1.6 Siatematika Penulisan

Sistematika laporan ini disusun untuk memberikan gambaran tentang penelitian tugas akhir yang dilakukan dengan membaginya kedalam beberapa bab dengan pokok pembahasan secara umum sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah,maksud dan tujuan, batasan masalah, metodelogi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori teori yang berkaitan dengan permasalahan dan pembahasan sebagai landasan dalam menganalisis. Teori-teori mengenai pendeteksian tepi dengan metode *Canny, Haar Wavelet.Elisabeth*, Serta hasil penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini menjelaskan tentang analisis metode pendeteksian tepi yang digunakan,dan perancangan perangkat lunak yang akan dibangun. Menganalisis tahapan pendeteksian tepi, dan membuat perancangan aplikasi yang akan dibuat.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan tentang implementasi dan pengujian perangkat lunak yang telah dibuat. Pengujian dengan menghitung Persentase.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Kesimpulan mengenai hasil perbandingan pendeteksian tepi menggunakan *Canny, Haar Wavelet,Elisabeth.*

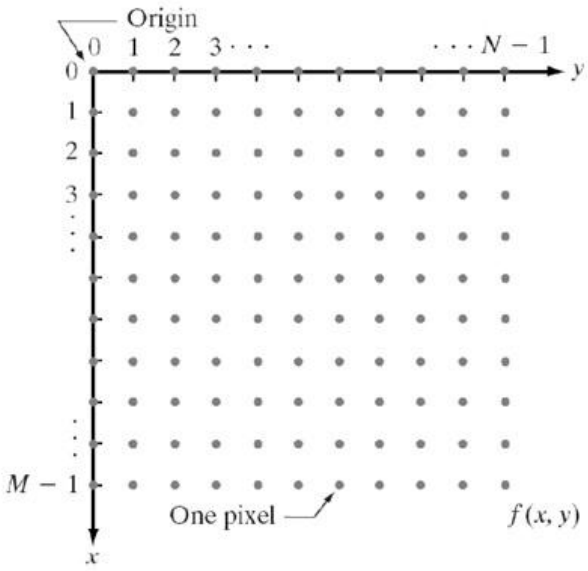
BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Citra Digital

Citra adalah gambar pada bidang dua dimensi, maka sebuah citra merupakan dimensi spasial atau bidang yang berisi informasi warna yang tidak bergantung waktu . Citra digital merupakan suatu gambar yang tersusun dari *pixel*, dimana tiap *pixel* merepresentasikan warna (tingkat keabuan untuk gambar hitam putih) pada suatu titik digambar . Secara umum, pengolahan citra digital menunjukkan pemrosesan gambar 2 dimensi menggunakan komputer. Citra digital merupakan sebuah larik (*array*) yang berisi nilai-nilai real maupun komplek yang direpsentasikan dengan deretan bit tertentu [5].

Sebuah citra dapat didefinisikan sebagai fungsi *f(x,y)* berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo *f* dititik koordinat (*x,y*) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x,y, dan nilai amplitudo f secara keseluruhan berhingga (*finite*) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital.



Gambar 2 1 Koordinat Citra Digital

2.1.1 Karakteristik Citra Digital

Setiap citra digital memiliki beberapa karakteristik, antara lain yaitu :

1. Ukuran citra digital

   Ukuran citra (*Image size*) menyatakan ukuran banyaknya *pixel* penyusun citra raster yang dinyatakan dalam matrik 2 dimensi, yaitu (X × Y) *Pixel*, dimana X menyatakan ukuran banyaknya *pixel* perbaris pada arah horizontal sedangkan Y menyatakan ukuran banyaknya *pixel* perkolom pada arah *vertikal*. Sebagai contoh, Citra digital berukuran 800 × 600 *pixel*, terdiri dari 800 × 600 *pixel* = 480.000 *pixel*, dengan susunan 800 *pixel* setiap baris pada arah *horizontal* dan 600 *pixel* setiap kolom pada arah *vertikal*.

2. Resolusi

   Atribut citra digital yang tidak kalah pentingnya adalah resolusi (*resolution*), yang didefinisikan sebagai banyaknya *pixel* dalam setiap satuan panjang. Umumnya, resolusi dinyatakan dalam satuan dpi (dot per inch). Sebagai contoh, citra digital yang memiliki resolusi 75 dpi, berarti terdiri dari 75 dot (titik) pada setiap inchi. Semakin tinggi resolusi suatu citra digital, maka kualitasnya akan semakin baik.

2.1.2 Tipe Citra Digital

Berdasarkan format penyimpanan nilai warnanya citra digital terbagi dalam tiga tipe yaitu :

1. Citra *Biner*

   Citra yang hanya memiliki dua nilai yaitu 1 dan 0. Dinyatakan dalam persamaan 2.1

   $f(x,y)\ \Sigma\ \{0,1\}$ ..... (2.1)

2. Citra Grey-scale

Citra yang terdiri dari satu layer warna dengan derajat keabuan tertentu. Untuk kebanyakan citra digital 8 bit, maka sistem Grey-scale diukur berdasarkan skala intensitas kecerahan, yang bernilai 0 – 255, dimana yang hitam pekat adalah 0 dan yang terputih adalah 255. Dinyatakan dalam persamaan 2.2 :

f(x,y) Σ [0...255] ..... (2.2)

3. Citra Berwarna

Citra standar (Bitmap) dengan ukuran 512 × 512 dan mempunyai kedalaman warna 24 bit atau dikenal dengan istilah true color, dalam hal ini kedalaman warna yang dimaksud yaitu jumlah bit yang dipakai untuk merepresentasikan tiap titik pada gambar tersebut dinyatakan dalam bit per *pixel* . komputer mempunyai tiga kom*purchase order*nen warna yaitu, merah, hijau, dan biru. Ketiga kom*purchase order*nen dasar ini dikenal dengan istilah warna RGB (*Red Green Blue*). Untuk citra digital dengan 8 bit per *pixel* mempunyai 256 warna sedangkan pada citra dengan 24 bit per *pixel* mempunyai 16 juta warna, tiap *pixel* dinyatakan dengan :

Bit ke-0 sampai ke-7 untuk warna merah
Bit ke-8 sampai ke-15 untuk warna hijau
Bit ke-16 sampai ke-23 untuk warna biru

Sehingga kombinasi warnanya adalah $256^3 + 256^2 + 256^1 =$ 16.843.008. Warna-warna ini merupakan warna dasar penyusun setiap *pixel* pada citra digital. Representasi dalam citra digital dinyatakan dalam persamaan 2.3, 2.4, dan 2.5:

fR(x,y) Σ [0...255]..... (2.3)
fG(x,y) Σ [0...255]..... (2.4)
fB(x,y) Σ [0...255]..... (2.5)

2.1.3 Format File Citra Digital

Beberapa contoh format umum, pada citra digital yaitu Bitmap (BMP), Joint Photographic Group Expert (JPEG), Graphics Interchange Format (GIF), dan Purchase Orderrtable Network Graphics (PNG).

