

**DETEKSI DAN KLASIFIKASI CITRA UNTUK
MENENTUKAN WAKTU PENEBAANGAN POHON
(*FELLING*)**



TUGAS AKHIR

*Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan
Untuk menyelesaikan program Strata-1 Prodi Teknik Informatika*

Universitas Hasanuddin

Makassar

Disusun Oleh

MULIANI

D421 13 014

DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**"DETEKSI DAN KLASIFIKASI CITRA UNTUK MENENTUKAN
WAKTU PENEBAANGAN POHON (*FELLING*)"**

OLEH:

MULIANI

NIM D42113014

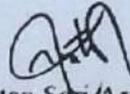
Skripsi ini telah dipertahankan pada Ujian Akhir Sarjana tanggal 16 November 2020.
Diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.)
pada Program Strata-I Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

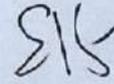
Gowa, 16 November 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST., M.T
NIP. 19750203 200012 2 002


Elly Warni, ST., M.T
NIP. 1982021 62008122 2 001

Diterima dan disahkan oleh:
Ketua Departemen Teknik Informatika


Dr. Amir Ahmad Ilham, S.T., M.IT
NIP. 19731010 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MULIANI
NIM : D42113014
Program Studi : Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul

DETEKSI DAN KLASIFIKASI CITRA UNTUK MENENTUKAN WAKTU PENEBAANGAN POHON (*FELLING*)

adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan/ditulis/diterbitkan sebelumnya, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan Daftar Pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Makassar, **26** November 2020

Yang membuat pernyataan,


MULIANI

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu sistem yang dapat memudahkan pemegang izin pemanfaatan hasil hutan yang berkaitan dengan penebangan pohon. Deteksi diameter pohon dengan pengambilan citra menggunakan kamera dapat dilakukan dengan pengolahan citra, tahapan pendeteksian dimulai dari membaca citra, *grayscale*, *resize* citra, penapisan citra, *thresholding*, morfologi, *BoundingBox*, kemudian proses perhitungan diameter. Pengujian sistem dilakukan sebanyak 75 data citra pohon dengan memberikan variasi 3 nilai *threshold*. Masing-masing *threshold* di uji dengan 75 data citra yaitu dengan nilai *threshold* 55 sistem mendeteksi citra pohon P2 dengan jarak antara kamera ke objek 1.5 meter mencapai persentase *error* terendah 0.9, sedangkan pada nilai *threshold* 60 sistem mendeteksi citra pohon P6 dengan jarak antara kamera ke objek 1.5 meter mencapai persentase *error* terendah sebesar 1.04 serta nilai *threshold* 65 sistem mendeteksi citra P9 dengan jarak antara kamera ke objek 1.5 meter mencapai persentase *error* terendah sebesar 0.25.

Kata Kunci : Pohon Jati Lokal (*Tectona grandis L.f*) , Pengolahan Citra, *Thresholding* dan Diameter.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta bimbingannya, shalawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wa sallam. Akhirnya, penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang berjudul **“Deteksi Dan Klasifikasi Citra Untuk Menentukan Waktu Penebangan Pohon (*Felling*)”**.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu memberikan sumbangan dan sarannya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Allah Subhanahu wata'ala, karena berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan motivasi selama penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Amil Ahmad Ilham, ST., M.IT selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST., M.T selaku pembimbing I yang memberikan bimbingan, petunjuk dan saran selama menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Ibu Elly Warni, ST., M.T selaku pembimbing II yang memberikan bimbingan, petunjuk dan saran selama menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T., Bapak Dr. Indrabayu, ST., M.T., M.Bus.Sys, Bapak Dr. Eng. Zulkifli Tahir, S.T., M.Sc sebagai selaku dosen penguji yang telah memberikan saran sehingga laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik.
7. Seluruh dosen dan staf pengajar, serta pegawai Departemen Teknik Informatika atas segala Ilmu, bantuan dan kemudahan yang diberikan selama menempuh proses perkuliahan.
8. Teman-teman seperjuangan semasa kuliah atas segala dukungan dan bantuannya selama ini.
9. Sahabat-sahabat Cis Squad atas segala dukungan juga memberikan motivasi atau hiburan selama proses penyusunan skripsi selama ini.
10. Saudari Sitti Hadijah dan Riska Afsari Dewi sahabat seperjuangan semasa SMK atas segala dukungan dan motivasi selama penyelesaian tugas akhir ini.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari segala keterbatasan dan kekurangan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk memberikan karya yang baik, tetapi penulis merasa karya ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat berkarya lebih baik lagi di masa yang

akan datang. Penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca dan penulis.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Makassar, 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pohon Jati Lokal	6
2.2 Usia Pohon.....	8
2.3 Definisi Citra.....	13

2.4 Pengolahan Citra Digital.....	18
2.5 Segmentasi Citra	22
2.6 <i>Thresholding</i>	23
2.7 Operasi Morfologi.....	24
2.8 Fotogrametri.....	24
2.9 Penelitian Terkait	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Metodologi Pengumpulan Data	30
3.1.1 Studi Literatur	30
3.1.2 Diskusi dan Konsultasi.....	30
3.1.3 Observasi.....	30
3.1.4 Instrumen Penelitian.....	30
3.1.5 Teknik Pengambilan Data	32
3.2 Perancangan Implementasi Sistem	33
3.2.1 Perancangan Proses	33
3.3 Analisis Kinerja Sistem.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Gambaran Umum Sistem.....	44
4.2 Hasil Pengujian Sistem	44
4.3 Pembahasan.....	56
BAB V PENUTUP.....	57
5.1. Kesimpulan	57

