BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Citra

Citra (*image*) istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi.

Secara harfiah citra (*image*) adalah gambar pada bidang dua dimensi. Istilah citra yang digunakan pada bidang pengolahan citra diartikan sebagai suatu fungsi *continue* dari intensitas cahaya f(x,y) dalam bidang dua dimensi, dengan (x,y) menyatakan suatu koordinat dan nilai f pada setiap titik (x,y) menyatakan tingkat kecerahan atau derajat keabuan.

2.2 Digitalisasi Citra

Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai *diskrit*. Representasi citra dari fungsi *continue* menjadi nilai-nilai diskrit disebut *digitalisasi*. Citra yang dihasilkan inilah yang disebut citra digital (*digital image*). Jadi citra digital adalah suatu gambar *continue* yang diubah kedalam bentuk *diskrit* baik koordinat maupun skala keabuannya. Pada umumnya citra digital berbentuk empat persegi panjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar.

Citra digital yang tingginya N, lebarnya M, dan memiliki L derajat keabuan dapat dianggap sebagai fungsi :

$$f(x,y)\begin{cases}0 \le x \le M \\ 0 \le y \le N \\ 0 \le f \le L\end{cases}$$

Citra digital yang berukuran N x M lazim dinyatakan dengan matriks berukuran N baris dan M kolom sebagai berikut :

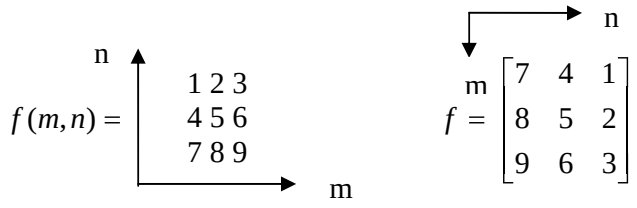
$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Masing-masing elemen pada citra digital (berarti elemen matriks) disebut *image element*, *picture element* atau *pixel*. Jadi, citra yang berukuran N **x** M mempunyai NM buah pixel.

Proses digitalisasi koordinat (x,y) dikenal sebagai pencuplikan citra (*image sampling*), sedangkan proses digitalisasi derajat keabuan f(x,y) disebut kuantisasi derajat keabuan (*grey-level quantization*).

Sebuah citra *continue* f(x,y) akan didekati oleh cuplikan-cuplikan yang seragam jaraknya dalam bentuk matriks M x N, M adalah baris dan N adalah kolom. Nilai elemen-elemen matriks menyatakan derajat keabuan citra, sedangkan posisi elemen tersebut menyatakan koordinat titik (x,y) dari citra.

Matriks diatas dapat disajikan dalam bentuk dua dimensi dalam sistem koordinat kartesius dengan memutar matriks diatas sejauh 90^o searah jarum jam.



Dalam proses kuantisasi membagi skala keabuan (0,L) menjadi G buah level yang dinyatakan dengan harga bilangan bulat (integer), biasanya G diambil perpangkatan dari **2**,

$$\mathbf{G = 2^m}$$

dimana **G** adalah derajat keabuan dan **m** bilangan bulat positif. Bila hal ini diterapkan pada penyimpanan, maka sebuah citra digital membutuhkan sejumlah **b** bit, dengan