1. Bitmap (BMP)

   Bitmap merupakan format baku citra pada sistem operasi *windows* dan IBM OS/2. Citra berformat BMP merupakan citra yang tidak terkompresi, sehingga pada umumnya citra berformat BMP mempunyai ukuran yang relatif lebih besar dibandingkan dengan forman citra lainnya. Intensitas *pixel* dari citra berformat BMP dipetakan ke sejumlah bit tertentu. Panjang setiap *pixel* pada bitmap yaitu 4 bit, 8 bit, sampai 24 bit yang merepresentasikan nilai intensitas *pixel*. Dengan demikian ada sebanyak 28 = 256 derajat keabuan, mulai dari 0 sampai 255.

2. Joint Photographic Group Expert (JPEG)

   Joint Photographic Group Experts (JPEG) merupakan standar kompresi file yang dikembangkan oleh Group Joint Photographic Experts menggunakan kombinasi DCT dan pengkodean Huffman untuk mengkompresikan citra. Citra JPEG merupakan citra terkompresi yang bersifat lossy, artinya citra tidak bisa dikembalikan ke bentuk aslinya. Citra ini memiliki ukuran yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan citra berformat BMP karena telah terkompresi.

3. Graphics Interchange Format (GIF)

   Graphics Interchange Format (GIF) merupakan format citra terkompresi. Ukuran dari citra berformat GIF merupakan yang terkecil dari semua format citra digital. Kombinasi warna yg tersedia sebanyak 256 warna. Citra jenis ini banyak dugunakan untuk keperluan website, untuk membuat sebuah icon, gambar dan keperluan lainnya yang mengharuskan menggunakan citra dengan ukuran yang kecil. Citra jenis ini juga dapat dibuat animasi.

4. Purchase Orderrtable Network Graphics (PNG).

   Purchase orderrtable Network Graphics (PNG) adalah salah satu format penyimpanan citra yang menggunakan metode kompresi yang tidak menghilangkan bagian dari citra tersebut (lossless compression). Citra berformat PNG merupakan salah satu format yang baik untuk digunakan pengolahan citra, karena format ini selain tidak menghilangkan bagian dari citra yang sedang diolah.

2.1.4 Citra Grayscale

Citra digital *Grayscale* atau greyscale adalah suatu citra dimana nilai dari setiap *pixel* merupakan sample tunggal [5]. Citra yang ditampilkan dari citra jenis ini terdiri atas warna abu-abu, bervariasi pada warna hitam pada bagian yang intensitas terlemah dan warna putih pada intensitas terkuat. Citra *Grayscale* berbeda dengan citra ”hitam-putih”, dimana pada konteks komputer, citra hitam putih hanya terdiri atas 2 warna saja yaitu ”hitam” dan ”putih” saja. Pada citra *Grayscale* warna bervariasi antara hitam dan putih, tetapi variasi warna diantaranya sangat banyak. Citra *Grayscale* seringkali merupakan perhitungan dari intensitas cahaya pada setiap *pixel* pada spektrum elektromagnetik single band.

Citra *Grayscale* disimpan dalam format 8 bit untuk setiap sample *pixel*, yang memungkinkan sebanyak 256 intensitas. Format ini sangat membantu dalam pemrograman karena manupulasi bit yang tidak terlalu banyak. Pada aplikasi lain seperti pada aplikasi medical imaging dan remote sensing biasa juga digunakan format 10,12 maupun 16 bit.

Untuk mendapatkan nilai *Grayscale* dari sebuah citra, dapat dilakukan dengan persamaan 2.7 seperti berikut :

$Luminosity = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$..... (2.6)

Dengan :

R = nilai *pixel* matriks R.

G = nilai *pixel* matrik G.

B = nilai *pixel* matrik B.

Misal terdapat suatu pixel dengan nilai R=100, G = 100 dan B = 100. Untuk mendapatkan nilai *Grayscale* pada pixel ini menggunakan rumus (2.6) maka

caranya adalah sebagai berikut.

Luminosity = (100 X 0.29) + (100 X 0.587) + (100 X0.114)

Luminosity = 29 + 58.7 +11.4

Luminosity = 99.1

Nilai tersebut dibulatkan menjadi 99. Nilai ini dipakai sebagai nilai *Grayscale* pada lokasi pixel tertentu.

2.2 Elemen Citra Digital

Citra digital mengandung sejumlah elemen-elemen dasar. Elemen-elemen dasar tersebut dimanipulasi dalam pengolahan citra dan dieksploitasi lebih lanjut dalam computer vision. Elemen-elemen dasar yang penting diantaranya adalah:

1. Kecerahan (*brightness*)

   Kecerahan adalah kata lain untuk intensitas cahaya. Kecerahan pada sebuah titik (*pixel*) didalam citra bukanlah intensitas yang riil, tetapi sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya. Sistem visual manusia mampu menyesuaikan dirinya dengan tingkat kecerahan (*brightness level*) mulai dari yang paling rendah sampai yang paling tinggi dengan jangkauan sebesar 10^{10}.

2. Kontras (*contrast*)

   Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) didalam sebuah gambar. Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Pada citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terang tersebar secara merata.

3. Kontur (*contour*)

   Kontur adalah keaadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada pixel-pixel yang bertetangga. Karena adanya perubahan intesitas inilah mata kita mampu mendeteksi tepi-tepi (*edge*) objek didalam citra.

4. Warna (*color*)

   Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang (λ) yang berbeda. Warna merah

mempunyai panjang gelombang paling tinggi, sedangkan warna ungu mempunyai panjang gelombang paling rendah. Warna-warna yang diterima oleh mata (sistem visual manusia) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda. Penelitian memperlihatkan bahwa kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (R), *green* (G), dan *blue* (B).

5. Bentuk (*shape*)

   Shape adalah properti intrinsik dari objek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa shape merupakan properti intrinsik utama untuk sistem visual manusia. Manusia lebih sering mengasosiasikan objek dengan bentuknya dariapa elemen lainnya. Pada umumnya, citra yang dibentuk oleh mata merupaka citra dwimatra (2 dimensi), sedangkan objek yang dilihat umumnya berbentuk trimatra (3 dimensi).

6. Tekstur (*texture*)

   Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan didalam sekumpulan pixel-pixel yang bertetangga. Tekstur tidak dapat didefinisikan untuk sebuah pixel. Sistem visual manusia pada hakikatnya tidak menerima informasi citra secara independen pada setiap pixel, melainkan suatu citra dianggap sebagai suatu kesatuan.

2.3 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra (*image processing*) merupakan suatu sistem dimana proses dilakukan dengan masukan (*input*) berupa citra (*image*) dan hasilnya (*output*) juga berupa citra. Pada awalnya pengolahan citra ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses komputer, serta munculnya ilmu-ilmu komputasi yang memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra, maka pengolahan citra tidak dapat dilepaskan dengan bidang *computer vision* (sistem visual).

Sesuai dengan perkembangan yang terjadi, pengolahan citra mempunyai dua tujuan utama, yakni sebagai berikut:

1. Memperbaiki kualitas citra, dimana citra yang dihasilkan dapat menampilkan informasi secara jelas atau dengan kata lain manusia dapat melihat informasi yang diharapkan dengan mengonterpretasikan citra yang ada
2. Mengekstraksi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra, dimana hasilnya adalah informasi citra dimana manusia mendapatkan informasi ciri dari citra secara numerik atau dengan kata lain komputer (mesin) melakukan interpretasi terhadap informasi yang ada melalui besaran-besaran data yang dapat dibedakan secara jelas.

