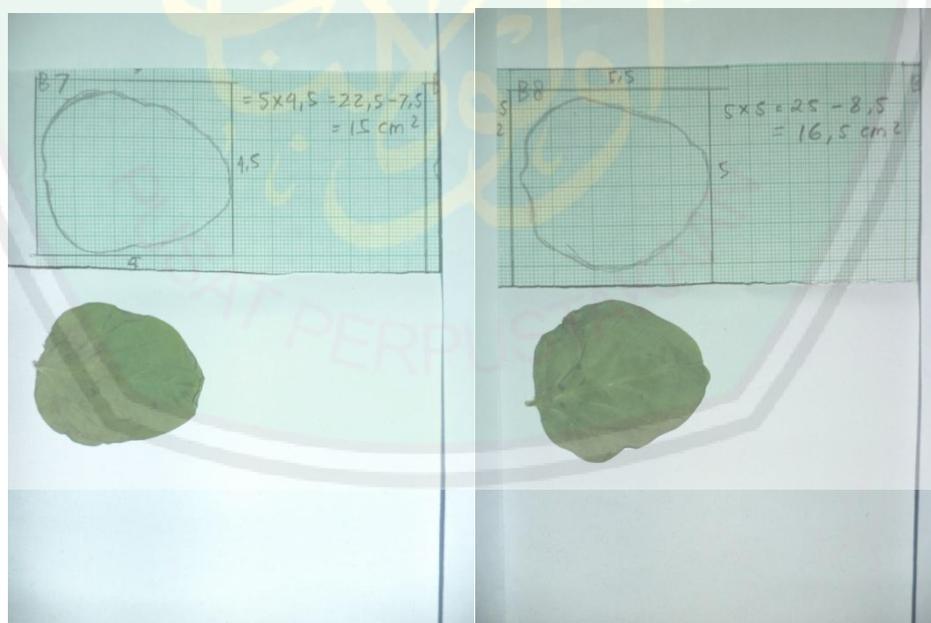
Gambar sketsa daun kedelai, kode B1 dan B2



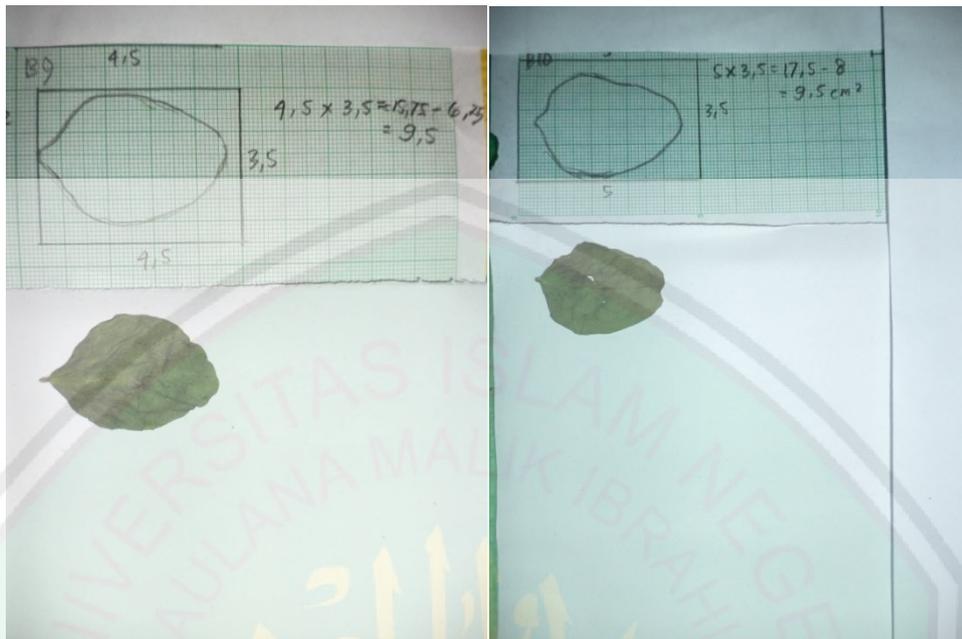
Gambar sketsa daun kedelai, kode B3 dan B4



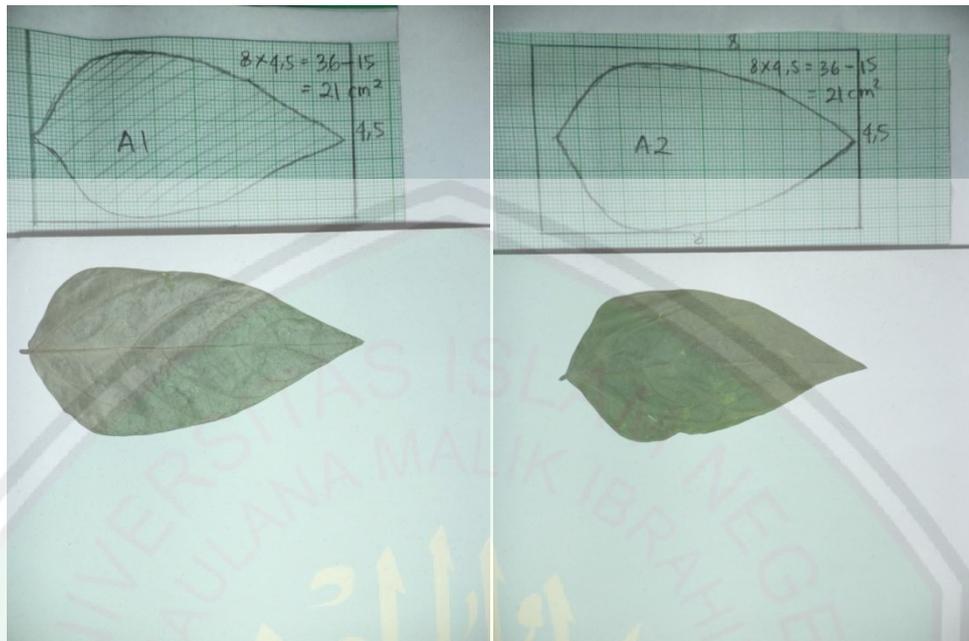
Gambar sketsa daun kedelai, kode B5 dan B6



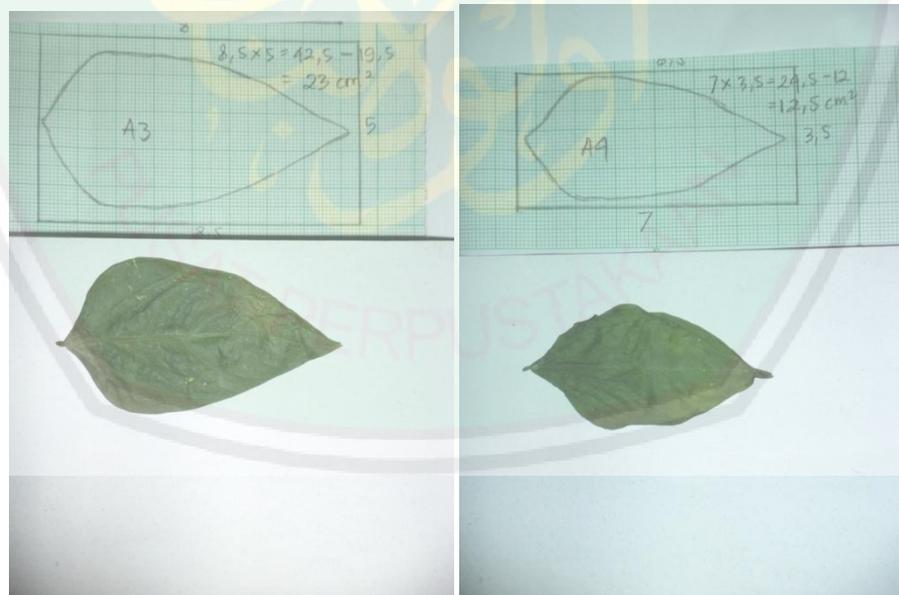
Gambar sketsa daun kedelai, kode B7 dan B8