5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Mengukur Keliling Pohon	9
Gambar 2.2 Persamaan mencari Diameter dan Radius Pohon.....	9
Gambar 2.3 Persamaan Mengompensasi Kulit Batang.....	10
Gambar 2.4 Persamaan Menghitung Lebar Rata-rata Lingkar Cincin.....	11
Gambar 2.5 Persamaan Menentukan Usia Pohon	12
Gambar 2.6 Persamaan Rata-rata Tingkat Pertumbuhan Tahunan	13
Gambar 2.7 Persamaan Umum Menghitung Usia Pohon	13
Gambar 2.8 Citra Biner	15
Gambar 2.9 Contoh Perbandingan Citra RGB, <i>Grayscale</i> dan Biner.....	17
Gambar 2.10 Metode Pengukuran Diameter Setinggi Dada.....	26
Gambar 3.1 Deskripsi Tiang Kamera dan Jarak Kamera dengan Pohon	32
Gambar 3.2 Ilustrasi Posisi Pengambilan Data	33
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem.....	34
Gambar 3.4 Contoh Citra Pohon Jati Lokal.....	37
Gambar 3.5 Citra <i>Grayscale</i>	38
Gambar 3.6 Citra Hasil <i>Resize</i> dan Penapisan Citra	40
Gambar 3.7 Citra Hasil <i>Threshold</i>	41

Gambar 3.8 Citra Hasil Segmentasi	42
Gambar 4.1 Tampilan Hasil Citra Pohon P1 dengan Jarak 1 Meter	55
Gambar 4.2 Tampilan Hasil Citra Pohon P2 dengan Jarak 1.5 Meter	55
Gambar 4.3 Tampilan Hasil Citra Pohon P3 dengan Jarak 2 Meter	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Citra Pohon Jati Lokal.....	35
Tabel 4.1 Hasil Peengujian untuk Nilai <i>Threshold</i> = 55	45
Tabel 4.2 Hasil pengujian untuk nilai <i>Threshold</i> = 60	47
Tabel 4.3 Hasil pengujian untuk nilai <i>Threshold</i> = 65	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hutan merupakan salah satu hal yang terpenting bagi bumi. Dengan adanya hutan maka kehidupan akan terpenuhi. Tanpa hutan makhluk hidup tidak dapat bertahan hidup karena hutan merupakan sumber dari segala kehidupan bagi makhluk hidup yang tinggal di pemukiman dan hutan itu sendiri. Di dalam hutan terdapat berbagai jenis tumbuhan, hewan dan makhluk hidup lainnya. Menurut Undang-undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, pengertian hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungan, yang satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan [1].

Kehutanan adalah ilmu yang membahas tentang berbagai hal berkaitan dengan hutan, baik itu pembangunan hutan, pengelolaan hutan, pelestarian dan pengonservasian hutan agar bisa digunakan secara berkelanjutan [2].

Pohon Jati adalah salah satu jenis pohon yang tumbuh di hutan. Pohon jati juga sejenis pohon penghasil kayu bermutu tinggi. Pohon besar, berbatang lurus, dapat tumbuh mencapai tinggi 30-40 m. Berdaun besar, yang luruh di musim kemarau. Jati dikenal dunia dengan nama *teak* (bahasa Inggris). Nama ini berasal dari kata *thecku* (തേക്കു) dalam bahasa Malayalam, bahasa di Negara bagian Kerala di India Selatan. Nama ilmiah jati adalah *Tectona Grandis L.f* [3].

Jati lokal juga merupakan salah satu jenis kayu yang ada di Sulawesi Selatan, kayu jati lokal banyak dipakai untuk keperluan seperti segala jenis konstruksi, jati lokal tumbuh baik pada tanah sarang terutama pada tanah yang mengandung kapur dan tumbuh di daerah dengan musim kering yang nyata, tipe curah hujan C-F, jumlah hujan rata-rata 1200-2000 mm per tahun, pada ketinggian 0-700 m dari permukaan laut [4].

Saat ini pemegang izin pemanfaatan hasil hutan yang berkaitan dengan penebangan pohon dibawah Pengawasan dan Pengendalian Dinas Kehutanan dalam melakukan penebangan pohon jati berkisar antara usia 5 – 15 tahun. Untuk mengetahui usia pohon dengan cara menebangnya kemudian melihat lingkaran cincin pada batang pohon. Cara ini hanya bisa dilakukan jika batang pohon sudah di potong. Proses tersebut kurang tepat karena menebang pohon sehat hanya untuk diketahui usianya dapat menyebabkan penebangan pohon secara liar. Hal ini perlu adanya cara untuk mengetahui waktu penebangan pohon tanpa harus menebang. Pada penelitian ini akan dibangun sistem yang dapat mendeteksi diameter untuk mengetahui pohon layak tebang dilakukan dengan perhitungan diameter dan keliling melalui proses pengolahan citra yang diambil dengan menggunakan sebuah kamera, sehingga nantinya akan memudahkan dalam penentuan pohon layak tebang atau tidak. Oleh karena itu, tugas akhir yang dilakukan berjudul “**Deteksi dan Klasifikasi Citra untuk Menentukan Waktu Penebangan Pohon (*felling*)**”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, penulis merumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat mendeteksi diameter pohon dengan pengambilan gambar menggunakan kamera?
2. Bagaimana menghitung diameter melalui pemrosesan citra terhadap pohon jati lokal?
3. Bagaimana akurasi sistem deteksi pohon jati lokal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui diameter pohon dengan pengambilan gambar menggunakan kamera.
2. Untuk melakukan perhitungan diameter melalui pemrosesan citra.
3. Menganalisis akurasi dari implementasi sistem.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat menjadi acuan untuk diketahui usia pohon yang nantinya dijadikan dasar dalam penebangan pohon dengan cara menghitung diameter pohon melalui pengolahan citra.