Dalam perkembangan lebih lanjut pengolahan citra (*image processing*) dan sistem visual (*computer vision*) digunakan sebagai pengganti mata manusia, dengan perangkat masukan (*input*) seperti kamera dan scanner dijadikan sebagai mata dan komputer dengan program komputasinya dijadikan otak yang mengolah informasi

2.4 Penerapan Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital dimulai sekitar awal tahun 1960-an, saat itu diluncurkan komputer yang mampu melakukan pengolahan citra. Komputer tersebut adalah pemicu cepatnya perkembangan teknologi pengolahan citra digital. Pada tahun 1964 terjadi proses pengolahan citra berupa perbaikan kualitas citra bulan dari distorsi dilaboratorium Jet Propulsion. Citra bulan kemudian dikirim oleh pesawat ulang alik *Ranger* 7 . Pengolahan citra digital memiliki spektrum aplikasi yang sangat luas.

1. Bidang Biomedis (*Biomedical*)

   Pengolahan citra digital mengalami kemajuan penting dalam bidang kedokteran ketika ditemukannya tomografi terkomputerisasi pada tahun 1970-an dan kini teknologi tomografi tersebut sudah maju sangat pesat. Pengolahan citra digital dapat digunakan untuk deteksi tumor atau kanker rahim, identifikasi penyakit paru-paru, identifikasi penyakit hati, identifikasi penyakit tulang, segmentasi tulang dari otot yang lainnya,

klasifikasi gigi, dan analisis citra mikroskopis. Kemajuan pada bidang kedokteran tersebut karena kemampuan pengolahan citra digital yang mampu menginterpretasikan sinar x (*x ray*). Aplikasi volumetrik 3D *Magnetic resonance Imaging* (MRI) yang mampu mendapatkan pencitraan organ dalam tubuh manusia secara jelas dengan menggunakan *scanner* MRI.

2. Bidang Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing)*

   Informasi penting dari sumber-sumber alam seperti pertanian, perairan, kelautan, mineral, hutan, dan geologi dapat diperoleh dengan melakukan analisis citra terhadap citra satelitnya. Pencemaran air laut, kerusakan wilayah, dan pencemaran atau polusi udara dapat dilakukan dengan menganalisis citra satelitnya. Aplikasi yang lain adalah identifikasi kapal laut melalui citra satelit. Aplikasi ini digunakan untuk mengetahui kapal laut yang melewati perbatasan wilayah laut suatu negara.

3. Bidang Biometrika

   Teknologi pengamanan suatu sistem mengalami kemajuan pesat akibat pesatnya perkembangan pengolahan citra pada bidang biometrika. Sebagai contoh pemanfaatan sidik jari, iris, wajah, dan biometrika yang lainnya untuk sistem identifikasi seseorang.

4. Bidang Fotografi

   Kemajuan dibidang fotografi memberi dampak pada bidang-bidang astronomi, *photogrammetry*, dan fisika partikel. Para astronom dapat melakukan pengukuran terhadap posisi dan jarak suatu bintang dari foto udara. Para fisikawan menggunakan citra dari gelembung hidrogen untuk melakukan penelitian dan telah mengantarkan kepada penemuan berbagai partikel dasar.

5. Bidang Desain Visual

   Dunia arsitektur dapat membuat desain visual suatu bangunan sebelum melakukan pembangunan yang sesungguhnya. Desain visual akan sangat

mempermudah para arsitek dalam memberikan penjelasan rinci terhadap suatu rancangannya.

6. Meneliti Proses Dinamis

   Penelitian proses dinamis dapat dibantu dengan menggunakan rangkaian citra yang berurutan sesuai dengan perubahan yang terjadi. Aplikasi ini banyak dijumpai diberbagai ilmu pengetahuan seperti dalam ilmu botani. Ilmu botani mempelajari tentang pertumbuhan tanaman dan mekanisme untuk mengontrol pertumbuhan tersebut.

   Contoh lainnya datang dari sisiplin ilmu oseanografi. Untuk meneliti proses mikro yang terjadi dipermukaan laut dan daerah sekitarnya. Terkadang akan sangat sulit untuk melakukan erhitungan karena adanya gerakan gelombang. Untuk itu diperlukan adanya citra urutan yang dapat menggambarkan setiap perubahan yang terjadi. Para ahlii akan dapat melakukan pengukuran berdasarka perbedaan citra-citra terurut tersebut.

7. OCR

   Salah satu aplikasi yang penting dalam dunia pengolahan citra adalah pengenalan objek (*object recognition*). Aplikasi yang paling banyak dijumpai adalah OCR (*Optical Character Recognition*). Aplikasi OCR sering digunakan untuk mengidentifikasi citra huruf untuk kemudian diubah ke dalam bentuk file tulisan. Aplikasi OCR juga digunakan dunia industri seperti industri elektronik untuk mengenali label-label yang ada pada *circuit board*.

8. Bidang Pemampatan Citra dan Video

   Teknologi pemampatan citra dan video (*image and video compression*) berkembang sangat pesat. Teknologi ini mampu memampatkan citra dan video dengan rasio yang tinggi. Dampak kemajuan teknologi ini sangat bermanfaat pada era internet ini dimana bandwidth menjadi sesuatu yang mahal.

9. *Image Retrieval* atau *Image Querying*

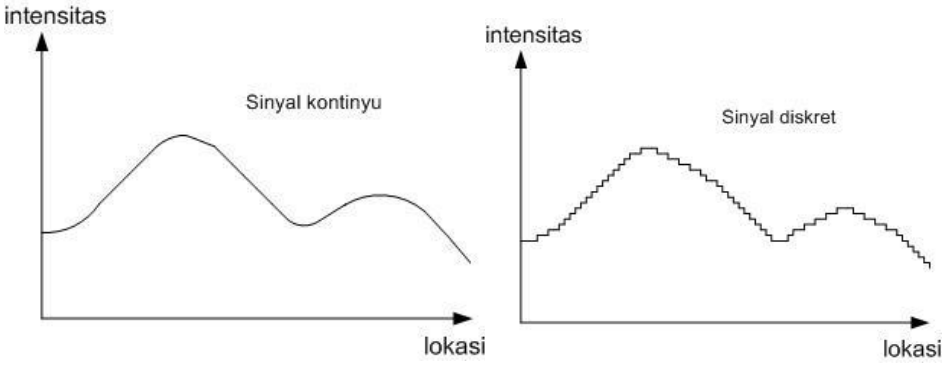
   Image retrieval atau *image querying* adalah aplikasi pengolahan citra yang dapat membantu pengguna mengambil atau mencari dengan cepat suatu

citra pada database citra berdasarkan query atau permintaan pengguna. Database pada umumnya memiliki ukuran dalam skala besar. Contoh aplikasi *image query* adalah pengguna memasukkan citra wajah kemudian sistem akan mencari dan menampilkan citra-citra yang mirip dengan *query*.