$$\mathbf{b = M \times N \times m}$$

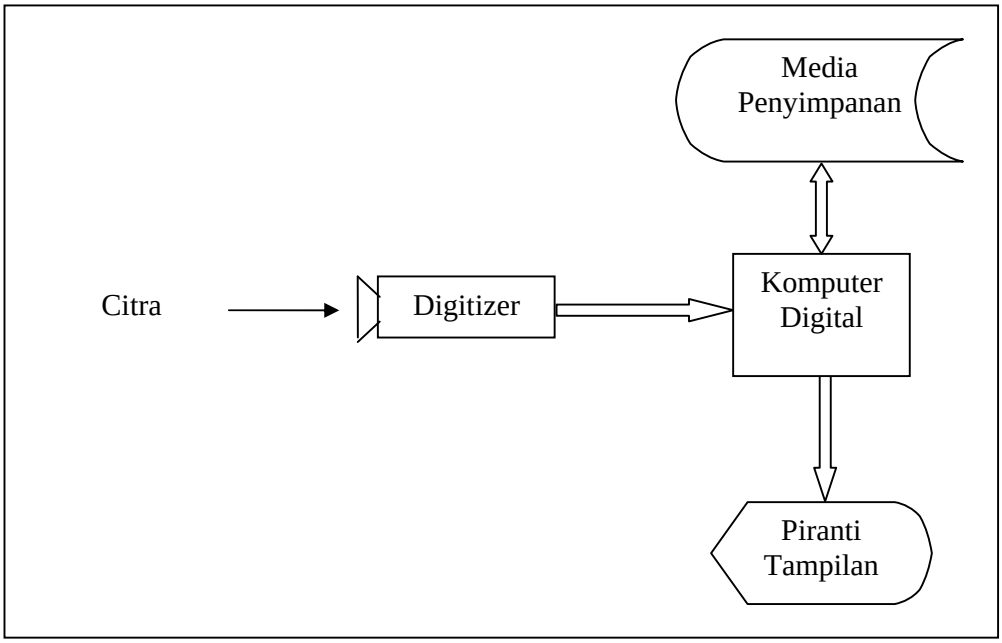
Dalam suatu proses pencuplikan dan kuantisasi, sering terjadi permasalahan, yaitu pencuplikan dan derajat keabuan yang diperlukan untuk memperoleh suatu citra yang baik. Makin tinggi nilai M x N x m, maka citra kontinu f(x,y) akan makin didekati oleh citra digital yang dihasilkan. Tetapi hal ini sering dibatasi oleh kemampuan *hardware* komputer.

2.3 Elemen Sistem Pemrosesan Citra

Secara umum, elemen yang terlibat dalam pemrosesan citra dapat dibagi menjadi empat komponen :

a. Digitizer
b. Komputer digital
c. Piranti tampilan
d. Piranti penyimpanan

Keempat komponen diatas ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Elemen Pemrosesan Citra

Operasi dari sistem pemrosesan citra tersebut dapat dibagi menjadi empat kategori prinsip yaitu digitalisasi, pemrosesan, penayangan dan penyimpanan.

Digitizer merupakan sistem penangkap citra digital yang melakukan penjelajahan citra dan mengkonversinya ke representasi numerik sebagai masukan bagi komputer digital. Hasil dari digitizer adalah matriks yang elemen-elemennya

menyatakan nilai intensitas cahaya pada suatu titik, contoh digitizer adalah kamera digital dan scanner. Digitizer terdiri dari tiga komponen dasar yaitu sensor citra yang bekerja sebagai pengukur intensitas cahaya, perangkat penjelajah yang berfungsi merekam hasil pengukuran intensitas pada seluruh bagian citra, dan pengubah analog ke digital yang berfungsi melakukan penerokan dan kuantisasi.

Komputer digital yang digunakan pada sistem pemroses citra dapat bervariasi dari komputer mikro sampai komputer besar yang mampu melakukan bermacam-macam fungsi pada citra digital resolusi tinggi.

Piranti tampilan peraga berfungsi mengkonversi matriks intensitas yang merepresentasikan citra ke tampilan yang dapat diinterpretasi oleh mata manusia, contoh piranti tampilan adalah monitor dan *printer*.

Media penyimpanan adalah piranti yang mempunyai kapasitas memori besar, sehingga gambar dapat secara permanen disimpan agar dapat diproses lagi pada waktu yang lain.

2.4 Elemen-elemen Citra Digital

Citra digital mengandung sejumlah elemen-elemen dasar. Elemen-elemen dasar tersebut dapat dimanipulasi dalam pengolahan citra seperti elemen kecerahan, kontras dan elemen-elemen dasar lain yang akan dijelaskan definisinya beserta contohnya.

2.4.1 Kecerahan (*brightness*)

Kecerahan adalah intensitas cahaya yang dipancarkan pixel dari citra yang dapat ditangkap oleh sistem penglihatan. Lazimnya pada sebuah citra, kecerahan ini merupakan kecerahan rata-rata dari suatu daerah lokal. Sistem visual manusia mampu menyesuaikan dirinya dengan tingkat kecerahan, mulai dari jangkauan terendah sampai yang tertinggi.

2.4.2 Kontras (*contrast*)

Kontras merupakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness)* di dalam sebuah gambar. Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian gelap. Pada citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terang tersebar secara merata. Untuk menentukan kepekaan kontras pada mata manusia dilakukan pengukuran pada suatu bidang gambar dengan intensitas sebesar B, kemudian perbesar intensitas objek menjadi B+?B. Perbedaan intensitas (?B) ini dilakukan sampai mata manusia dapat mendeteksi perbedaan itu.