1.5 Batasan Masalah

1. Perangkat lunak yang digunakan MATLAB 2013a
2. Data hasil observasi pohon jati yang diukur secara manual
3. Akuisi citra dengan menggunakan kamera
4. Input sistem berupa citra pohon jati

5. Citra input merupakan citra dengan format JPEG
6. Ukuran citra yaitu 300 x 452
7. Waktu pengambilan data dilakukan pada siang hari

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulisan agar pembahasan yang disajikan lebih sistematis, maka tugas akhir ini dibagi dalam lima bab, isi masing-masing diuraikan secara singkat dibawah ini :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang perancangan sistem deteksi untuk menentukan waktu tepat penebangan pohon sebagai tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori yang berhubungan dengan pengolahan citra, segmentasi serta rumus pengukuran diameter yang digunakan dalam pengembangan sistem deteksi untuk menentukan waktu tepat penebangan pohon.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang tahap penelitian, studi literatur, diskusi dan konsultasi, observasi, instrument penelitian, teknik pengambilan data, perancangan implementasi sistem dan analisis kinerja sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil dari pegujian, rata-rata akurasi serta pembahasan yang disertai table hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan berguna untuk pengembangan sistem ini dimasa yang akan datang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pohon Jati Lokal

Kayu jati lokal adalah kayu bulat atau kayu olahan yang berasal dari pohon jati yang tumbuh dari hasil budidaya pada lahan masyarakat atau tumbuh secara alami di atas hutan yang terletak diluar kawasan hutan negara [4].

Kayu dari pohon jati lokal merupakan salah satu jenis kayu komersial yang memiliki nilai ekonomis tinggi yang tidak lekang dimakan jaman, dan orang lebih banyak memilih kayu jati karena kualitas dan keawetannya melebihi jenis kayu lain, sehingga wajar jika diminati banyak orang baik dalam negeri maupun luar negeri. Indonesia termasuk negara keempat terbesar dalam penyediaan kayu jati setelah Burma, India, dan Thailand [4]. Di Indonesia, penyebaran kayu jati lokal mencakup seluruh Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat (Sumbawa), Maluku dan Lampung [5].

Pohon jati lokal memiliki nama ilmiah *Tectona Grandis Linn.f.* Pohon jati lokal menghasilkan kayu yang berkualitas unggulan karena daya tahan dan stabilitasnya. Pohon jati memiliki beberapa morfologi, berikut ini adalah morfologi pohon jati [6]:

a) Morfologi akar pohon jati

Akar jati mempunyai 2 jenis akar yaitu akar tunggang dan serabut

1. Morfologi Akar tunggang adalah akar yang tumbuh secara vertikal dan berukuran besar, kegunaannya untuk menopang pohon agar tidak mudah roboh.

2. Akar serabut, akar ini tumbuh ke samping dan berfungsi untuk mencari air dan unsur hara.

b) Morfologi batang pohon jati

1. Pohon jati mampu mencapai ukuran yang sangat besar dengan tinggi sampai 45 meter.
2. Diameter mencapai 2 meter.
3. Bentuk batang pohon jati umumnya silinder, tetapi menjadi bergalur dan sedikit ditopang pada dasarnya ketika dewasa (pada bangkot, berbentuk seperti belimbing, khususnya pohon yang besar).
4. Warna kulit batang biasanya cokelat atau abu-abu, keputihan dan ada juga yang kehitaman dengan alur yang memanjang dan sedikit mengelupas. Pohon yang sudah tua sering beralur dan berbanir, kulit batang tebal.

c) Morfologi daun pohon jati

1. Daun jati letaknya bersilangan dan berbentuk elips atau bulat telur dengan panjang 13 - 75 cm dan lebar 10 – 40 cm
2. Bentuk tajuknya rimbun dengan bagian ujung daun tumpul atau agak runcing.

d) Morfologi bunga jati

1. Bunga jati berwarna putih atau krem
2. Masa berbunga dan berbuah tanaman jati adalah Juni – Agustus setiap tahunnya

3. Ukuran bunga kecil dengan diameter 6 – 8 mm, berwarna keputih-putihan dan berkelamin ganda dari benang sari dan putik yang terangkai dalam tandan besar.

e) Morfologi buah jati

1. Buah jati keras, terbungkus kulit berdaging dan lunak tidak merata (tipe buah batu) serta ukuran buah antara 5 – 20 mm.
2. Struktur buah terdiri dari kulit luar tipis yang terbentuk dari kelopak, lapisan tengah (*mesokarp*) yang tebal, bagian dalam (*endokarp*) yang keras dan terbagi menjadi 4 ruang biji.

2.2 Usia Pohon

Bergantung pada jenis pohon, usia pohon bisa diperkirakan, misalnya, mengukur keliling batang pohon atau menghitung baris dahan. Namun, cara yang paling akurat adalah menghitung lingkaran cincin di batang pohon. Buruknya, cara ini hanya bisa dilakukan kalau batang pohon sudah dipotong, tidak boleh menebang pohon sehat hanya untuk mengetahui usianya. Cara lain atau gabungan beberapa metode untuk memperoleh estimasi yang akurat yaitu [7]:

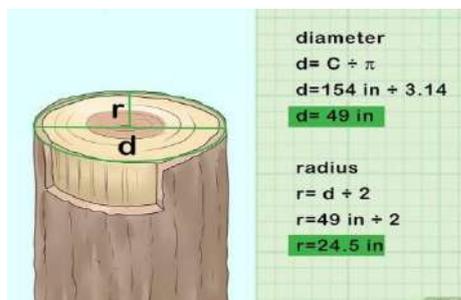
1. Memperkirakan usia dengan mengukur batang pohon seperti diperlihatkan pada gambar 2.1.
 - a. Mengukur keliling pohon pada ketinggian dada. Ketinggian dada rata-rata, yang merupakan satuan ukuran dalam kehutanan, adalah 1,5 meter dari ketinggian tanah. Membalutkan pita pengukur mengelilingi batang pohon pada ketinggian ini, dan catat kelilingnya.

- Apabila tanah melandai, mengukur 1,5 meter dari ketinggian tanah pada sisi hulu, beri tanda, lalu lakukan hal serupa pada sisi hilir. Rata-rata ketinggian dada adalah titik tengah antara ukuran hulu dan hilir.
- Untuk batang pohon yang bercabang pada ketinggian kurang dari 1,5 meter, mengukur keliling persis di bawah percabangan.