2.5 Segmentasi Citra Digital

Sebelum diubah menjadi citra digital, suatu citra asli mengandung intensitas yang kontinyu. Rangkaian intensitas yang kontinyu ini akan diubah ke dalam suatu rangkaian intensitas yang bersifat diskret dalam citra digital. Ada konsekuensi dari perubahan sinyal atau gelombang yang bersifat kontinyu menjadi sinyal atau gelombang yang bersifat diskret. Informasi intensitas pada citra digital tak berwarna disimpan dalam bentuk abu-abu (*grayscale* atau *gray level*). Pada citra berwarna, terdapat tiga macam informasi intensitas masing-masing untuk warna merah, hijau, dan biru, yang lebih sering disebut sinyal RGB (*red, green, blue*).

Untuk menginterpretasikan suatu citra melalui ekstraksi informasi yang dikandungnya, kadangkala variasi nilai intensitas dalam citra tersebut harus dianalisa terlebih dahulu. Tingkat kuantisasi intensitas yang umum digunakan untuk merepresentasikan citra adalah 256 tingkat nilai abu-abu (256 gray level). Menggunakan 256 tingkat abu-abu, pada komputer, intensitas 0 berarti hitam, intensitas 256 berarti putih dan nilai diantaranya untuk gabungan hitam dan putih atau tingkat abu-abu.



Gambar 2 2 Bentuk sinyal intensitas dalam citra analog dan citra digital

2.6 Deteksi Tepi

Deteksi tepi (edge detection) adalah suatu proses yang menghasilan tepi – tepi dari objek – objek citra, tujuannya adalah untuk memperbaiki detail dari citra kabur, yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisisi citra. Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi (edge) dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi denga tetangganya.

Deteksi tepi merupakan salah satu operasi dasar dari pemrosesan citra. Tepi merupakan batas dari suatu objek. Pada proses klasifikasi citra, deteksi tepi sangat diperlukan sebelum pemrosesan segmentasi citra batas objek suatu citra dapat dideteksi dari perbedaan tingkat keabuannya [6].

Tepi atau sisi dari sebuah objek adalah daerah dimana terdapat perubahan intensitas warna yang cukup tinggi. Proses deteksi tepi *(edge detection)* akan melakukan konversi terhadap daerah ini menjadi dua macam nilai yaitu intensitas warna rendah atau tinggi, contoh bernilai nol atau satu. Deteksi tepi akan menghasilkan nilai tinggi apabila ditemukan tepi dan nilai rendah jika sebaliknya [7].

Deteksi tepi banyak dipakai untuk mengidentifikasi suatu objek dalam sebuah gambar. Tujuan dari deteksi tepi adalah untuk menandai bagian yang menjadi detail citra dan memperbaiki detail citra yang kabur karena adanya kerusakan atau efek akuisisi data. Dalam citra, sebagian besar informasi terletak pada batas antara dua daerah yang berbeda [8].

Yang dimaksud dengan tepi (*edge*) adalah perubahan nilai intensitas derajat keabuan yang mendadak (besar) dalam jarak yang singkat. Perbedaan intensitas inilah yang menampakan rincian pada gambar. Tepi biasanya terdapat pada batas antara dua daerah berbeda pada citra. Tepi dapat diorientasikan dengan suatu arah, dan arah ini berbeda-beda pada bergantung pada perubahan intensitas.

Ada tiga macam tepi yang terdapat pada citra digital, yaitu:

1. Tepi Curam

   Tepi dengan perubahan intensitas yang tajam. Arah tepi berkisar 90 derajat

2. Tepi Landai

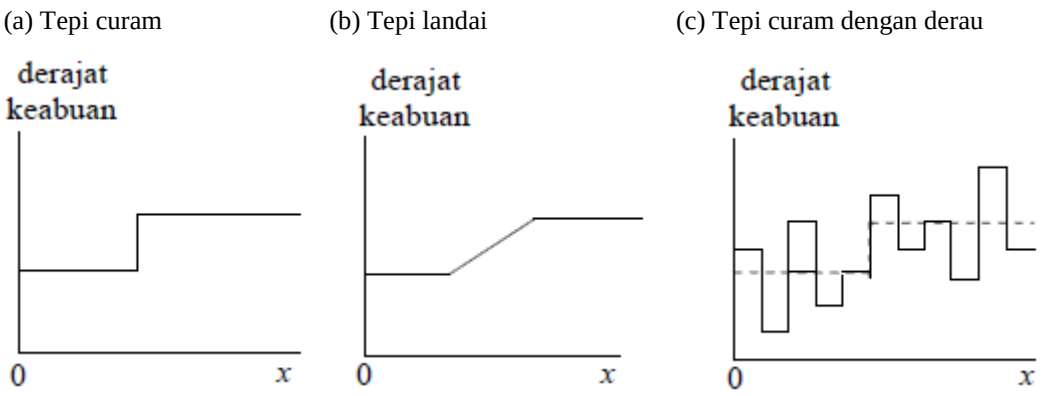
   Disebut juga tepi lebar, yaitu dengan sudut arah yang kecil. Tepi landai dapat dianggap terdiri dari sejumlah tepi-tepi lokal yang lokasinya berdekatan.

3. Tepi landai

   Umumnya tepi yang terdapat pada aplikasi *Computer vision* mengandung derau. Operasi peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) dapat dilakukan terlebih dahulu sebelum pendeteksian tepi.

Tepi yang mengandung derau (noise). Umumnya tepi yang terdapat pada aplikasi computer vision mengandung derau.

Pendeteksian tepi merupakan langkah pertama untuk melingkupi informasi didalam citra. Tepi (*edge*) mencirikan batas-batas obyek dan karena itu tepi berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi obyek didalam citra. Tujuan operasi pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau obyek didalam citra. Karena tepi termasuk kedalam komponen berfrekuensi tinggi, maka pendeteksian tepi dapat dilakukan dengan penapis lolos tinggi.



Gambar 2 3 Jenis- jenis Citra Digital

Dalam metode pendeteksian tepi ini terbagi atas 3 generasi yaitu 1. Operator turunan pertama 2. Operator turunan kedua 3. Operator turunan ke tiga. Dalam Operator turunan pertama mendeteksi perubahan intensitas yang besar dalam jarak yang singkat dipandang sebagai fungsi yang memiliki kemiringan yang terbesar. Kemiringan dilakukan dengan menghitung turunan pertama(gradien), operator yang termasuk adalah *Selisih terpusat (center-difference), Sobel,Prewitt,Roberts.Canny.*

Operator turunan kedua mendeteksi lokasi tepi yang akurat khususnya pada tepi yang curam, turunan keduanya mempunyai persilangan nol(zero-crossing), yang merupakan lokasi tepi yang akurat. Yang termasuk kedalam operator turunan kedua adalah *Laplacian Operator*.

Operator turunan ketiga digunakan untuk mendeteksi semua tepi dari berbagai arah dalam citra, menampilkan dari 8 macam arah mata angin.