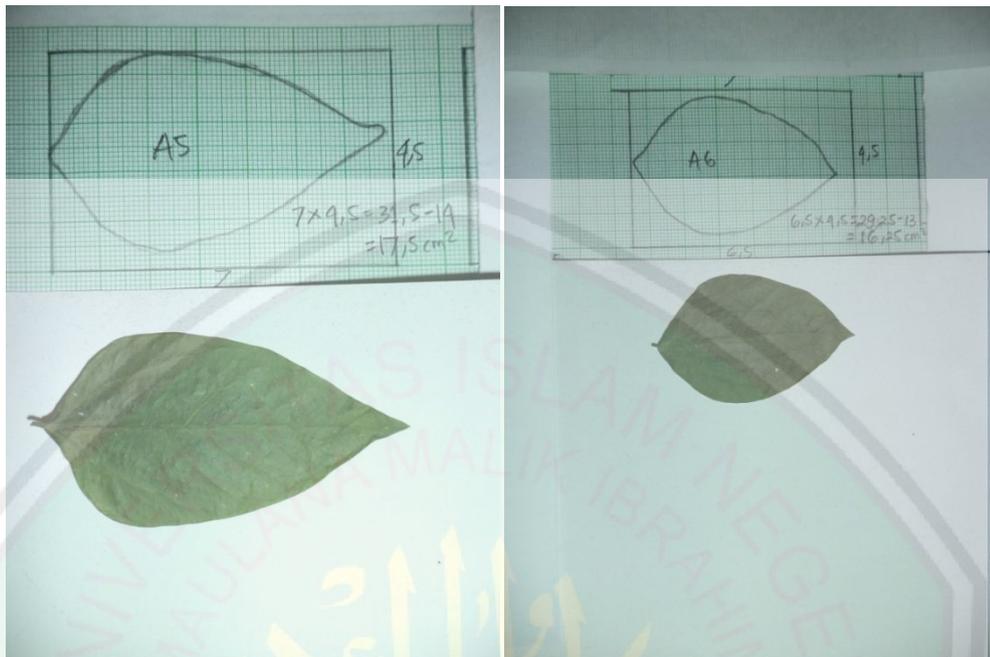
Gambar sketsa daun kedelai, kode B9 dan B10



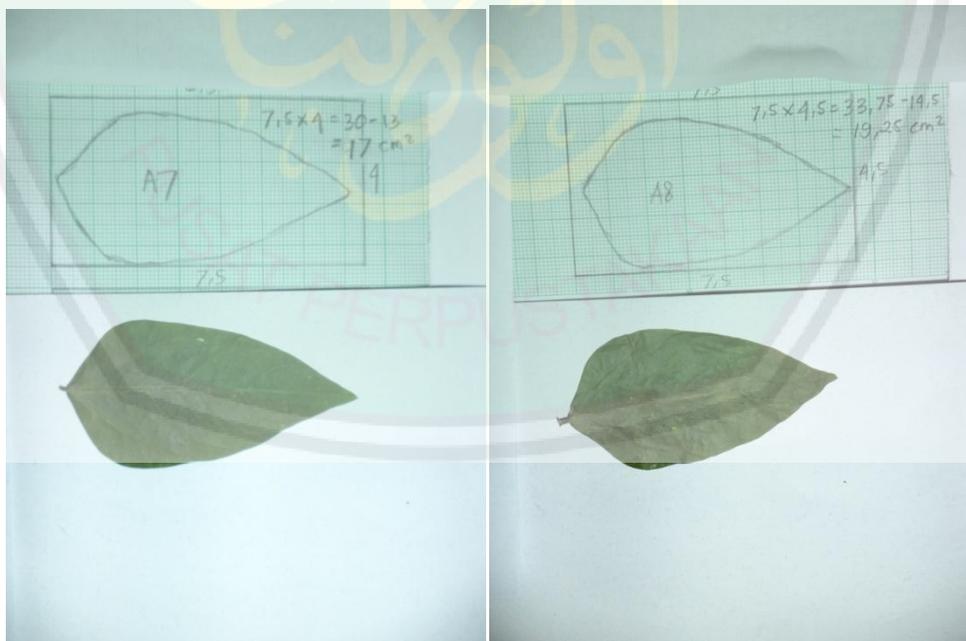
Gambar sketsa daun kacang panjang, kode A1 dan A2



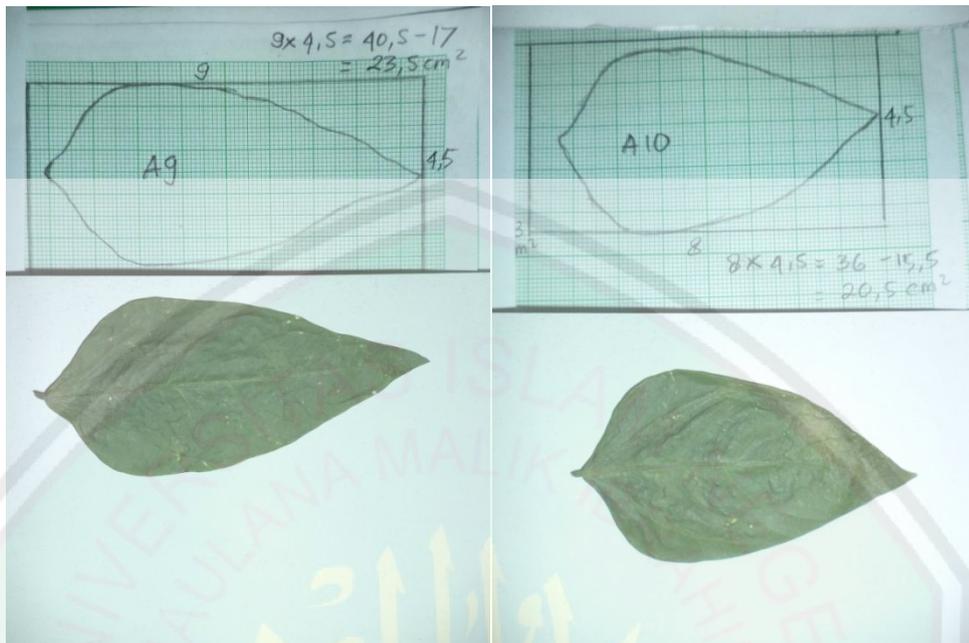
Gambar sketsa daun kacang panjang, kode A3 dan A4



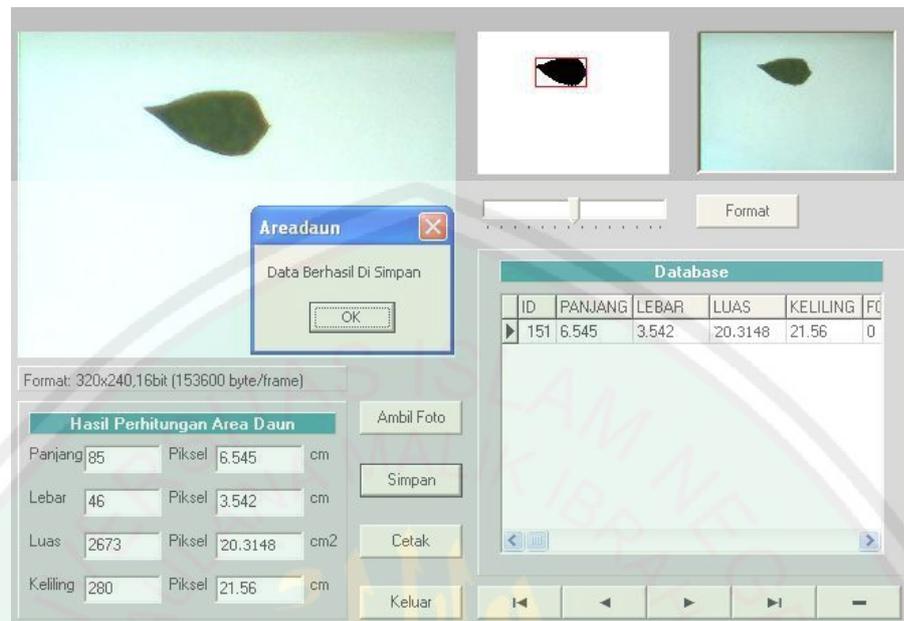
Gambar sketsa daun kacang panjang, kode A5 dan A6



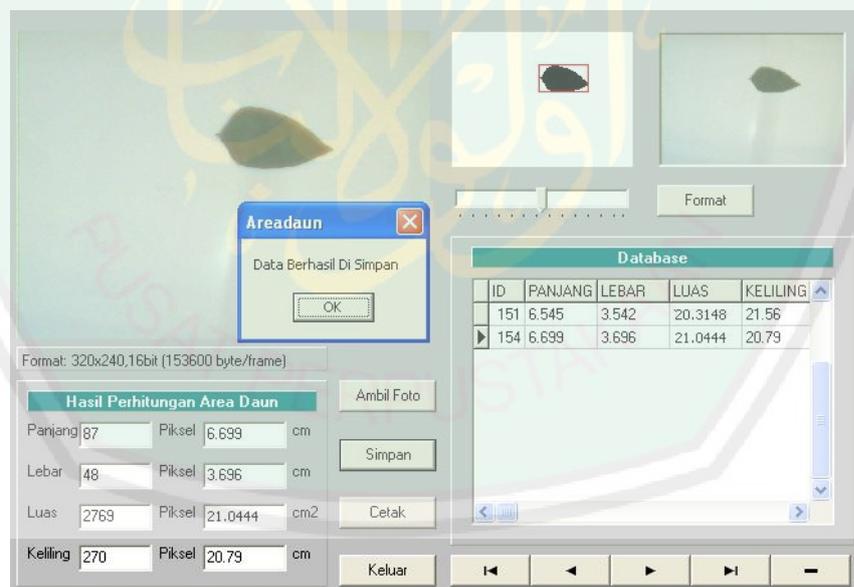
Gambar sketsa daun kacang panjang, kode A7 dan A8