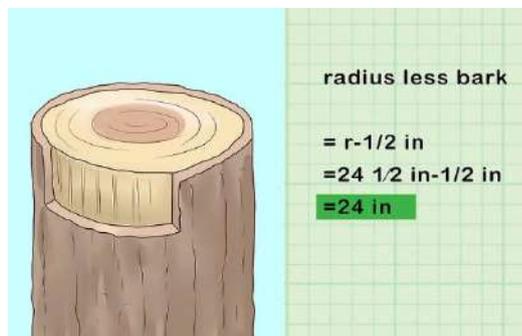
Gambar 2.1 Proses Mengukur Keliling Pohon

- b. Menentukan diameter dan radius batang pohon seperti pada gambar 2.2. Untuk mencari diameter, bagikan keliling dengan π , atau 3,14. Kemudian menentukan radius dengan membagi dua diameter.
- Sebagai contoh, jika keliling batang pohon adalah 375 cm, diameternya kurang lebih sebesar 120 cm, dan radiusnya adalah 60 cm.



Gambar 2.2 Persamaan mencari Diameter dan Radius Pohon

- c. Kurangkan dengan 0,5 - 2,5 cm untuk mengkompensasi kulit batang. Untuk spesies pohon dengan kulit tebal, misalnya damar, kurangkan radius pohon dengan 2,5 cm. Untuk spesies dengan kulit tipis (misalnya *birch*), kurangkan dengan 0,5 cm. Jika ragu dan hanya menginginkan estimasi kasar, kurangi radius dengan 1,5 cm.
- Kalau kulit pohon turut diperhitungkan, ukuran akan berlebih dan tidak akurat.

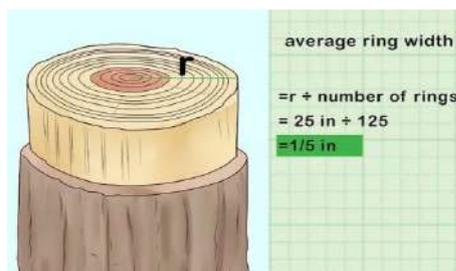


Gambar 2.3 Persamaan Mengompensasi Kulit Batang

- d. Menggunakan pohon yang hampir tumbang untuk menghitung lebar rata-rata lingkaran cincin dengan mencari pohon mati atau tumbang di sekeliling pohon terkait (spesies pohon harus sama). Jika terdapat batang yang lingkaran cincinnya tampak jelas, ukurlah radiusnya dan hitung jumlah cincinnya. Kemudian, bagi radius dengan jumlah cincin untuk menemukan rata-rata lebar lingkaran cincin.
- Misal, ada tunggul di dekat pohon terkait yang radiusnya 65 cm, dan memiliki 125 cincin. Rata-rata lebar cincin adalah 0,5 cm.
 - Tingkat pertumbuhan pohon sangat beragam, tergantung spesies dan kondisi lingkungannya. Pohon hidup yang diukur mungkin tumbuh pada

tingkat yang serupa dengan pohon berspesies sama yang tumbuh di dekatnya.

- Angka lebar lingkaran cincin atau tingkat pertumbuhan rata-rata (atau tingkat pertumbuhan rata-rata) dapat digunakan untuk memperkirakan usia pohon
- Atau jika rata-rata lebar cincin diketahui maka tingkat rata-rata pertumbuhan untuk memperkirakan usia pohon juga dapat digunakan, lalu membandingkan hasil kedua metode ini.

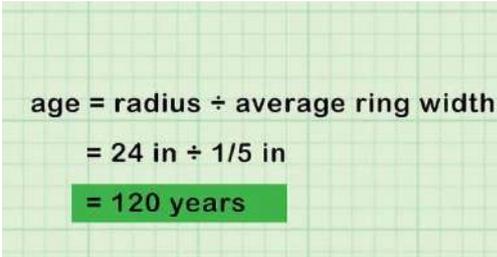


Gambar 2.4 Persamaan Menghitung Lebar Rata-rata Lingkaran Cincin

- e. Menghitung rata-rata tingkat pertumbuhan spesies, kalau diperlukan. Jika tunggul atau pohon tumbang tidak ditemukan, maka carilah rata-rata tingkat pertumbuhan spesies pohon yang diukur melalui internet. Sertakan lokasi dalam pencarian untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.
- Sebagai contoh, keliling pohon ek, ara, dan *sycamore* tumbuh sekitar 1,5-2 cm per tahun. Jika spesiesnya tidak diketahui, maka masukkan 1,5 cm dan 2 cm ke persamaan untuk memperkirakan rentang usianya.
 - Untuk estimasi yang lebih akurat, pertimbangkan lokasi pohon. Dalam lingkungan terbuka, tingkat pertumbuhan biasanya lebih besar, atau 2-2,5

cm per tahun. Pertumbuhan cenderung lebih lambat dalam lokasi pemukiman dan hutan lebat.

- Pastikan untuk mengecek cara menghitung tingkat pertumbuhan. Banyak sumber mendasarkan tingkat pertumbuhan dengan banyaknya pertumbuhan lebar atau keliling pohon per tahun. Namun, Anda bisa menemukan tingkat yang didasarkan pada rata-rata lebar cincin radius.
- f. Bagi radius dengan rata-rata lebar cincin. Kalau Anda menggunakan tunggul di dekat pohon untuk menghitung rata-rata lebar cincin, bagikan radius pohon hidup dengan lebar rata-rata cincin.
- Katakan, pohon memiliki radius radius sepanjang 60 cm setelah kulitnya dikecualikan. Menggunakan tunggul pohon berspesies sama, Anda memperoleh lebar rata-rata cincin sepanjang 0,5 cm.
 - Bagikan 60 cm dengan 0,5 cm untuk menentukan estimasi usia pohon sebanyak 120 tahun.


$$\begin{aligned} \text{age} &= \text{radius} \div \text{average ring width} \\ &= 24 \text{ in} \div 1/5 \text{ in} \\ &= 120 \text{ years} \end{aligned}$$

Gambar 2.5 Persamaan Menentukan Usia Pohon

- g. Bagi keliling dengan rata-rata tingkat pertumbuhan tahunan. Kalau Anda memperoleh rata-rata tingkat pertumbuhan berdasarkan tebal, atau keliling, bagikan keliling pohon dengan tingkat pertumbuhan tahunannya.