2.7 Karakteristik Tepi

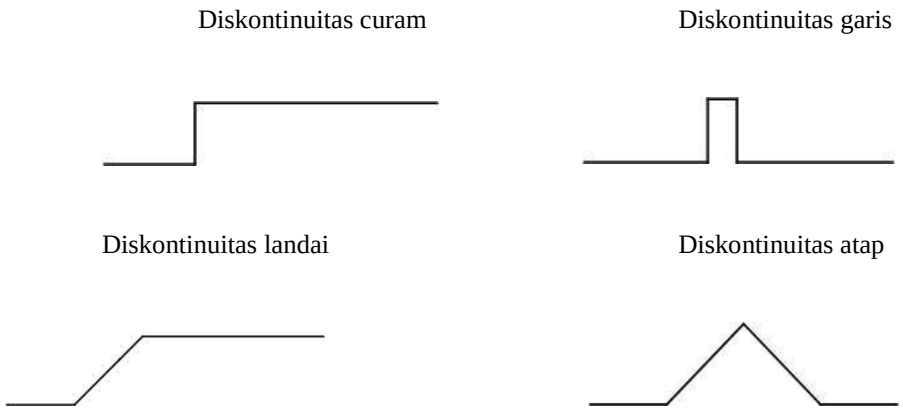
Sebuah titik yang merupakan milik tepi suatu objek dalam sebuah citra adalah sebuah titik dimana terdapat perubahan lokal yang jelas dalam intensitas citra, biasanya berhubungan dengan dikontinuitas intensitas citra atau fungsi turunan pertama dari intensitas citra, dalam lingkungan dimana titik tersebut berada. Diskontinuitas intensitas citra dapat merupakan:

Diskontinuitas curam, dimana intensitas citra berubah secara tiba-tiba dari satu nilai pada satu sisi ke nilai yang berbeda pada sisi lainnya.

Diskontinuitas garis, dimana intensitas citra berubah secara tiba-tiba tetapi kembali ke nilai semula dalam jarak yang relatif pendek.

Akan tetapi diskontinuitas curam dan garis jarang ditemui dalam citra yang sesungguhnya, yaitu citra yang dihasilkan dari penangkapan oleh kamera, atupun citra yang dihasilkan dari pemindaian sebuah foto. Hal ini disebabkan kebanyakan peralatan sensor (termasuk kamera dan alat pemindai) menerapkan filter frekuensi rendah atau metode penghalusan dalam pengambilan citra, sehingga perbedaan

yang tajam dalam intensitas jarang muncul dalam citra yang direkam karena intensitas yang direkam sudah mengalami proses pengolahan awal oleh perangkat keras. Proses pengolahan awal ini mengubah intensitas sebagian piksel-piksel penyusun citra, akibatnya diskontinuitas curam berubah menjadi diskontinuitas landai (karena membentuk kemiringan yang landai), dan diskontinuitas garis berubah menjadi diskontinuitas atap (karena bentuknya mirip atap rumah), dimana perubahan intensitas tidak lagi secara mendadak, tetapi muncul dalam jarak tertentu atau bergradasi.



Gambar 2 4 Tepi dalam bidang yang adanya diskontinuitas dalam citra

Sebuah tepi juga mungkin saja memiliki karakteristik curam dan landai secara bersamaan, yang tergantung pada sifat pantulan cahaya dari objek dalam pemandangan, dan karakteristik pencahayaan saat pengambilan citra. Misalnya sebuah permukaan yang merupakan perubahan dari satu bidang datar ke bidang datar yang lain akan mempunyai tepi berbentuk curam, tetapi jika permukaan mempunyai refleksi berbentuk lengkung dan jika sudut permukaan berbentuk bulatan, akan terjadi pantulan cahaya yang berubah secara bertahap. Profil tepi yang terbentuk pada kasus pertama terlihat seperti curam dengan garis tepi yang menyerupai lapisan tipis seperti sebuah garis, sedangkan pada kasus kedua profil tepi yang terbentuk akan menyerupai tepi landai yaitu tepi curam dengan garis agak tebal. Ada juga tepi yang diasosiasikan dengan perubahan dalam fungsi turunan

pertama dari intensitas citra. Misalnya, refleksi mutual dari sisi bidang cekung membentuk tepi atap. Batas antara objek dengan latar belakang biasanya membentuk tepi curam karena umumnya intensitas dari objek berbeda dengan intensitas latar belakang didalam citra dan itu terjadi secara tiba-tiba bila citra cukup tajam.

Beberapa definisi harus diingat dengan baik sebelum membicarakan operator pendeteksian tepi, sehingga penyusunan algoritma pendeteksian tepi akan lebih mudah dilakukan. Bebrapa definisi dimaksud adalah:

Sebuah titik tepi adalah sebuah titik dengan koordinat (x,y) pada lokasi yang intensitasnya berubah secara lokal dan berbeda nyata. Sebuah potongan garis tepi berkorespondensi dengan koordinat x dan y dari sebuah tepi dengan arah sudut θ yang merupakan sudut gradien.

Detektor tepi adalah sebuah algoritma yang menghasilkan sebuah set dari tepi (titik tepi atau potongan garis tepi) dari sebuah objek didalam citra.

Kontur adalah sebuah deret dari tepi atau kurva matematika yang merupakan model deret dari tepi.

Penyambungan tepi adalah proses pembentukan deret yang beraturan dari deret yang tak beraturan. Konvensi yang ditetapkan adalah, tepi objek tersusun secara melintang dengan arah sesuai dengan arah jarum jam. Penelusuran tepi adalah proses pengolahan citra untuk menemukan kontur.

Koordinat sebuah titik tepi mungkin berupa indeks integer (bilangan bulat) dari baris dan kolom posisi titik yang terdeteksi sebagai tepi tersebut, atau koordinat lokasi tepi pada resolusi subpiksel (bila ada dan diperlukan). Koordinat tepi mungkin berada pada sistem koordinat dari citra asli, atau pada sistem koordinat dari citra hasil bila terjadi translasi atau perubahan skala selama proses berlangsung. Sebuah potongan garis tepi mungkin disederhanakan menjadi senuah garis kecil seukuran tebal satu piksel atau sebagai sebuah titik dengan atribut oriebtasi. Istilah tepi biasa digunakan baik untuk titik tepi ataupun potongan garis tepi ataupun rangkaiannya.

Kumpulan titik-titik atau garis-garis tepi hasil dari operasi pendeteksian tepi dapat dibedakan menjadi dua bagian: tepi yang sebenarnya, yang berhubungan dengan tepi objek dalam pemandangan, dan tepi yang salah, yang tidak berhubungan dengan tepi objek dalam sebuah pemandangan. Kelompok yang ketiga adalah kelompok yang seharusnya terlacak sebagai tepi tetapi nyatanya tidak terdeteksi, sehingga disebut dengan tepi yang hilang. Tepi yang salah disebut kesalahan positif dan tepi yang hilang disebut dengan kesalahan negatif. Parameter-parameter ini diperlukan untuk menghitung kinerja dar operator pelacak tepi yang dikembangkan.