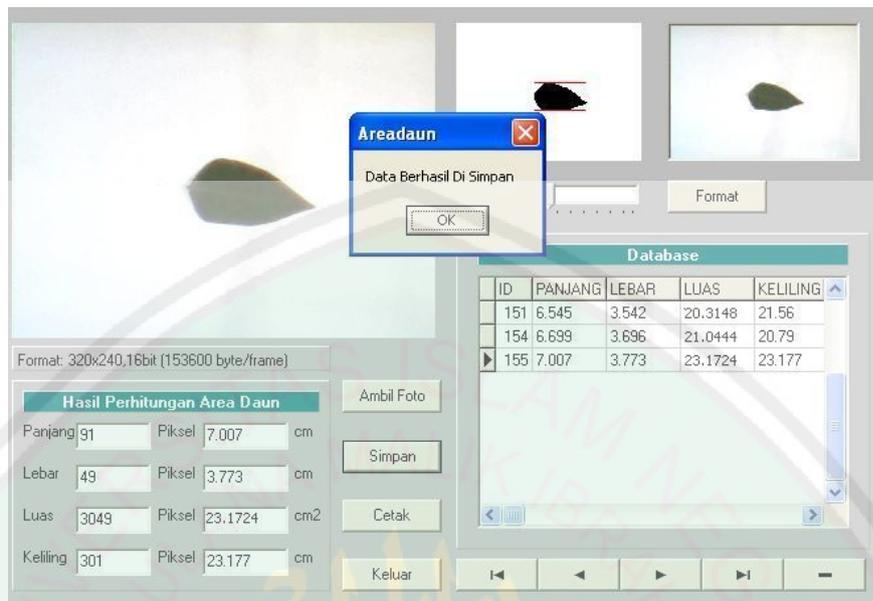
Gambar sketsa daun kacang panjang, kode A9 dan A10



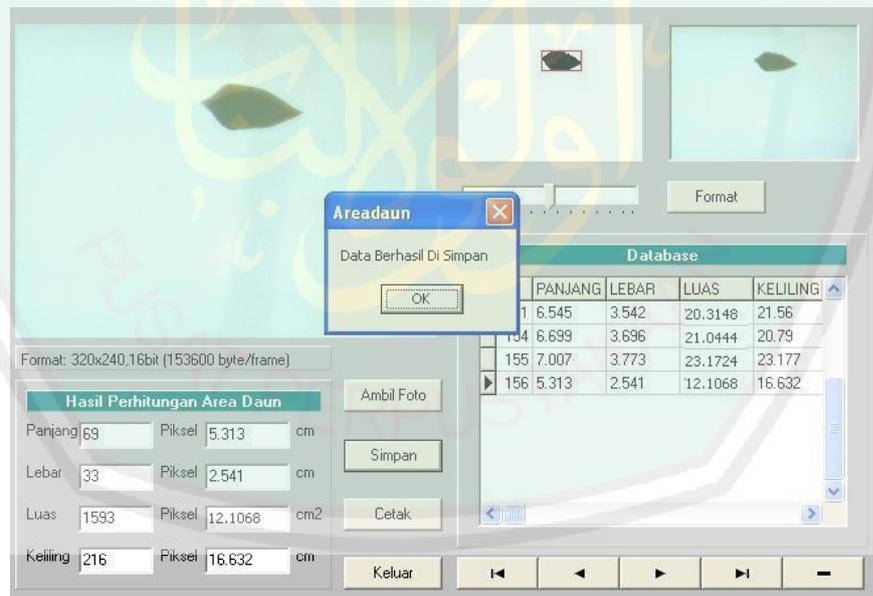
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A1 dg citra digital*



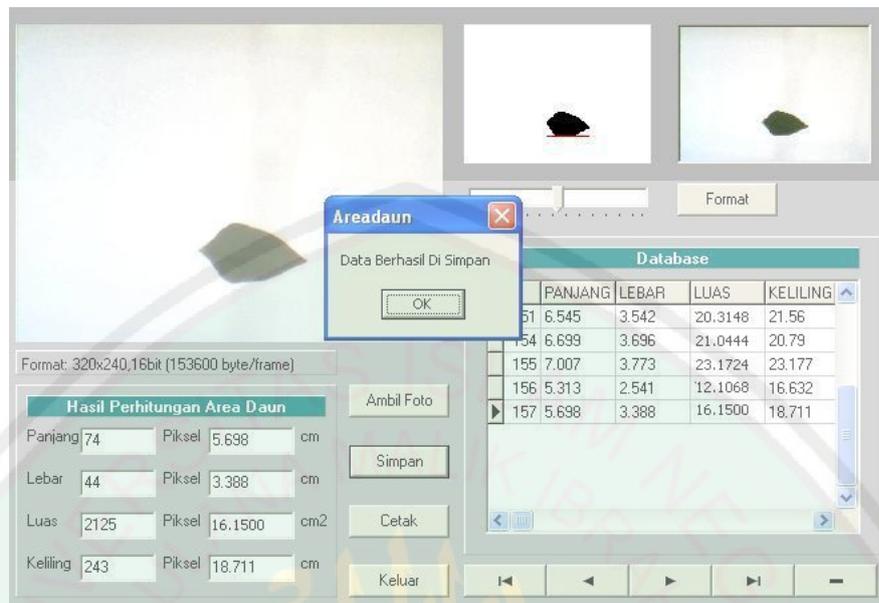
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A2 dg citra digital*



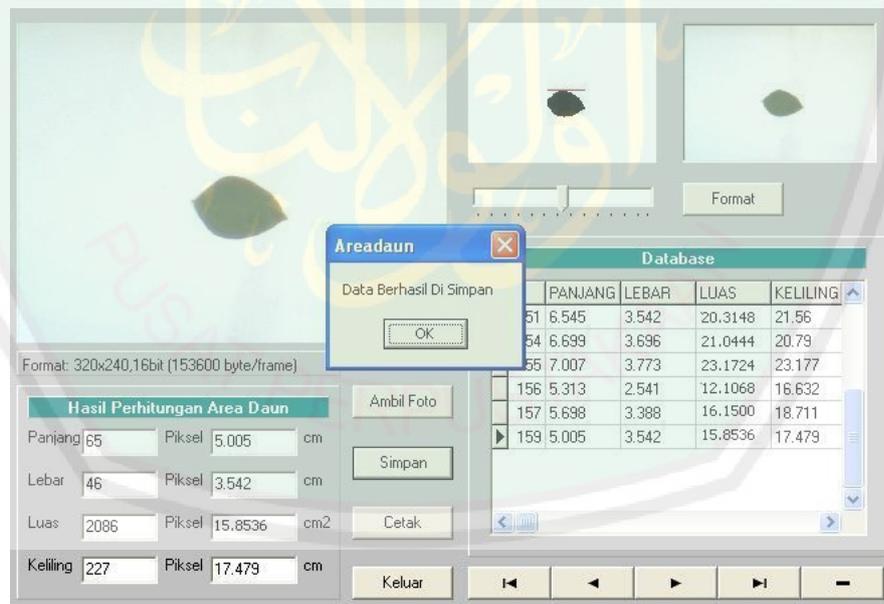
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A3 dg citra digital*



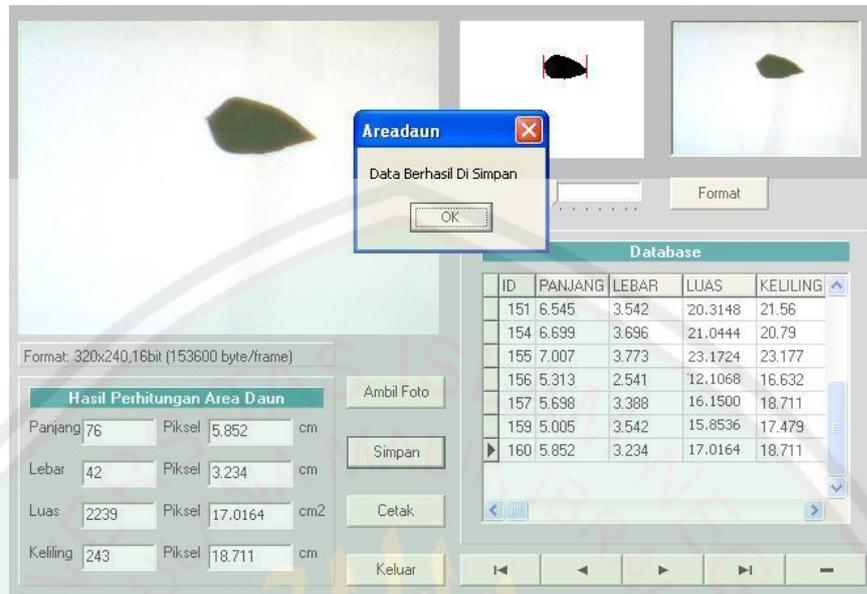
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A4 dg citra digital*