- Katakan keliling pohon adalah 390 cm, dan tingkat pertumbuhannya antara 2-2,5 cm per tahun, lalu bagikan 390 cm dengan 2,5 cm. Estimasi rentang usia akan berada antara 154 dan 205 tahun.

$$\text{age}_1 = \text{circumference} \div \text{average annual growth rate}$$

$$= 154 \text{ in} \div 0.75/\text{year}$$

$$= 205 \text{ year}$$

$$\text{age}_2 = 154 \text{ in} \div 1/\text{year}$$

$$= 154 \text{ year}$$

154 to 205 years old

Gambar 2.6 Persamaan Rata-rata Tingkat Pertumbuhan Tahunan

2. Memperkirakan usia dengan mengukur keliling pohon

Pada umumnya rata-rata pertumbuhan diameter pohon yaitu 3.36 cm per tahun.

$$\text{Usia} = \frac{\text{Keliling pohon}}{3.36}$$

$$\text{Usia} = \frac{125}{3.36} = 37 \text{ tahun}$$

Gambar 2.7 Persamaan Umum Menghitung Usia Pohon

2.3 Definisi Citra

Secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dua dimensi. Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam [8].

Citra dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu citra analog dan citra digital [9].

a. Citra Analog

Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu, seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-X, foto yang tercetak dikertas foto, lukisan, pemandangan, hasil CT scan, gambar-gambar yang terekam pada pita kaset, dan lain-lain sebagainya. Citra analog tidak dapat direpresentasikan dalam komputer sehingga tidak dapat diproses di komputer secara langsung. Oleh sebab itu, agar citra ini dapat diproses dikomputer, proses konversi analog ke digital harus dilakukan terlebih dahulu. Citra analog dihasilkan dari alat-alat analog, video kamera analog, kamera foto analog, Web Cam, CT scan, sensor ultrasound pada system USG, dan lain-lain.

b. Citra Digital

Citra Digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer dan citra digital yaitu gambar pada bidang dua dimensi. Dalam tinjauan matematis, citra merupakan fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Ketika sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian cahaya tersebut. Pantulan ini ditangkap oleh alat-alat pengindera optik, misalnya mata manusia, kamera, scanner dan sebagainya. Bayangan objek tersebut akan terekam sesuai intensitas pantulan cahaya. Ketika alat optik yang merekam pantulan cahaya itu merupakan mesin digital, misalnya kamera digital, maka citra yang dihasilkan merupakan citra digital. Pada citra digital, kontinuitas intensitas cahaya dikuantisasi sesuai resolusi alat perekam.

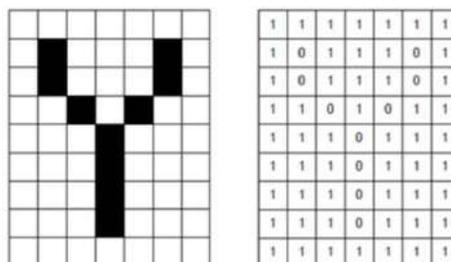
Suatu citra digital dapat ditampilkan dalam tiga format tampilan, yaitu citra biner, citra skala keabuan dan citra warna [10].

a) Citra biner (*Monokrom*)

Citra biner merupakan salah satu cara dalam merepresentasikan citra digital dimana citra ini menggunakan dua jenis warna saja, yakni hitam dan putih. Kedua warna ini masing-masing diwakili oleh angka-angka biner (0 dan 1).

Dalam mewakili warna hitam dan putih, angka biner memiliki ketentuan sebagai berikut:

- Model citra cahaya : angka 1 mewakili warna putih, dan angka 0 mewakili warna hitam (warna putih menyatakan adanya cahaya, warna hitam menyatakan tidak ada cahaya).
- Model citra tinta atau cat : angka 1 mewakili warna hitam, dan angka 0 mewakili warna putih (warna hitam menandakan adanya cat, warna putih menandakan tidak ada cat).



Gambar 2.8 Citra Biner

b) Citra skala keabuan (*grayscale*)

Citra *grayscale* merupakan suatu cara dalam merepresentasikan citra digital dengan menggunakan skala derajat keabuan, dimana derajat keabuan yang ada merupakan hasil pemangkatan nilai bit yang ada terhadap angka 2 (2^n).

Misalkan skala keabuan 4 bit memiliki rentang skala keabuan sebanyak 24 warna = 16 warna, yang diwakili dengan angka 0 hingga 15. (angka 0 minimal mewakili warna hitam, dan angka 15 maksimal mewakili warna putih). Adapun angka diantara 0 hingga 15 merepresentasikan warna abu dalam skala kecerahan yang berbeda.

c) Citra warna (*True Color*)

Citra warna merupakan metode dalam merepresentasikan suatu citra secara digital, dimana metode ini menggunakan kombinasi dari tiga warna primer (merah, hijau dan biru = RGB) untuk membentuk suatu citra. Adapun setiap titik pada citra mewakili kombinasi dari ketiga warna ini. Setiap warna ini masing masing memiliki intensitas tersendiri dengan rentang nilai 0 hingga 255 (8 bit).

- Red : warna minimal putih, warna maksimal merah
- Green : warna minimal putih, warna maksimal hijau
- Blue : warna minimal putih, warna maksimal biru

Misalkan warna ungu = merupakan kombinasi warna merah dan biru, sehingga nilai RGBnya: 255 0 255.