2.8 Langkah – Langkah Pendeteksian Tepi

Dalam praktek pengolahan citra, biasanya algorima yang dikembangkan untuk melakukan pendeteksian tepi suatu objek mengandung tiga langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengaburan

Karena perhitungan gradien yang hanya didasarkan pada nilai intensitas dua buah titik sangat dipengaruhi oleh derau (noise), biasanya digunakan operasi pengaburan (smoothing) untuk meningkatkan kinerja dari sebuah pendeteksi tepi dalam kaitannya dengan derau. Namun sebenarnya ada pengaruh merugikan terhadap kekuatan sebuah tepi akibat dari usaha reduksi derau ini. Oleh karena itu, semakin kuat pengaruh pengaburan, semakin lemah kekuatan pengaruh derau, dan semakin lemah keberadaan suatu tepi. Dengan kata lain, usaha mengurani derau akan berakibat pula pada hilangnya informasi tepi pada beberapa lokasi, terutama yang kondisinya memang sudah lemah.

2. Penguatan

Dalam upaya memfasilitasi bagi pendeteksian tepi dengan cara menciptakan kondisi yang menunjang pendeteksian, sangat penting untuk menguatkan perubahan dalam intensitas pada lingkungan suatu titil. Penguatan ditekankan pada piksel dimana terdapat perubahan yang berbeda nyata dalam nilai intensitas lokal dan biasabya dilakukan dengan menghitung besaran gradien. Jadi penguatan

perubahan intensitas lokal ini tak lain adalah transformasi fungsi intensitas menjadi fungsi turunannya sehingga piksel-piksel yang terletak disekitar tepi objek menguat, sedangkan piksel-piksel pada lokasi lainnya melemah, terlepas apakah sebelumnya berintensitas rendah atau tinggi. Melalui penguatan perubahan intensitas ini proses pendeteksian akan lebih mudah dilakukan.

3. Pendeteksian

Dalam operasi pendeteksian tepi, titik-titik yang diinginkan adalah titik-titik dengan informasi tepi yang kuat. Namun, pada kenyataannya akan banyak sekali titik didalam sebuah citra yang mempunyai nilai gradien yang bukan nol, dan tidak semua titik-titik ini adalah tepi objek untuk aplikasi tertentu. Oleh karena itu, harus ada suatu cara untuk menentukan titik-titik yang mana saja yang merupakan tepi suatu objek. Seringkali, operasi thresholding atau pengelompokan piksel-piksel dapat digunakan untuk pendeteksian berdasarkan kriteria yang digunakan.

Urutan langkah-langkah dalam pendeteksian tepi diatas merupakan urutan yang tidak dapat dipertukarkan. Langkah pertama, yaitu proses pengaburan, merupakan langkah yang mutlak diperlukan, tetapi akan sangat membantu untuk beberapa teknik pendeteksian tepi yang dikembangkan. Sangat penting untuk diingat bahwa pendeteksian hanyalah mengindikasikan bahwa suatu tepi berada dekat suatu piksel dalam sebuah citra, tetapi tidak berarti menghasilkan perkiraan yang akurat dari lokasi atau arah suatu tepi. Dengan demikian suatu pendeteksian tepi objek dapat menimbulkan kesalahan. Kesalahan dalam pendeteksian tepi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu kesalahan klasifikasi, tepi yang salah dan tepi yang hilang. Kesalahan dalam pendugaan tepi dimodelkan dengan distribusi peluang untuk lokasi dan arah tepi. Dalam hal ini pendeteksian tepi dan pendugaan tepi dibedakan karena dilakukan dengan penghitungan yang berbeda dan mempunyai model kesalahan yang berbeda pula.

2.9 Metode Canny

Salah satu algoritma deteksi tepi *modern* adalah deteksi tepi dengan menggunakan metode *Canny* [9]. Algoritma deteksi tepi *Canny* dikenal sebagai detektor tepi yang optimal.

Deteksi tepi *Canny* ditemukan oleh Marr dan Hilderth yang meneliti pemodelan persepsi visual manusia. Ada beberapa kriteria pendeteksian tepi yang optimum yang dapat dipenuhi oleh algoritma *Canny* :

1. Mendeteksi dengan baik (kriteria deteksi)

   Kemampuan untuk meletakkan dan menandai semua tepi yang sesuai dengan pemilihan parameter-parameter konvolusi yang dilakukan. Sekaligus juga memberikan fleksibilitas yang sangat tinggi dalam hal menentukan tingkat deteksi ketebalan tepi suatu yang diinginkan.
2. Melokasikan dengan baik (kriteria lokalisasi)

   Dengan *Canny* dimungkinkan menghasilkan jarak yang minimum antara tepi dideteksikan tepi yang asli
3. Respon yang jelas (kriteria respon)

   Hanya ada satu respon untuk tiap tepi, sehingga mudah untuk dideteksi dan tidak menimbulkan kerancuan pada pengolahan citra selanjutnya.

. Metode *Canny* akan mendeteksi tepi dengan mencari nilai *gradient* maksimal local dari sebuah citra I. gradient tersebut dihitung dengan menggunakan turunan dari *Gaussian filter*. Metode *Canny* mengguanakan dua *thearholds*, yang berguna untuk mendeteksi tepian yang terliahat jelas, dan tepian yang jelas. Metode *Canny* lebih utama dan mendeteksi tepian yang kurang jelas, yang tidak dapat diperoleh dengan menggunakan metode lain.

Deteksi tepi *Canny* dapat mendeteksi tepian yang sebenarnya dengan tingkat kesalahan minimum. Dengan kata lain, operator *Canny* didesain untuk menghasilkan citra tepian yang optimal. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan deteksi tepi *Canny*

1. Menghilangkan derau yang ada pada citra dengan mengimplementasikan tapis *Gaussian*. Proses ini akan menghasilkan citra yang tampak sedikit buram. Hal ini dimaksud untuk mendapatkan tepian citra yang sebenarnya. Bila tidak dilakukan maka garis garis halus juga akan dideteksi sebagai tepian. Berikut ini adalah salah satu contoh tapis *Gaussian* dengan $\sigma = 1.4$ (2.8).

$$\frac{1}{115}\begin{bmatrix}2 & 4 & 5 & 4 & 2\\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4\\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5\\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4\\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2\end{bmatrix} \text{x A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.8)$$

2. Melakukan deteksi tepi menggunakan *Sobel* dengan melakukan pencarian secara horizontal (G_x)(1.3) dan secara vertical (G_y)(1.4).