*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A5 dg citra digital*



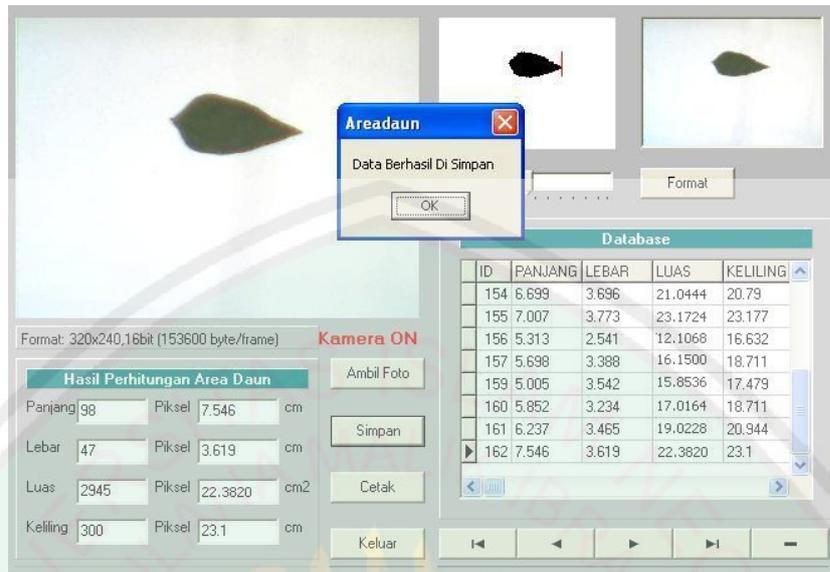
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A6 dg citra digital*



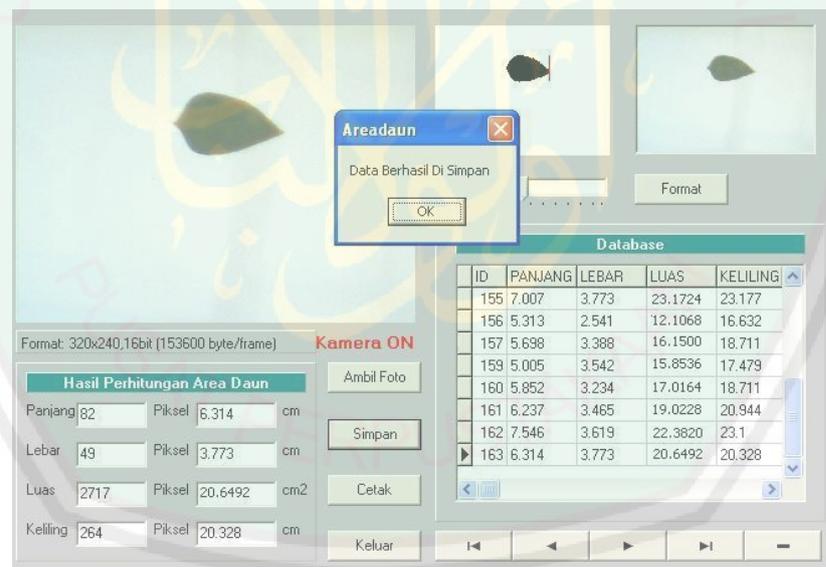
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A7 dg citra digital*



*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A8 dg citra digital*



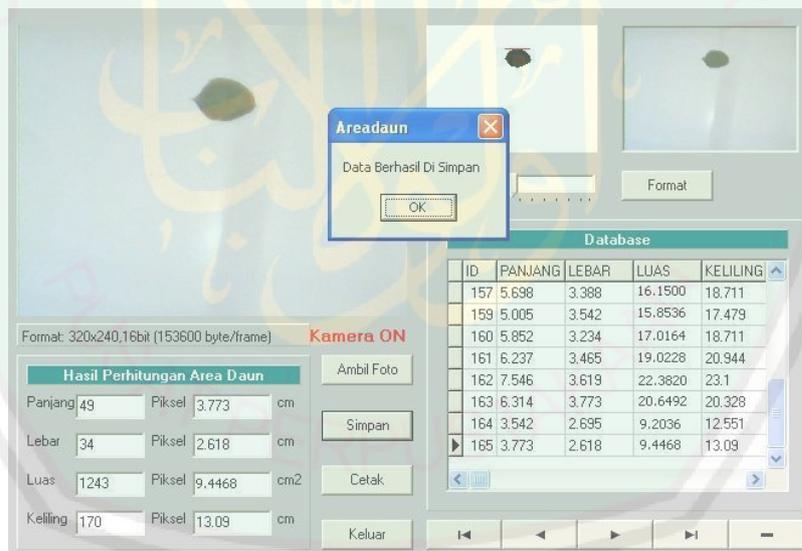
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A9 dg citra digital*



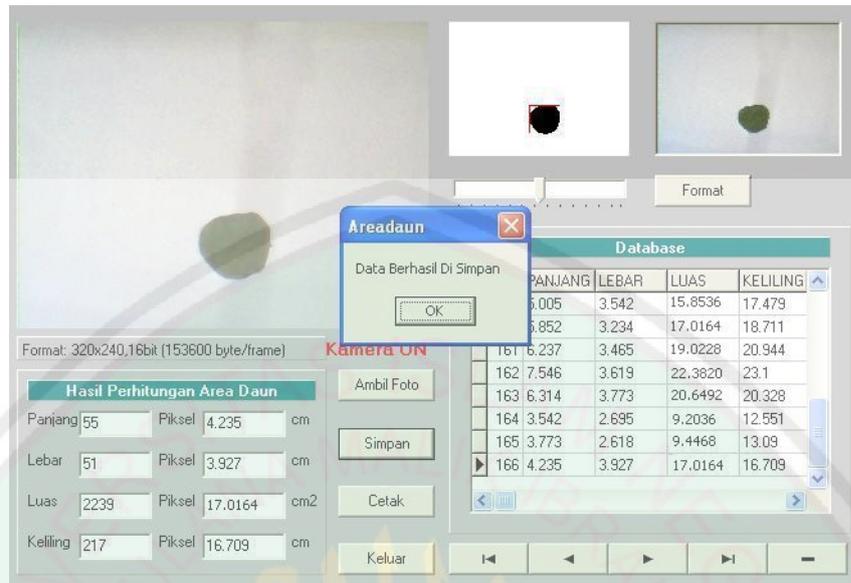
*Print screen dari perhitungan luas kacang panjang A10 dg citra digital*



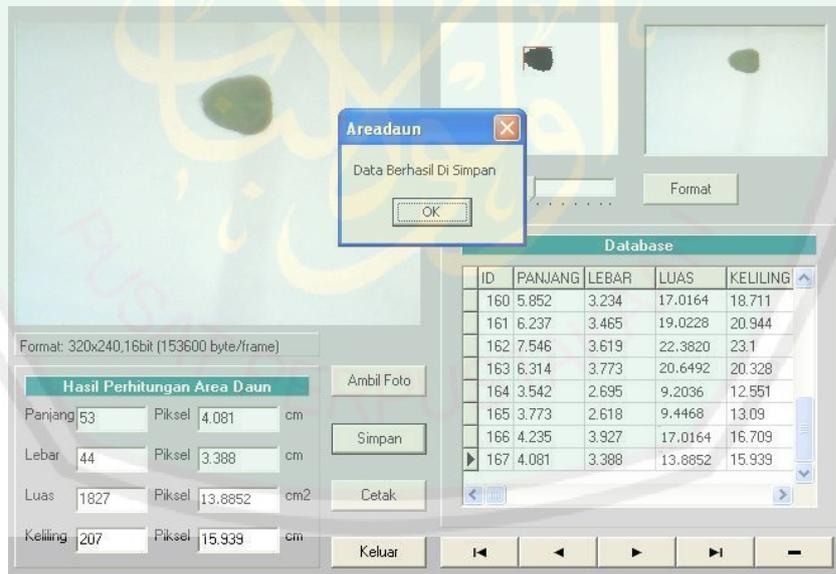
*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B10 dg citra digital