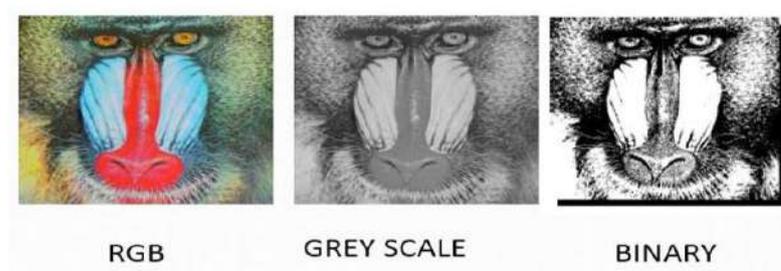
- Jika ketiga warna pada suatu piksel memiliki angka minimal, maka warna yang ditunjukkan pada piksel tersebut adalah warna hitam.

- Jika ketiga warna pada suatu piksel menunjukkan angka maksimal, maka warna yang ditunjukkan adalah warna putih.

Jika salah satu dari ketiga angka pada piksel memiliki nilai minimal, maka warna tersebut tidak terkandung pada warna yang ditampilkan. Contoh pada kombinasi warna ungu diatas, dapat disimpulkan bahwa warna ungu tidak mengandung warna hijau, karena nilai skala warna hijau pada warna tersebut adalah 0. Mengingat bahwa setiap piksel merupakan kombinasi dari ketiga warna ini, maka satu piksel memerlukan memori sebanyak 3 bit. Adapun jumlah total dari kombinasi warna yang mungkin adalah sebagai berikut:

- Warna dasar terdiri atas 3 warna
- Masing-masing warna dasar memiliki nilai maksimum 8 bit
- Sehingga, kemungkinan jumlah warna yang ada $2^8 \times 3 = 224 = 16.777.216$ warna.

Citra cahaya menggunakan warna dasar RGB (*Red, Green, Blue*). Citra cat menggunakan warna dasar CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*). Berikut merupakan perbandingan ketiga citra yang dibahas pada bahasan ini.



Gambar 2.9 Contoh Perbandingan Citra RGB, *Grayscale* dan Biner

2.4 Pengolahan Citra

Pengolahan Citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra. Istilah pengolahan citra digital secara umum didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer. Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi [9].

Operasi-operasi yang dilakukan di dalam pengolahan citra banyak ragamnya. Namun, secara umum, operasi pengolahan citra dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis sebagai berikut [8]:

a) Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara memanipulasi parameter-parameter citra. Dengan operasi ini, ciri-ciri khusus yang terdapat di dalam citra lebih ditonjolkan. Berikut contoh operasi perbaikan citra:

1. Perbaikan kontras gelap atau terang
2. Perbaikan tepian objek (*edge enhancement*)
3. Penajaman (*sharpening*)
4. Pemberian warna semu (*pseudocoloring*)
5. Penapisan derau (*noise filtering*)

b) Pemugaran citra (*image restoration*)

Operasi ini bertujuan menghilangkan atau meminimumkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan operasi perbaikan citra.

Bedanya, pada pemugaran penyebab degradasi gambar diketahui. Berikut contoh operasi pemugaran citra :

1. Penghilangan kesamaran (*deblurring*)
2. Penghilangan derau (*noise*)

c) Pemampatan citra (*image compression*)

Jenis operasi ini dilakukan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak sehingga memerlukan memori yang lebih sedikit. Hal penting yang harus diperhatikan dalam pemampatan adalah citra yang telah dimampatkan harus tetap mempunyai kualitas gambar yang bagus.

Contoh metode pemampatan citra adalah metode JPEG.

d) Segmentasi citra (*image segmentation*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk memecah suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu.

e) Pengorakan citra (*image analysis*)

Jenis operasi ini bertujuan menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Teknik pengorakan citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek. Proses segmentasi kadangkala diperlukan untuk melokalisasi objek yang diinginkan dari sekelilingnya. Berikut contoh operasi pengorakan citra :

1. Pendeteksian tepi objek (*edge detection*)
2. Ekstraksi batas (*boundary*)
3. Representasi daerah (*region*)

f) Rekonstruksi citra (*image reconstruction*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi. Operasi rekonstruksi citra banyak digunakan dalam bidang medis. Misalnya beberapa foto rontgen dengan sinar X digunakan untuk membentuk ulang gambar organ tubuh.

Secara umum, langkah-langkah dalam pengolahan citra dapat dijabarkan menjadi beberapa langkah yaitu [9]:

1. Akuisisi Citra

Akuisisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital. Tahap ini dimulai dari objek yang akan diambil gambarnya, persiapan alat-alat, sampai pada pencitraan. Pencitraan adalah kegiatan transformasi dari citra tampak (foto, lukisan, gambar, patung, pemandangan dan lain-lain) menjadi citra digital.

Beberapa alat yang dapat digunakan untuk pencitraan adalah:

- a. Video kamera
- b. Kamera digital
- c. Kamera konvensional dan *converter analog to digital*
- d. *Scanner*
- e. Photo sinar-x atau sinar infra merah

2. *Preprocessing*

Tahapan ini diperlukan untuk menjamin kelancaran pada proses berikutnya.

Hal - hal penting yang dilakukan pada tingkatan ini diantaranya :

- a. Peningkatan kualitas citra (kontras, brightness, dan lain-lain)
- b. Menghilangkan noise
- c. Perbaikan citra (*image restoration*)
- d. Transformasi (*image transformation*)
- e. Menentukan bagian citra yang akan diobservasi

3. Segmentasi

Tahapan ini bertujuan untuk mempartisi citra menjadi bagian-bagian pokok yang mengandung informasi penting. Misalnya, memisahkan objek dari latar belakang.