2.4.3 Kontur (*contour*)

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

2.4.4 Warna (*color*)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda. Warna-warna yang diterima oleh mata manusia merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda. Kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (R), *green* (G), dan *blue* (B). Persepsi sistem visual terhadap warna sangat relatif sebab dipengaruhi oleh banyak kriteria, salah satunya disebabkan oleh adaptasi yang menimbulkan distorsi.

2.4.5 Bentuk (*shape*)

Shape adalah properti intrinsik dari objek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa *shape* merupakan properti intrinsik utama untuk sitem visual manusia. Pada umumnya, citra yang dibentuk oleh mata merupakan citra dua dimensi, sedangkan objek yang dilihat umumnya berbentuk tiga dimensi.

2.4.6 Tekstur (*texture*)

Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial 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. Resolusi citra yang diamati ditentukan oleh skala pada bagian mana tekstur tersebut dipersepsi.

2.5 Pengolahan Citra

Minat pada bidang pengolahan citra secara digital tercatat dimulai pada awal 1921. Pada waktu itu sebuah foto untuk pertama kalinya berhasil ditransmisikan secara digital melalui kabel laut. Namun perkembangan pesatnya terjadi saat teknologi komputer telah sanggup memenuhi suatu kecepatan proses serta kapasitas memori yang dibutuhkan oleh berbagai algoritma pengolahan citra. Pada umumnya pengolahan citra dikelompokkan menjadi dua kegitan, yaitu :

1. Memperbaiki kualitas suatu gambar, sehingga dapat lebih mudah diinterpretasikan oleh manusia.
2. Mengolah informasi yang terdapat pada suatu gambar untuk keperluan pengenalan objek secara otomatis oleh suatu mesin.

Sehingga definsi pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khusunya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Pengolahan citra bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau komputer. Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain, dengan kata lain masukannya citra dan keluarannya citra. Namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukannya.

2.6 Operasi Pengolahan Citra

Pada umumnya operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila :

1. Perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung didalam citra.
2. Elemen didalam citra perlu dikelompokan, dicocokkan atau diukur.
3. Sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

Operasi-operasi yang dilakukan didalam pengolahan citra banyak ragamnya. Namun, secara umum operasi pengolahan citra dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis antara lain :

1. 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 didalam citra lebih ditonjolkan. Contoh-contoh operasi perbaikan citra yaitu perbaikan kontras, perbaikan tepian objek, penajaman, pemberian warna semu dan penapisan derau (*noise*).

2. Pemugaran citra (*image restoration*).

   Operasi ini bertujuan meminimumkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan perbaikan citra. Perbedaannya, pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui. Contoh-contoh operasi pemugaran citra yaitu penghilangan kesamaran (*deblurring*) dan penghilangan derau.

3. 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 mempunyai kualitas gambar yang bagus. Contoh metode pemampatan citra adalah metode JPEG.

4. Segmentasi citra (*image segmentation*).

   Jenis operasi ini bertujuan untuk memecah suatu citra kedalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu. Jenis operasi ini berkaitan erat dengan pengenalan pola.

5. 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. Contoh-contoh operasi pengorakan citra yaitu pendeteksian tepi (*edge detection*), ekstraksi batas dan representasi daerah.

6. Rekontruksi citra (*image reconstruction*)

   Jenis operasi ini bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi. Operasi rekontruksi citra bayak digunakan dalam bidang medis.

2.7 Konvolusi

Konvolusi merupakan operasi pengalian sebuah citra dengan sebuah penapis (*mask*), dimana penapis konvolusi dinyatakan dalam bentuk matriks yang ukurannya lebih kecil dari ukuran citranya. Setiap elemen matriks disebut koefisien konvolusi. Konvolusi pada fungsi dua dimensi dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. untuk fungsi malar

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) = \int_{-\alpha}^{\alpha}\int_{-\alpha}^{\alpha} f(a,b)h(x-a,g-b)dadb \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.1)$$

2. untuk fungsi diskrit

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) = \sum_{a=-\alpha}^{\alpha}\sum_{b=-\alpha}^{\alpha} f(a,b)h(x-a,y-b) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots...(2.2)$$

Operasi konvolusi dilakukan dengan menggeser penapis *pixel* per *pixel* dan hasilya disimpan dalam matrik yang baru. Berikut ini ilustrasi operasi konvolusi :