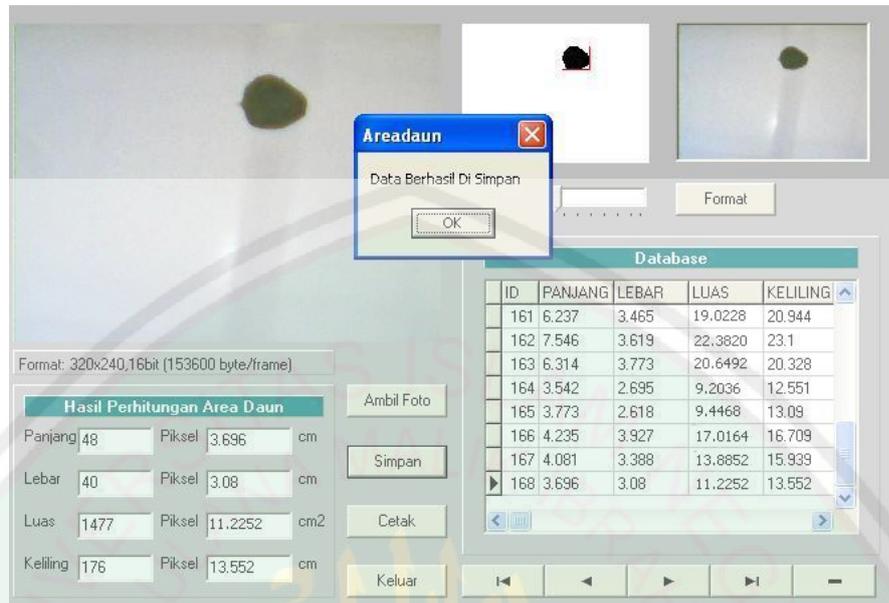
*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B9 dg citra digital



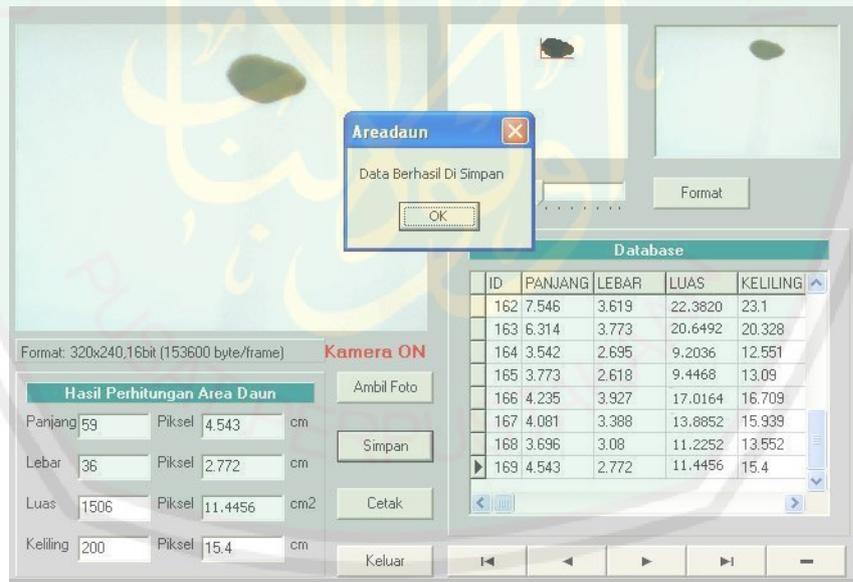
*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B8 dg citra digital



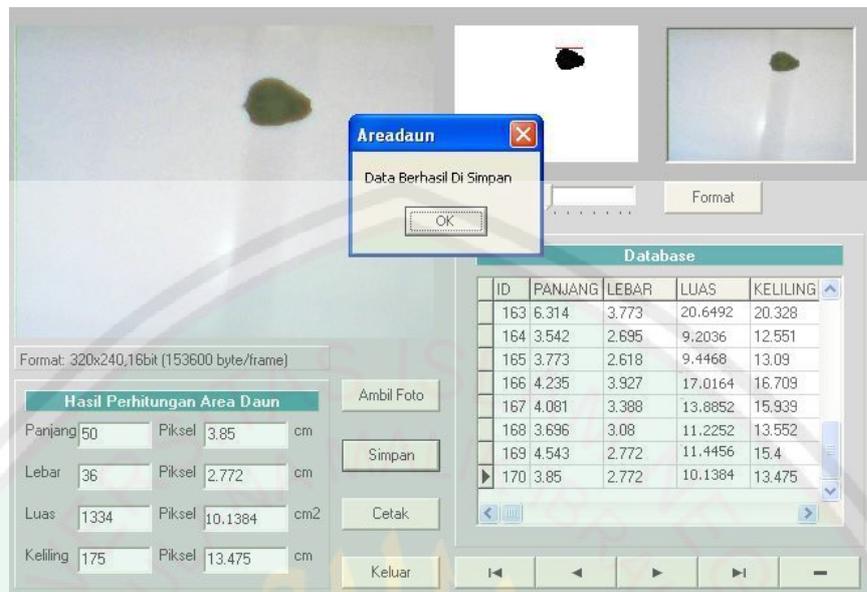
*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B7 dg citra digital



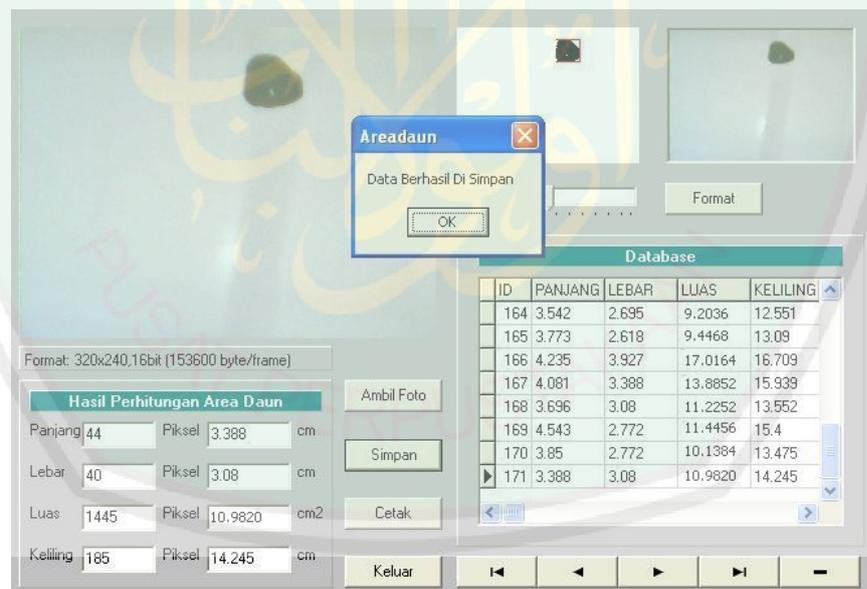
*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B6 dg citra digital



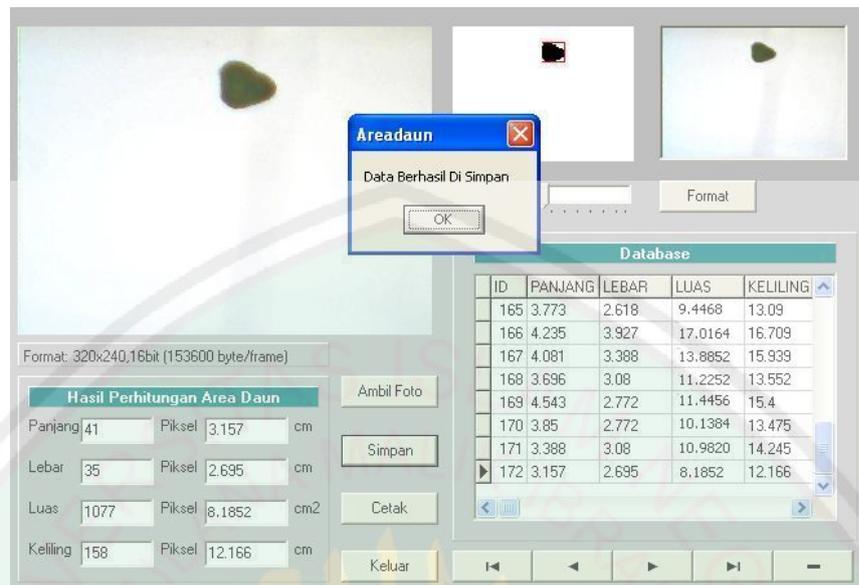
*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B5 dg citra digital



*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B4 dg citra digital



*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B3 dg citra digital



*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B2 dg citra digital



*Print screen* dari perhitungan luas kedelai B1 dg citra digital



Gambar LAM (*Leaf Area Meter*)



Gambar Rancangan Alat (Hardware) Perhitungan Area Daun

# RANCANG BANGUN PERHITUNGAN AREA DAUN KACANG - KACANGAN MENGGUNAKAN CITRA DIGITAL

**Muhamad Ali Ikhsanudin**

**NIM. 09650174**

Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri (UIN) Maliki Malang

email : [ikhsanudin90@gmail.com](mailto:ikhsanudin90@gmail.com)

## Abstrak

Pengukuran luas daun diperlukan sebagai indikator pertumbuhan dan kinerja fisiologis suatu tanaman. Mengukur luas daun bukan merupakan hal yang mudah karena daun berbagai tanaman memiliki bentuk yang beraneka ragam sehingga memerlukan waktu yang lama dan alat ukur yang tepat. Untuk kepentingan hal tersebut perlu dicari sebuah solusi untuk mempermudah perhitungan luas daun secara mudah. Maka dibuatlah rancang bangun perhitungan area daun dengan objek kacang-kacangan dengan menggunakan citra digital. Citra digital yang digunakan adalah *grayscale*, *threshold*, *chain code* (kode rantai) yang mengimplementasikan operasi bertetangga dan metode iterasi dilanjut dengan pemetaan jumlah piksel lalu dikonversikan satuan piksel per cm (sentimeter) kemudian perhitungan area daun yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling akan ditemukan.