4. Representasi dan Deskripsi

Dalam hal ini representasi merupakan suatu proses untuk merepresentasikan suatu wilayah sebagai suatu daftar titik-titik koordinat dalam kurva yang tertutup, dengan deskripsi luasan atau perimeternya. Setelah suatu wilayah dapat direpresentasikan, proses selanjutnya adalah melakukan deskripsi citra dengan cara seleksi ciri dan ekstraksi ciri (*Feature Extraction and Selection*). Seleksi ciri bertujuan untuk memilih informasi kuantitatif dari ciri yang ada, yang dapat membedakan kelas-kelas objek secara baik, sedangkan ekstraksi ciri bertujuan untuk mengukur besaran kuantitatif ciri setiap piksel, misalnya rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, *signal to noise ratio* (SNR), dan lain-lain.

5. Pengenalan dan interpretasi

Tahap pengenalan bertujuan untuk memberi label pada suatu objek yang informasinya disediakan oleh descriptor, sedangkan tahap interpretasi bertujuan untuk memberi arti atau makna kepada kelompok objek-objek yang dikenali.

6. Basis pengetahuan

Basis pengetahuan sebagai basis data pengetahuan berguna untuk memandu operasi dari masing-masing modul proses dan mengontrol interaksi antara modul-modul tersebut. Selain itu, basis pengetahuan juga digunakan sebagai referensi pada proses template matching atau pada pengenalan pola.

2.5 Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah membagi suatu citra menjadi wilayah-wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan yang tertentu antara tingkat keabuan suatu piksel dengan tingkat keabuan piksel-piksel tetangganya. Proses segmentasi memiliki tujuan untuk memisahkan antara objek (*foreground*) dengan latar (*background*). Region citra yang cenderung gelap akan dibuat semakin gelap (hitam sempurna dengan nilai intensitas sebesar 0), sedangkan region citra yang cenderung terang akan dibuat semakin terang (putih sempurna dengan nilai intensitas sebesar 1). Oleh karena itu, keluaran dari proses segmentasi adalah berupa citra biner dengan nilai intensitas piksel sebesar 0 atau 1. Setelah citra sudah tersegmentasi atau sudah berhasil dipisahkan objeknya dengan *background*, maka citra biner yang diperoleh dapat dijadikan sebagai masking untuk melakukan

proses cropping sehingga diperoleh tampilan citra asli tanpa *background* atau dengan *background* yang dapat diubah-ubah [10].

Algoritma dari segmentasi terbagi dalam dua macam, yaitu [12]:

- Diskontinuitas adalah segmentasi pada citra berdasarkan perbedaan dalam intensitasnya, contoh titik, garis dan tepi (*edge*).
- Similaritas adalah segmentasi berdasarkan persamaan kriteria atribut yang dimiliki citra tersebut, contohnya *thresholding*, *region growing*, *region splitting*, dan *region merging*.

2.6 Thresholding

Thresholding merupakan proses memisahkan antara objek dengan *background* dalam suatu citra yang ingin diamati dengan mengubah gambar menjadi hitam putih. Pada tahap ini *thresholding* dapat mengubah gambar berwarna maupun *grayscale* menjadi *binary image* dengan mengubah masing-masing piksel dalam kisaran tertentu. Dalam proses binerisasi citra ini membutuhkan masukan nilai ambang batas. Pada proses ini tiap piksel pada citra akan diklasifikasikan berdasarkan ambang batas tertentu.

Secara umum proses *thresholding* terhadap citra *grayscale* bertujuan menghasilkan citra biner, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut [11]:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{if } f(x,y) < T \end{cases} \quad (1)$$

Dengan $g(x,y)$ adalah citra biner dari citra *grayscale* $f(x,y)$, dan T menyatakan nilai *threshold*, jika nilai piksel kurang dari ambang batas, maka

piksel tersebut akan bernilai 0 (hitam). Namun, jika nilai piksel lebih dari atau sama dengan ambang batas, maka piksel tersebut akan bernilai 1 (putih).

2.7 Operasi Morfologi

Operasi morfologi citra merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mengubah bentuk objek pada citra asli. Proses tersebut dapat dilakukan pada citra *grayscale* maupun citra biner. Jenis-jenis operasi morfologi di antaranya adalah *dilasi*, *erosi*, *closing*, dan *opening*. Pada penelitian ini menggunakan operasi morfologi *filling holes*, operasi ini bertujuan untuk mengisi keseluruhan region menjadi 1. Operasi ini menggunakan acuan berdasarkan nilai piksel tetangganya [12].

2.8 Fotogrametri

Dengan memperhatikan perkembangan teknologi pemetaan fotogrametri atau pemetaan-fotogrametri, maka definisi Fotogrametri (Fotogrametri) dapat dirangkum menjadi lebih jelas, serta terarah pola aplikasinya, sebagai berikut :
“Fotogrametri adalah ilmu, teknologi, dan rekayasa yang bersumber dari cara pengolahan data hasil rekaman dan informasi, baik dari citra fotografik maupun dari non fotografik; untuk tujuan pemetaan rupa bumi serta pembentukan basis data bagi keperluan rekayasa tertentu” [13].

Tujuan fotogrametri selain untuk pemetaan rupa bumi (lazim disebut pemetaan topografi, baik skala kecil sampai peta skala besar) dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan informasi lahan yang dalam kelompok fotogrametri sebagai hasil *GIS* atau *Geographic Information System* (*SIG* = Sistem Informasi

Geografis), maka lingkup fotogrametri dapat dipisahkan atas dua kelompok besar yaitu [13]:

1. Fotogrametri metrik : Penentuan geometri dan posisi obyek melalui pengukuran/pengamatan, baik jarak, sudut, luas, dan volume dari hasil proses fotogrametris
2. Fotogrametri interpretative : Pengolahan citra fotografik ataupun non fotografik (radar, satellite imagery, dan lain-lain) guna pembentukan basis data bagi keperluan rekayasa tertentu.

Pada prinsipnya pemetaan cara fotogrametri sangat cocok untuk luasan yang besar (bila dibandingkan dengan cara terestris atau langsung pengukuran di lapangan); namun teknologi pemotretan udara dapat bervariasi dari luasan kecil atau terbatas sampai luasan sangat besar (bila memakai data citra satelit) [13].