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ D & E & F \\ G & H & I \end{bmatrix} \quad * \quad \begin{bmatrix} p1 & p2 & p3 \\ p4 & p5 & p6 \\ p7 & p8 & p9 \end{bmatrix} \quad f(x,y)$$

penapis citra

$$f(x,y) = Ap1 + Bp2 + Cp3 + Dp4 + Ep5 + Fp6 + Gp7 + Hp8 + Ip9 \ldots\ldots\ldots\ldots(2.3)$$

2.8 Analisis Citra

Analisis citra bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang diasosiasikan dengan ciri dari objek didalam citra, untuk selanjunya parameter tersebut digunkan dalam menginterpretasi citra. Analisis citra pada dasarnya terdiri dari tiga tahapan yaitu ekstraksi ciri, segmentasi dan klasifikasi.

Faktor kunci dalam mengekstraksi ciri adalah kemampuan mendeteksi keberadaan tepi dari objek didalam citra. Setelah tepi objek diketahui, langkah selanjunya dalam analisis citra adalah segmentasi, yaitu mereduksi citra menjadi objek atau region. Langkah terakhir dari analisis citra adalah klasifikasi, yaitu memetakan segmen-segmen yang berbeda kedalam kelas objek yang berbeda pula.

2.9 Pendeteksian Tepi

Pendeteksian tepi merupakan langkah pertama untuk melingkupi imformasi didalam citra. Tepi mencirikan batas-batas objek, oleh karena itu tepi berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi objek didalam citra. Tujuan operasi pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek didalam citra.

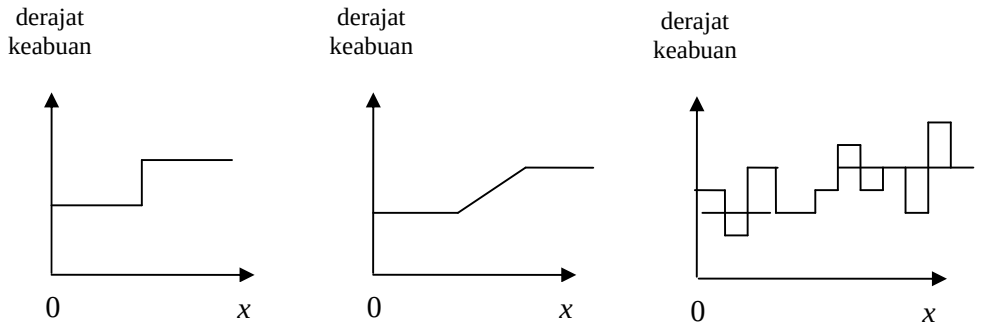
2.9.1 Definisi Tepi

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

Ada tiga macam tepi yang terdapat didalam citra digital ditunjukan pada gambar 2.2, yaitu :

1. Tepi curam yaitu tepi dengan perubahan intensitas yang tajam. Arah tepi berkisar 90^o.
2. Tepi landai yaitu tepi dengan sudut arah yang kecil. Tepi landai dapat dianggap terdiri dari sejumlah tepi-tepi lokal yang lokasinya berdekatan.
3. Tepi yang mengandung derau (*noise*).

   Umumnya tepi yang terdapat pada aplikasi komputer mengandung derau. Operasi peningkatan kualitas citra dapat dilakukan terlebih dahulu sebelum pendeteksian tepi.



(a) Tepi Curam (b) Tepi Landai (c) Tepi curam dengan derau

Gambar 2.2 Jenis-jenis Tepi

2.9.2 Tujuan Pendeteksian Tepi

Pendeteksian tepi merupakan langkah pertama untuk melingkupi informasi didalam citra. Tepi mencirikan batas-batas objek dan karena itu tepi berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi objek didalam citra.

Tujuan operasi pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek didalam citra. Terdapat beberapa teknik yang digunakan untuk mendeteksi tepi antara lain :

1. Operator gradien pertama (*differential gradient*).
2. Operator turunan kedua (*Laplacian*).
3. Operator kompas (*compass operator*).

2.10 Pendeteksian Tepi dengan Operator Turunan Kedua

2.10.1 Tanpa Bobot

Operator turunan kedua disebut juga operator *Laplace*. Operator turunan kedua mendeteksi lokasi tepi lebih akurat khusunya pada tepi yang curam. Pada tepi yang curam, turunan keduanya mempunyai persilangan nol (*zero-crossing*), yaitu titik dimana terdapat pergantian nilai turunan kedua. Sedangkan pada tepi yang landai tidak terdapat persilangan nol. Persilangan nol merupakan lokasi tepi yang akurat.