**Kata Kunci:** *Perhitungan, Area Daun, Delphi, Kacang-Kacangan, Citra Digital*

## 1.PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, manusia semakin dituntut untuk melakukan segala sesuatu bukan hanya secara cepat, tetapi juga harus tepat. Demikian halnya dalam masalah pengukuran area daun, pengukuran luas daun sangat diperlukan pada bidang pertanian. Meskipun proses fotosintesis dapat berlangsung pada bagian lain dari pohon, daun secara umum dipandang

sebagai organ fotosintesis utama pada tumbuhan. Daun berfungsi sebagai penerima cahaya dan fotosintesis. Atas dasar ini, luas daun menjadi parameter utama karena laju fotosintesis per satuan tumbuhan ditentukan oleh luas daun.

## 2.TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengambangan (*Thresholding*)

Operasi pengambangan digunakan untuk mengubah citra dengan skala

keabuan, yang mempunyai kemungkinan lebih dari dua ke citra biner yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 dan 1 (255). Dalam hal ini, titik dengan rentang nilai keabuan tertentu diubah menjadi berwarna hitam dan sisanya menjadi putih atau sebaliknya.

Pada umumnya terdapat dua operasi pengambangan yang lazim digunakan, yaitu pengambangan tunggal dan pengambangan ganda. Operasi ini memiliki sebuah nilai batas ambang yang dipergunakan dapat berupa :

$$K_0 = \begin{cases} 0, & \text{jika } K_i < \text{ambang} \\ 1, & \text{jika } K_i \geq \text{ambang} \end{cases}$$

Atau

$$K_0 = \begin{cases} 0, & \text{jika } K_i \geq \text{ambang} \\ 1, & \text{jika } K_i < \text{ambang} \end{cases}$$

## 2.2 Operasi Bertetangga

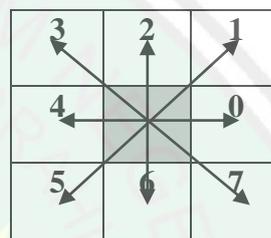
Sebuah citra dikatakan baik apabila benar – benar mencerminkan kondisi sesungguhnya dari objek yang dicitrakan. Dengan demikian, citra yang ideal mempunyai hubungan korespondensi satu – satu. Artinya, sebuah titik pada citra yang dipetakan tepat ke sebuah titik pada citra. Demikian pula yang sebaliknya, setiap titik pada citra mewakili sebuah titik pada objek yang dicitrakan. Sebenarnya setiap titik/piksel citra mewakili luasan tertentu pada objek yang dicitrakan.

Operasi bertetangga dilakukan dengan memodifikasi nilai keabuan dari

titik – titik yang ada di sekitarnya (bertetangga) yang masing – masing mempunyai nilai bobot tersendiri.

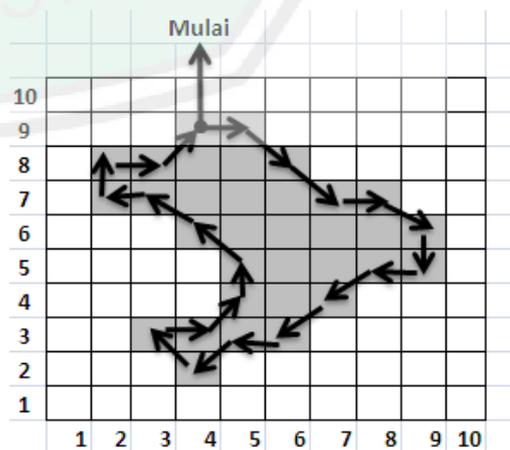
## 2.3 Chain Code ( Kode Rantai)

Kode rantai sering digunakan untuk mendeskripsikan/ mengkodekan bentuk suatu objek.



Gambar 2.3.1 Arah Kode Rantai

Urutan dalam pembacaan arah satu piksel ke piksel yang lain berdasarkan arah jarum jam seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.7. Berikut ini disajikan contoh objek dan kode rantainya.



Gambar 2.3.2 Objek dengan kode rantai

## 2.4 Metode Iterasi

Metode Iterasi adalah bentuk khusus dari algoritma *K-Means* dimana  $K=2$ . Metode iterasi dimulai dengan memilih batas (*threshold*) secara sembarang (perkiraan) sebagai nilai awal.

Dalam proses iteratif, dimulai dengan aproksimasi  $x_0$  untuk suatu akar  $\alpha$  dan dari hasil tersebut dilakukan aproksimasi  $x_1$  sebelum aproksimasi  $x_2$  demikian seterusnya. Dengan proses yang efektif nilai-nilai yang diperoleh  $x_1, x_2, x_3, \dots$  makin lama makin mendekati akar  $\alpha$ . Proses tersebut diteruskan sehingga aproksimasi dengan ketelitian yang diinginkan diperoleh. Jadi untuk suatu proses iteratif kita perlukan kedua hal berikut :

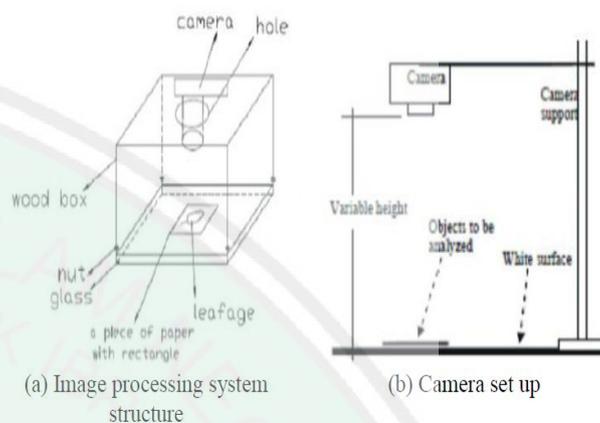
- (i) Aproksimasi  $x_0$ , dan
- (ii) Metode atau formula untuk memperoleh aproksimasi  $x_{n+1}$  dalam suku-suku dari aproksimasi  $x_n$ .

## 3. DESAIN SISTEM

Subjek dari penelitian ini adalah membuat aplikasi perhitungan area daun kacang – kacangan menggunakan citra digital yang dibangun dengan *Borland Delphi 7*. Data dalam penelitian ini diperoleh dari citra input yang berasal dari *webcam* yang berjarak 40 cm dari alas.

Secara umum, desain dari aplikasi perhitungan area daun sebagai berikut :

1. Membuat alat yang berfungsi untuk mengambil gambar daun dan mengirim datanya ke laptop/PC seperti gambar berikut ini :



2. Data dari alat di atas kemudian dikirim melalui komunikasi data yang berupa USB ke PC / laptop user.
3. Data yang berupa gambar akan diproses dengan citra digital, dengan mengubah gambar asli ke *grayscale* kemudian dilakukan proses *threshold* untuk menjadikan gambar menjadi hitam dan putih (biner 0 dan 1).
4. Setelah gambar diolah menjadi data biner 0 dan 1 kemudian akan dilakukan proses perhitungan jumlah piksel dengan metode iterasi , kode rantai dan operasi bertetangga. Bagian yang berwarna hitam yang mewakili sebagai objek daun, kemudian jumlah piksel akan dikalikan per satuan cm (centimeter). Kemudian akan

didapatkan perhitungan area daun yaitu luas area yang meliputi panjang, lebar, luas dan keliling daun.



Gambar 3.1 Flowchart aplikasi

Pada proses awal penggunaan citra digital terdiri dari *grayscale*, kemudian di konversi ke hitam-putih (*thresholding*). Setelah itu, dicek jika *piksel* yang dilewati berwarna hitam atau nilai *threshold*-nya kurang dari 128 maka *piksel* tersebut dikodekan sebagai angka 0. Sebaliknya, jika setelah dicek piksel yang didapat berwarna putih atau nilai *threshold*-nya lebih dari 128 maka piksel dikodekan sebagai angka 1. Sedangkan pada proses perhitungan area daun, langkah yang dilakukan adalah menghitung jumlah piksel daun. Objek daun diletakkan secara horizontal sehingga panjang daun adalah

ukuran horizontal daun dan lebarnya adalah ukuran vertical daun.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dua uji coba yang akan dilakukan, digunakan data analog (untuk perhitungan manual), dan digital (untuk perhitungan dengan citra digital). Data analog berasal dari blat/jiplakan daun kacang-kacangan pada kertas milimeter. Sementara data digital berasal dari LAM (*Leaf Area Meter*) dan kamera *webcam* yang dipasang pada kotak tempat daun dengan tipe file bitmap (.bmp).