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Gambar 1.1 Tapis Gx Sobel(Horizontal)

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

Gambar 1.2 Tapis Gy Sobel(Vertical)

3. Menentukan arah tepian yang ditemukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (2.10). Kemudian membuat semua arah menjadi positif menggunakan persamaan (2.12). Lalu mendekatkan arahnya ke nilai 0, 45, 90 atau 135 derajat. Kemudian menghitung magnitude dengan persamaan (2.13)

$$\theta = arctan(Gx, Gy) \ldots\ldots(2.9)$$

$$\theta = \theta * \frac{180}{\pi} \ldots\ldots\ldots(2.10)$$

$$\theta(a,b) = 360 + \theta(a,b) \ldots\ldots(2.11)$$

$\theta(a,b) = 0$ jika $(\theta(a,b) \geq 0\ dan\ \theta(a,b) < 22.5) atau\ (\theta(a,b) \geq 157.5\ dan\ \theta(a,b) < 202.5) atau\ (\theta(a,b) \geq 337.5\ dan\ \theta(a,b) < 360)$

$\theta(a,b) = 45$ jika $(\theta(a,b) \geq 22.5\ dan\ \theta(a,b) < 67.5) atau\ (\theta(a,b) \geq 202.5\ dan\ \theta(a,b) < 247.5)$

$\theta(a,b) = 90$ jika $(\theta(a,b) \geq 67.5\ dan\ \theta(a,b) < 112.5) atau\ (\theta(a,b) \geq 247.5\ dan\ \theta(a,b) < 292.5)$

$$\theta(a,b) = 135 \text{ jika } (\theta(a,b) \geq 112.5\ dan\ \theta(a,b) < 157.5) atau\ (\theta(a,b) \geq 292.5\ dan\ \theta(a,b) < 337.5)$$

$$m = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \ldots\ldots\ldots (2.12)$$

4. Memperkecil garis tepi yang muncul dengan menerapkan nonmaximum suppression sehingga menghasilkan garis tepian yang lebih ramping.

$$Jika\ f(a,b) = 0, maka\ nilai\ f(a,b) = \max(m[a,b], m[a,b+1], m[a,b-1])$$

$$Jika\ f(a,b) = 45, maka\ nilai\ f(a,b) = \max(m[a,b], m[a,b-1], m[a,b+1])$$

$$Jika\ f(a,b) = 90, maka\ nilai\ f(a,b) = \max(m[a,b], m[a+1,b], m[a-1,b])$$

$$Jika\ f(a,b) = 135, maka\ nilai\ f(a,b) = \max(m[a,b], m[a-1,b], m[a+1,b])$$

5. Langkah terakhir adalah menerapkan dua buah *Tresholding* atau sering disebut *Hysteresis Tresholding*. Mempunyai kemungkinan nilai lebih dari 2, ke citra biner, yang hanya memiliki 2 buah nilai (0 dan 1). Dalam hal ini, titik dengan nilai rentang nilai keabuan tertentu diubah menjadi warna hitam dan sisinya menjadi putih atau sebaliknya.

2.10 Haar Wavelet

Gelombang (*wave*) adalah sebuah fungsi yang bergerak naik turun ruang dan waktu secara periodik. Sedangkan *wavelet* merupakan gelombang yang dibatasi atau dapat dikatakan sebagai gelombang pendek. *Wavelet* mengkonsentrasikan energinya dalam ruang dan waktu sehingga cocok untuk menganalisis sinyal yang sifatnya sementara saja. *Wavelet* pertama kali digunakan dalam analisis dan pemrosesan digital dari sinyal gempa bumi. Penggunaan *wavelet* saat ini sudah semakin berkembang dengan munculnya area sains terpisah yang berhubungan dengan analisis *wavelet* dan teori transformasi *wavelet*. Dengan munculnya area sains ini wavelet mulai digunakan secara luas dalam filtrasi dan pemrosesan data,

pengenalan citra, sintesis dan pemrosesan berbagai variasi sinyal, kompresi dan pemrosesan citra.

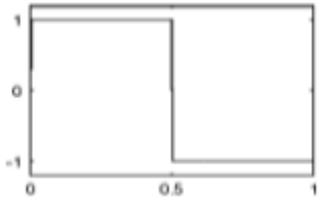
Transformasi yaitu proses melakukan pengubahan data menjadi bentuk lain sehingga mudah untuk dianalisa. Salah satunya adalah transformasi wavelet yang merupakan generalisasi dari transformasi fourier. Menurut, Wavelet merupakan gelombang mini (*Small wave*) yang mempunyai kemampuan mengelompokan energi citra dan terkonsentrasi pada sekelompok kecil koefisien, sedangkan kelompok koefisien lainnya hanya mengandung sedikit energi yang dapat dihilangkan tanpa mengurangi nilai informasinya.

Wavelet dapat juga dikatakan sebagai sebuah basis. Basis wavelet berasal dari sebuah fungsi penskalaan. Fungsi penskalaan memiliki sifat yaitu dapat disusun dari sejulah salinan yang telah ditranslasikan,didilasikan, dan diskalakan. Fungsi ini diturunkan dari persamaan dilasi (*dilation equation*), yang dianggap sebagai dasar dari wavelet

Wavelet haar merupakan wavelet tertua dan sederhana yang ditemukan pada tahun 1909. Jenis wavelet ini dikenal sebagai *mother wavelet* atau wavelet induk yang digunakan sejak pertama kali secara intensif. *Mother wavelet* didefinisikan sebagai berikut :

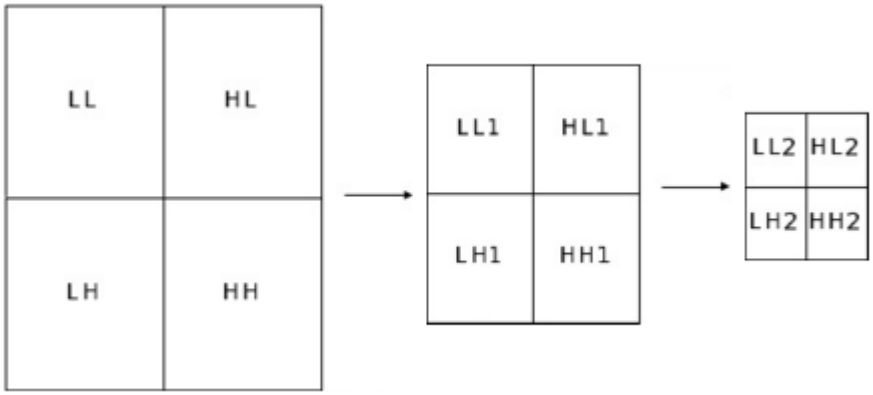
$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < \frac{1}{2}, \\ -1 & \frac{1}{2} \leq t < 1, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Haar wavelet termasuk dalam kategori ortogonal, karena wavelet haar dengan db1(doubechies orde 1). Panjang tapis wavelet haar dalah 2. Fungsi penskalaan pada wavelet haar dapat ditunjukan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2 5 Fungsi Penskalaan

Dalam transformas Wavelet Haar, terdapat dua proses yang harus dilakukan yaitu transformasi *forward* (dekomposisi) dan transformasi *Invers* (rekontruksi). Transformasi *forward* berguna untuk memecah gambar.sedangkan transformasi *invers* adalah kebalikannya, yaiyu membentuk kembali pecahan-pecahan gambar dari proses *forward* menjadi sebuah citra seperti semula(proses rekonstruksi). Langkah yang digunakan dalah Wavelet Haar ini yaitu pixel dari citra asli didekomposisi menjadi empat subband LL^1, LH^1, HL^1, HH^1 dengan menggunakan transformasi Wavelet Haar.