Namun pada penelitian ini dilakukan prinsip fotogrametri terestrial atau langsung pengukuran di lapangan. Pendekatan fotogrametri jarak dekat digital DCRP (*Digital Close Range Photogrammetry*) telah digunakan untuk estimasi umur pohon dari foto-fotonya dengan analisis gambar. Umur pohon dapat ditentukan dengan menggunakan diameter atau dari kelilingnya, kemudian diubah menjadi diameter pohon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur pohon dengan mengukur diameter pohon menggunakan teknik fotogrametri jarak dekat. Metode konvensional digunakan untuk memperkirakan umur pohon dengan menentukan diameter setinggi dada DBH (*Diameter at Breast Height*) dengan menggunakan pita pengukur [14].

Banyak alat yang digunakan untuk mengukur DBH, yang paling umum adalah kaliper, pita pengukur diameter, dan pengukur kait. Instrumen yang

digunakan dalam penelitian ini melakukan pengukuran DBH dengan menggunakan pita ukur dan hasil pengukuran berupa pengukuran keliling pohon. Metode yang digunakan untuk mengukur DBH ditunjukkan pada Gambar 2.10, dimana tanda silang pada layar diarahkan ke bagian tengah batang pohon untuk mendapatkan data citra batang. Berdasarkan prinsip pencitraan kamera *Charge Couple Device* (CCD), diameternya adalah [15] :



Gambar 2.10 Metode Pengukuran Diameter Setinggi Dada

$$D = \frac{NL_2}{f} \quad (2)$$

Dimana f menunjukkan kalibrasi (dpi) lensa fokus, L_2 menunjukkan jarak antara kamera dengan objek, N menunjukkan nilai piksel dan D menunjukkan diameter.

2.9 Penelitian Terkait

Berikut adalah penelitian terkait yaitu :

1. “*Deteksi Growthring pada Kayu dengan Metode Edge Linking*”

Dalam Jurnal ini membahas mengenai penentuan umur kayu jati berdasarkan lingkaran tahun pada kayu atau disebut juga dengan *growthring*. Untuk mendeteksi *growthring* pada kayu, metode yang digunakan adalah *Edge Linking*. Sedangkan untuk mendeteksi *Edge Linking* proses yang sebelumnya harus dilakukan adalah proses *Edge Detection*. Tahapan yang dilakukan pada deteksi *growthring* kayu dengan metode *edge linking* adalah pembacaan citra, deteksi dan analisis, dan tampilan rekonstruksi lingkaran tahun pada kayu. Pada proses deteksi dan analisis proses dilakukan adalah *Edge Detection*, deteksi kurva dan analisis lingkaran menggunakan *Edge Linking*. Dari hasil pengujian akurasi yang paling besar diperoleh dari pengujian yang menggunakan citra warna atau biner yang tanpa noise [16].

2. “Pengolahan Citra Digital untuk Perkiraan Usia Pohon Jati”

Pada penelitian ini untuk menentukan usia pohon jati yaitu dengan menghitung jumlah lingkaran tahun pada batang pohon jati dengan melihat potongan penampang pohon. Pada penelitian ini terdapat tiga proses utama yaitu *pre-processing*, *processing* dan analisis. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan 14 buah citra potongan penampang pohon. Dari hasil percobaan didapatkan langkah-langkah yang sesuai untuk pengolahan citra penampang batang pohon jati adalah pada tahap setelah dilakukan proses *grayscale*, *contrast* kemudian pada tahap setelah dilakukan *pre-processing* adalah *Morfologi skeleton* dan untuk analisi dilakukan proses *labeling* dan *counting*, maka diperoleh hasil nilai keakuratan minimal -444.44%, maksimal sebesar 93.33%, dan nilai keakuratan rata-rata 68.56% [17].

3. *"Pengolahan Citra untuk Mengukur Diameter Terkecil Kayu Guna Mengatasi Rugi Akibat Kesalahan Pengukuran pada Industri Kayu"*

Dalam jurnal ini membahas tentang pengukuran pada kayu bundar untuk menentukan nilai diameter. Alat pengukuran berbasis *raspberry pi* menggunakan metode *contours* dan *bounding box* yang mampu menemukan diameter terkecil dan memiliki tingkat akurasi mencapai 97% dibandingkan penggunaan metode seperti *hough circle* yang akurasinya mencapai 89% namun tidak stabil dalam menghasilkan deteksi warna. Dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk meningkatkan fleksibilitas alat dapat mempengaruhi akurasi menjadi 94,1% saat kondisi stabil dengan cahaya yang cukup untuk menangkap kontur. Keandalan untuk menangkap gambar menggunakan devais tambahan ultrasonik HC-SR04 dipengaruhi oleh variabel nilai diameter yang ditangkap kamera dan nilai jarak yang diperoleh sensor ultrasonik. Sehingga variabel *error* berpotensi lebih besar daripada menggunakan jarak yang dibuat tetap [18].

4. *"Penerapan Algoritma Grabcut untuk Menduga Biomassa Menggunakan Segmentasi Nilai DBH pada Tegakan Pinus Merkusii"*

Dalam penelitian ini untuk menghitung biomassa pada tegakan pinus merkusii dengan mencari nilai diameter dengan metode digital dan konvensional. Pada penelitian ini dilakukan proses segmentasi menggunakan algoritma *Grabcut* untuk memisahkan *foreground* dan *background* citra. Hasil proses segmentasi dilakukan *threshold binary* lalu dilakukan proses morfologi untuk mendapatkan bentuk citra yang sesuai. Tahap selanjutnya yaitu mencari area

kontur Pinus merkusii untuk mendapatkan *Diameter Breast Height* (DBH). Kemudian, nilai biomassa dihitung pada masing-masing pohon. Hasil dari penelitian ini adalah total biomassa pada pengukuran DBH secara digital dan secara konvensional. Hasil pengukuran DBH secara digital sebesar 5239.19 kg/ha sedangkan secara konvensional sebesar 6809.35 kg/ha. Korelasi pengukuran DBH adalah 0.944809 [19].