##### 4.1 Hasil dan Pembahasan Alat

Tabel 4.1 Daftar Alat & Harga untuk Hardware

N o	Nama Alat	Jml	HargaTotal
1	Kotak dari kaca, pesan	1	Rp 200.000,-
2	Webcam	1	Rp 95.000,-
3	Pipa paralon	2 m	Rp 20.000,-
4	Klep	4	Rp 4.000,-
5	Lampu USB	1	Rp 50.000,-
6	Lampu ruangan untuk uji coba	1	Rp 24.000,-
7	Kertas Karton Hitam	1	Rp 7.000,-
	Total biaya		Rp400.000,-

Total biaya yang dikeluarkan hanya Rp. 400.000,-, dibandingkan dengan LAM yang harganya berkisar 25.000 dolar. Jika di rupiahkan dengan nilai tukar rupiah Rp 9.800,- per dolar, maka LAM ini seharga Rp. 245.000.000,-. Adapun alat rancang bangun penghitunga area daun kacang-kacangan yang telah dibuat ini memiliki tampilan jadi seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.1 Alat yang sudah jadi

Bahan utamanya adalah kaca yang dilapisi karton hitam, agar cahaya dari luar tidak bisa masuk. Disini digunakan cahaya dari 18 lampu LED, dengan rincian 10 LED dari lampu USB dan 8 LED dari bawaan *webcam*. Untuk alasnya menggunakan kayu dan triplek agar lebih kuat dan berat, untuk mengimbangi berat kaca. Tinggi media dibuat 40 cm, disesuaikan dengan pemilihan bidang yang akan tertangkap kamera. Sebelumnya sudah dilakukan uji coba dengan tinggi 25, 30, 35, 40, 45, dan 50 cm, guna memperoleh

ukuran alas yang pas dan fokus obyek agar maksimal. Akan tetapi dengan jarak antara kamera dan obyek 40 cm lah yang paling tepat, ukuran ini juga sesuai dengan usulan pada paper. Dengan ketinggian 40 cm kamera bisa menangkap sisi lebar alas sampai 18.5 cm dan panjangnya mencapai 24.5 cm. Sehingga daun yang lebih besar nantinya juga dapat diambil gambarnya dari tempat ini. Pintu dibuat di bagian depan, dengan sistem buka tarik, dari dua arah, agar lebih memudahkan pemasangan dan pemindahan obyek daun beserta pressnya nanti. Untuk alas daun dipilih *white board*, agar hasilnya maksimal, karena *background* akan terdeteksi sebagai putih, dan objek daun akan terdeteksi sebagai hitam.

Untuk lampu USB digunakan untuk memberikan cahaya di dalam alat, karena cahaya dari luar tidak bisa masuk sehingga perlu penerangan. Lampu disini juga berfungsi untuk mengatasi perbedaan cahaya di sekitar saat perhitungan area daun. Sebelumnya sudah dilakukan percobaan dengan dua kondisi yang berbeda yaitu di dalam ruangan pada siang dan malam hari serta di luar ruangan pada siang dan malam hari dan hasilnya ternyata sama. Jadi cahaya dari luar tidak mempengaruhi perhitungan area daun, karena cahaya dari luar tidak bisa masuk ke dalam alat perhitungan ini. Sementara itu fungsi dari *webcam* yang dipasang pada

pipa paralon permanen di bagian tengah wadah dan diberikan lubang untuk tempat kamera di bagian tengahnya adalah untuk memberikan posisi konsisten agar tidak berubah-ubah. Karena pengambilan yang berbeda-beda posisi akan mempengaruhi perhitungan, baik itu tinggi juga posisi sisi-sisinya. Sementara kaca yang peneliti buat untuk pres daun, agar lekuk-lekuk pada daun kacang-kacangan menjadi terminimalisir.

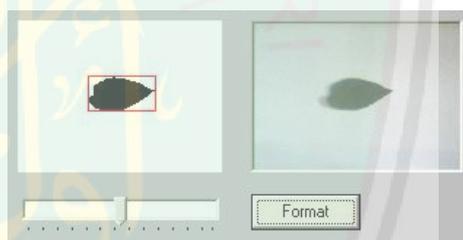
#### 4.2 Hasil dan Pembahasan Software



Gambar 4.2 Tampilan Aplikasi

Pengukuran luas objek dilakukan dengan membedakan citra objek dengan latar belakangnya menggunakan citra biner. Objek berwarna hitam, sedangkan latar belakangnya berwarna putih. Luas objek dihitung dengan cara menghitung jumlah piksel yang berwarna hitam. Kemudian dilakukan konversi satuan piksel menjadi cm. Untuk luas diberikan nilai 0.0076 cm/ piksel karena luas memiliki satuan  $\text{cm}^2$  Diberikan empat digit

dibelakang koma karena disesuaikan dengan *Leaf Area Meter* (LAM) yang menggunakan empat digit dibelakang koma. Objek daun akan terdeteksi batas atas, bawah, kanan dan kiri dengan ditandai garis yang berbentuk persegi dan berwarna merah. Untuk mencari panjang dan lebar digunakan metode iterasi untuk mencari batas objek. Untuk keliling digunakan metode *Chain Code* (Kode Rantai) yang mengimplementasikan operasi bertetangga untuk mencari piksel terluar yang berbatasan dengan latar, disini menggunakan delapan tetangga.



Gambar 4.3 Objek daun yang terdeteksi batasnya

#### 4.3 Hasil Perbandingan Alat Ukur

Setelah dilakukan uji coba, diperoleh data perbandingan antara perhitungan dengan menggunakan kertas millimeter block (manual), menggunakan LAM (*Leaf Area Meter*) dan menggunakan Citra Digital. Dari perhitungan yang telah peneliti buat, sebanyak sepuluh buah daun dengan data A1-A10 untuk daun kacang panjang, dan B1-B10 untuk kedelai.

Tabel 4.6.1 (a) Hasil Perhitungan luas daun kacang panjang dengan Manual dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan Manual	Luas Perhitungan dengan Citra Digital
A1	21 cm <sup>2</sup>	20.31 cm <sup>2</sup>
A2	21 cm <sup>2</sup>	21.04 cm <sup>2</sup>
A3	23 cm <sup>2</sup>	23.17 cm <sup>2</sup>
A4	12.5 cm <sup>2</sup>	12.1 cm <sup>2</sup>
A5	17.5 cm <sup>2</sup>	16.15 cm <sup>2</sup>
A6	16.25 cm <sup>2</sup>	15.85 cm <sup>2</sup>
A7	17 cm <sup>2</sup>	17.01 cm <sup>2</sup>
A8	19.25 cm <sup>2</sup>	19.02 cm <sup>2</sup>
A9	23.5 cm <sup>2</sup>	22.38 cm <sup>2</sup>
A10	20.5 cm <sup>2</sup>	20.64 cm <sup>2</sup>
Jumlah	191.5 cm <sup>2</sup>	187.67 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	191.5 – 187.67 = 3.83 cm <sup>2</sup> (@ 0.38 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.38x100) : 191.5 = 0.19 %

Tabel 4.6.1 (b) Hasil Perhitungan luas daun kacang panjang dengan LAM dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan dengan Manual	Luas Perhitungan dengan LAM
A1	21 cm <sup>2</sup>	19.65 cm <sup>2</sup>
A2	21 cm <sup>2</sup>	20.42 cm <sup>2</sup>
A3	23 cm <sup>2</sup>	22.36 cm <sup>2</sup>
A4	12.5 cm <sup>2</sup>	11.95 cm <sup>2</sup>
A5	17.5 cm <sup>2</sup>	16.77 cm <sup>2</sup>
A6	16.25 cm <sup>2</sup>	15.52 cm <sup>2</sup>
A7	17 cm <sup>2</sup>	16.66 cm <sup>2</sup>
A8	19.25 cm <sup>2</sup>	18.32 cm <sup>2</sup>
A9	23.5 cm <sup>2</sup>	21.79 cm <sup>2</sup>
A10	20.5 cm <sup>2</sup>	19.85 cm <sup>2</sup>
Jumlah	191.5 cm <sup>2</sup>	183.29 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	191.5 – 183.29 = 8.21 cm <sup>2</sup> (@ 0.82 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.82x100) : 191.5 = 0.42 %