Gambar 2 6 Proses Transformasi Haar

2.11 Metode Elisabeth

Metode Elisabeth merupakan metode baru yang diperkenalkan oleh Elisabeth Denis Setiani dan Suyoto pada tahun 2010 dalam pendeteksian tepi yang menggabungkan antara Prewitt dan Sobel. Hasilnya adalah sebuah metode baru yang memberikan hasil yang baik dan mengurangi noise [3]. Konsep Elisabeth matriks cukup sederhana. Hanya mengambil komponen X dari matriks Prewitt dan kemudian menggabungkan dengan komponen Y dari metode Sobel. Tujuan menggabungkan metode ini adalah untuk saling melengkapi kelebihan dan kekurangan dari kedua metode yaitu prewitt dan Sobel. Penjelasan tentang Elisabeth dijelaskan dibawah ini, rumus 2.13 adalah dari komponen X dari matriks Prewitt yang digunakan untuk proses gambar horisontal dan rumus 2.14 adalah dari komponen Y dari matriks Sobel yang digunakan untuk memproses gambar secara vertikal.

Rumus 2.13. Sisi Horisontal dalam Elisabeth

$$\mathbf{Ex = Px = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}}$$

Rumus 2.14. Sisi Vertikal dalam Elisabeth

$$\mathbf{Ey = Sy = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}}$$

Rumus 2.14. Matriks Elisabeth

$$\mathbf{Ex \qquad\qquad Ey}$$

$$\mathbf{\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}}$$

Metode ini menggunakan Matriks Prewitt sebagai matriks X dan matriks Y dari Sobel. Metode Prewitt digunakan sebagai matriks pertama yaitu untuk memberikan pandangan yang jelas dari gambar. Prewitt sebagai matriks X mengurangi noise dihasil akhir tepi lebih jelas daripada metode Sobel dan juga mengurangi noise dalam hasil deteksi tepi. Jika hasilnya noisenya berkurang maka tepinya akan menjadi lebih jelas [3].

Algoritma dari metode Elisabeth :

1. Memberikan nilai X dari Prewitt yang ditunjukan pada rumus 2.15
2. Memberikan nilai Y dari matriks Sobel ditunjukan pada rumus 2.16
3. Ambil matriks 3x3 dari gambar / dari citra yang digunakan dirumus 2.17
4. Proses pertama adalah filter Horisontal menggunakan Ex dan Pm, ditampilkan pada rumus 2.18 dan 2.19 hasilnya adalah piksel 1 sampai 9 dalam matriks 3x3 gambar baru. Setiap piksel mewakili masing-masing komponen dari matriks. Rumus ini hanya perkalian matriks biasa tapi setelah si multiply akan diakar kuadratkan disetiap piksel.

5. Ulangi langkah 3 dan 4 sampai gambar diproses oleh filter horisontal.
6. Ulangi langkah 3 dan 5 menggunakan Ey dan Pm sampai gambar diproses pleh filter vertikal.prodes ini sebenarnya cukup sederhana untuk mendeteksi gambar, maka dari itu diterapkan konvolusi mask, versi horisontal filter untuk satu bitmap versi vertikal ke yang lain dan digunakan rumus 2.20 untuk menggabungkan kedua matriks tersebut.

Rumus 2.15 Prewitt X matriks

$$\mathbf{Ex} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{Ex1} & \boldsymbol{Ex2} & \boldsymbol{Ex3} \\ \boldsymbol{Ex4} & \boldsymbol{Ex5} & \boldsymbol{Ex6} \\ \boldsymbol{Ex7} & \boldsymbol{Ex8} & \boldsymbol{Ex9} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{-1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{-1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{-1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

Rumus 2.16 Sobel Y matriks

$$\mathbf{Ey} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{Ey1} & \boldsymbol{Ey2} & \boldsymbol{Ey3} \\ \boldsymbol{Ey4} & \boldsymbol{Ey5} & \boldsymbol{Ey6} \\ \boldsymbol{Ey7} & \boldsymbol{Ey8} & \boldsymbol{Ey9} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{-1} & \mathbf{-2} & \mathbf{-1} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

Rumus 2.17 Matriks 3x3

$$\mathbf{Pm} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{A} & \boldsymbol{B} & \boldsymbol{C} \\ \boldsymbol{D} & \boldsymbol{E} & \boldsymbol{F} \\ \boldsymbol{G} & \boldsymbol{H} & \boldsymbol{I} \end{bmatrix}$$

Rumus 2.18 Horisontal Filter menggunakan Ex

Formula Piksel 1 = sqrt (Ex1 * A + Ex2*B + Ex3* C)

Rumus 2.19 Horisontal Filter menggunakan Pm

Formula Piksel 2 = sqrt (Ex2 * A + Ex5*B + Ex8* C)

Rumus 2.20 Rumus Penggabungan

Formula piksel = sqrt (piksel 1 * piksel 1 + piksel 2* piksel 2)

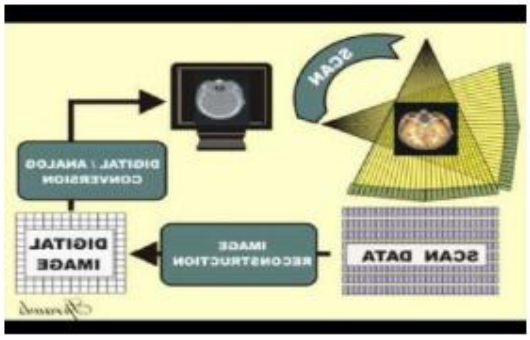
2.12 Pengujian sistem

Untuk pengujian sistem digunakan parameter akurasi. Akurasi adalah ukuran ketepatan sistem dalam mengenali input yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{Jumlah_piksel\ putih}{jumlah\ seluruh\ piksel}\ x\ 100\ \%$$

2.13 Citra CT Scan

CT Scan mampu menghasilkan citra organ internal (struktur anatomi), mampu mendefinisikan volume target dan membantu dalam penempatan dan pembentukan *radiation beam*. Sistem pemrosesan citra merupakan bagian yang secara langsung berhadapan dengan objek yang diamati (pasien). Bagian ini terdiri atas sumber sinar-X, sistem kontrol, detektor dan akusisi data. Sinar-X merupakan radiasi yang merambat lurus, tidak dipengaruhi oleh medan listrik dan medan magnet. Sinar-X dapat menembus zat padat dengan daya tembus yang tinggi. Untuk mengetahui seberapa banyak sinar-X dikeluarkan ditubuh pasien, maka dalam peralatan ini juga dilengkapi sistem kontrol yang mendapat input dari komputer. Bagian keluaran dari sistem pemroses citra adalah sekumpulan detektor yang dilengkapi sistem akusisi data, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 Gambar Pemrosesan Citra

Aspek yang paling penting dari terapi radiasi dibandingkan dengan bentuk pengobatan kanker lainnya, kita dapat mengarahkan berkas radiasi dengan tepat untuk memaksimalkan dosis radiasi yang mengenai target, relatif sedikit terhadap dosis yang diterima oleh bagian-bagian tubuh yang lain. Imaging lokasi tumor sangat penting untuk mengarahkan berkas radiasi dengan benar. Oleh karena itu, perbaikan dalam pencitraan medis diperlukan pada setiap belokan yang berkontribusi secara signifikan terhadap perbaikan perencanaan perawatan dan teknik pengobatan radiasi.