Pada operator *laplace* turunan kedua fungsi dengan dua peubah dapat dinyatakan dengan persamaan 2.4

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \quad \text{.....(2.4)}$$

Dengan menggunakan definisi hampiran selisih-mundur (*backward difference approximation*), maka turunan kedua dari persamaan 2.4 adalah :

$$\nabla^2 f = \frac{f(x+\Delta x, y) - 2f(x, y) + f(x-\Delta x, y)}{(\Delta x)^2}$$

$$+\frac{f(x,y+\Delta y)-2f(x,y)+f(x,y-\Delta y)}{(\Delta y)^2} \quad \text{……..(2.5)}$$

Kemudian asumsikan $\Delta x = \Delta y = 1$, maka diperoleh persamaan 2.6 :

$$\nabla^2 f(x,y) = f(x,y-1)+f(x-1,y)-4f(x,y)+f(x+1,y)+f(x,y+1) \text{……(2.6)}$$

atau dapat dinyatakan sebagai *mask* :

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

2.10.2 Dengan Bobot

Pada operator turunan kedua terkadang diberikan bobot yang lebih pada *pixel* tetangganya. *Mask* yang digunakan pada operator turunan kedua untuk tujuan diatas adalah

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 \\ 4 & -20 & 4 \\ 1 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Operator turunan kedua termasuk kedalam penapis lolos tinggi sebab jumlah seluruh koefisiennya nol dan koefisiennya mengandung nilai negatif maupun positif.

Cara pendeteksian tepi objek pada citra dengan menggunakan operator turunan kedua baik yang dengan bobot maupun tanpa bobot dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pendeteksian tepi dilakukan dengan mengkonvolusikan citra dengan penapis (dengan bobot ataupun tanpa bobot), hasil dari turunan kedua fungsi dengan dua peubah.
2. Kemudian cari nilai kuantitatifnya yang terbesar.

2.11 Pendeteksian Tepi dengan Operator Kompas

Operator kompas (*compass operator*) digunakan untuk mendeteksi semua tepi dari berbagai arah didalam citra. Operator kompas yang dipakai untuk pendeteksian tepi menampilkan tepi dari delapan macam arah mata angin, yaitu arah utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat dan barat laut.

Cara pendeteksian tepi objek pada citra dengan menggunakan operator kompas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pendeteksian tepi dilakukan dengan mengkonvolusikan citra dengan berbagai *mask* kompas.
2. Kemudian cari nilai kekuatan tepi (*magnitude*) yang terbesar dan arahnya.

Mask kompas dari kedelapan arah mata angin dapat dilihat seperti dibawah ini :

Utara

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

Timur laut

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

Timur

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

Tenggara

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

Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Operator kompas juga digunakan untuk mendeteksi tepi dalam arah tertentu saja. Misalnya diinginkan mendeteksi tepi dalam arah horizontal dan vertikal.

2.12 Penilaian Kualitas Citra

Analisis citra terhadap kualitas citra yang telah diproses dilakukan dengan penilaian secara objektif menggunakan *Peak Signal to Noise Error* (*PSNR*), besaran tersebut membandingkan *pixel-pixel* pada parameter yang digunakan untuk penilaian tersebut adalah citra asli $f(x, y)$, citra hasil proses $g(x, y)$, serta ukuran *pixel* yang berupa matrik dua dimensi MxN.

2.12.1 *Mean Square Error* (*MSE*)

MSE adalah rata-rata kuadrat nilai kesalahan antara citra asli dengan citra hasil pengolahan yang secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \left| f(x, y) - g(x - y))^2 \right| \quad \text{.....(2.7)}$$

2.12.2 *Peak Signal to Noise Error* (*PSNR*)

PSNR (*Peak Signal to Noise Error*) merupakan nilai perbandingan antara harga maksimum warna pada citra hasil pengolahan dengan kuantitas gangguan (*noise*) yang dinyatakan dalam satuan decibel (dB), *noise* yang dimaksud adalah akar rata-rata kuadrat nilai kesalahan ($\sqrt{MSE}$). Semakin besar nilai *PSNR* maka akan semakin kecil nilai MSE. Secara matematis, nilai *PSNR* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{PSNR} = 20 \log 10 \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}}\right) = 10 \log 10 \left(\frac{255^2}{MSE}\right) \quad \text{.....(2.7)}$$