Tabel 4.6.1 (c) Hasil Perhitungan luas daun kedelai dengan Manual dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan Manual	Luas Perhitungan dengan Citra Digital
B1	12.5 cm <sup>2</sup>	11.86 cm <sup>2</sup>
B2	9.5 cm <sup>2</sup>	8.18 cm <sup>2</sup>
B3	12.5 cm <sup>2</sup>	10.98 cm <sup>2</sup>
B4	10.25 cm <sup>2</sup>	10.13 cm <sup>2</sup>
B5	12.5 cm <sup>2</sup>	11.42 cm <sup>2</sup>
B6	11 cm <sup>2</sup>	11.22 cm <sup>2</sup>
B7	15 cm <sup>2</sup>	13.88 cm <sup>2</sup>
B8	16.5 cm <sup>2</sup>	17.01 cm <sup>2</sup>
B9	9.5 cm <sup>2</sup>	9.44 cm <sup>2</sup>
B10	9.5 cm <sup>2</sup>	9.20 cm <sup>2</sup>
Jumlah	118.75 cm <sup>2</sup>	113.34 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	118.75 – 113.34 = 5.41 cm <sup>2</sup> (@ 0.54 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.54x100) : 118.75 = 0.45 %

Tabel 4.6.1 (d) Hasil Perhitungan luas daun kedelai dengan LAM dan Citra Digital

Kode	Luas Perhitungan Manual	Luas Perhitungan dengan LAM
B1	12.5 cm <sup>2</sup>	11.25 cm <sup>2</sup>
B2	9.5 cm <sup>2</sup>	8.04 cm <sup>2</sup>
B3	12.5 cm <sup>2</sup>	10.53 cm <sup>2</sup>
B4	10.25 cm <sup>2</sup>	9.87 cm <sup>2</sup>
B5	12.5 cm <sup>2</sup>	11.11 cm <sup>2</sup>
B6	11 cm <sup>2</sup>	10.94 cm <sup>2</sup>
B7	15 cm <sup>2</sup>	13.52 cm <sup>2</sup>
B8	16.5 cm <sup>2</sup>	16.81 cm <sup>2</sup>
B9	9.5 cm <sup>2</sup>	9.13 cm <sup>2</sup>
B10	9.5 cm <sup>2</sup>	9.04 cm <sup>2</sup>
Jumlah	118.75 cm <sup>2</sup>	110.24 cm <sup>2</sup>
	Selisih Perhitungan	118.75 – 110.24 = 8.51 cm <sup>2</sup> (@ 0.85 cm <sup>2</sup> )
	Dalam Presentase	(0.85x100) : 118.75 = 0.71 %

## 5. Kesimpulan

Secara garis besar rancang bangun ini berjalan cukup baik, dan lebih kompeten dibanding dengan LAM (*Leaf Area Meter*) karena hasil rancang bangun ini lebih mendekati dengan hasil dari perhitungan manual yang di anggap lebih akurat. Dilihat dari hasil perhitungan, dengan nilai perbedaan rata – rata hanya 0.32% dibandingkan perhitungan yang menggunakan Citra Digital, sedangkan jika dibandingkan dengan LAM (*Leaf Area Meter*) perbedaannya sebesar 0.77%. Selain itu untuk waktu perhitungan relatif lebih cepat daripada dengan manual, di mana yang manual sampai 15 menit untuk satu buah perhitungan (1 buah daun), dengan rancang bangun ini sekitar 1 menit untuk satu perhitungan pula. Rancang bangun ini juga memiliki kelebihan dibanding LAM ataupun alat yang lainnya. Karena rancang bangun ini bisa

memprediksi panjang, lebar dan keliling daun, sehingga data perhitungan area daun menjadi lebih lengkap.

Hasil dari Uji T yang menggunakan Microsoft Excel menyatakan bahwa hasil pengukuran yang menggunakan Citra Digital tidak berbeda secara signifikan jika dibandingkan dengan pengukuran manual. Begitu juga hasil pengukuran LAM (*Leaf Area Meter*) juga tidak berbeda secara signifikan jika dibandingkan dengan pengukuran manual. Sehingga Citra Digital ataupun LAM sama – sama bisa/valid digunakan. Pilihan dikembalikan lagi kepada *user*.

Kekurangan alat ini masih terlalu besar dan susah untuk dibawa berpindah-pindah, tetapi masih berukuran lebih kecil dibanding dengan LAM (*Leaf Area Meter*) sehingga masih bisa dibawa kemana-mana walaupun berukuran agak besar. Ukuran LAM yang lebih besar dengan alat yang dibuat peneliti ini membuat LAM tidak bisa dibawa kemana – mana, selain itu LAM juga memerlukan daya listrik sehingga harus ada colokan untuk mengambil aliran listrik, sedangkan rancang bangun ini hanya memerlukan listrik kecil yang bisa diambil dari laptop karena hanya perlu komunikasi data yang berupa USB. Selain itu bahan dari kaca membuatnya rawan rusak (pecah). Pemantulan cahaya menjadi masalah

tersendiri dalam pengambilan foto obyek menggunakan alat ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Achmad, Balza. 2013. Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi, Yogyakarta : ANDI.

Achmad, Balza. 2011. Pemrograman Delphi untuk Aplikasi Mesin Visi Menggunakan Webcam, Yogyakarta : Gava Media.

Fadlisyah;Fahmi;Kurniawan,Dayat.2010. Pemrograman Kamera PC menggunakan Delphi. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Penuntun Praktikum Kajian Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman.2008. Malang : Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Putra, Darma.2010.Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta:ANDI

*Al-Quran dan Terjemahannya*. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.

Carlos Campillo, M.I. Garcí'a, C. Daza and M.H. Prieto. 2010. Study of a Non-destructive Method for Estimating the Leaf Area Index in Vegetable Crops Using Digital Images. *Paper*. Spain.

Hery Purnomo, Mauridhi; Mustafa, Arif. 2010. Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Kumar.E, Sandeep. 2012.Leaf Color, Area and Edge Featurs Based Approaach for Identification of Indian Medicial Plants. Department of Telecommunication Engineering

JNN college of Engineering  
Affiliated to Vishveshvaraya  
Technological University  
Shimoga-577204, Karnataka, India.

Mahdi M. Ali, Ahmed Al-Ani, Derek Eamus and Daniel K.Y. Tan. 2012. A New Image-Processing-Based Technique for Measuring Leaf Areaons. *Paper. Australia: University of Technology Sydney (UTS)*.

M Hafidh Fauzil, Prof.Ir.Handayani Tjandrasa, M.Sc., Ph.D. 2010. Implementasi Thresholding Citra Menggunakan Algoritma Hybrid Optimal Estimation. *Paper. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

Physiology of Crop Plants (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa oleh Susilo, H.). Universitas Indonesia Press. Jakarta. 428 p. Harjadi, S.S. 1979. Pengantar Agronomi. Gramedia. Jakarta.

Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. Plant Physiology, 4th ed. (Fisiologi Tumbuhan jilid 2, alih bahasa oleh Lukman, D.R. dan Sumaryono). Institut Teknologi Bandung. 173 p. Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991.

Sanjay B. Patil. 2011. Betel Leaf Area Measurement Using Image Processing. *Paper. Dhangawadi : Shri Chhatrpati Shivajiraje College of Engineering*.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Kedelai>.

Diakses pada 9 Agustus 2013.

[http://id.wikipedia.org/wiki/Kacang\\_Panja](http://id.wikipedia.org/wiki/Kacang_Panja)  
[ng](http://id.wikipedia.org/wiki/Kacang_Panja). Diakses pada 9 Agustus 2013.

Munir, Rinaldi. 2006. Aplikasi *Image Thresholding* Untuk Segmentasi Objek. Sekolah Teknik Elektro dan Informatika. Institut Teknologi Bandung.

Susilawati, Indah. 2009. Teknik Pengolahan Citra. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Mercu Buana Yogyakarta

Triono, Siswandi. 2004. Teori Penyerapan Karbondioksida pada Akasia dan Gmelina Berdasarkan Model Pertumbuhan Logistik dan Kurva Respon Cahaya. Thesis. Institut Pertanian Bogor.

Agnes Maria Polina & JJ Siang. 2009. Cara Cepat Menyusun Skripsi Jurusan Teknik Informatika / Komputer, ANDI : Yogyakarta.

Hadi, Sutrisno. 2004. Statistik. ANDI : Yogyakarta.

Furqon. 2008. STATISTIKA TERAPAN untuk PENELITIAN, ALFABETA : Bandung.

<http://statistik-kesehatan.blogspot.com/2011/03/uji-t-dependen-berpasangan.html>. Diakses pada 11 September 2013.

<http://skripsimahasiswa.blogspot.com/2010/09/pemilihan-uji-dalam-penelitian-studi.html>. Diakses pada 11 September 2013.

<http://statistikian.blogspot.com/2013/01/t-paired-excel.html>. Diakses pada 11 September 2013.

<http://ariefabian.blogspot.com/2011/07/matematika-ukuran-pada-design-grafis.html>. Diakses pada 19 September 2013.