

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Citra**

Citra menurut kamus Webster adalah suatu representasi atau gambaran, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau benda, contohnya yaitu foto seseorang dari kamera yang mewakili orang tersebut, foto sinar *X-thorax* yang mewakili gambar bagian tubuh seseorang dan lain sebagainya (Hestningsih, 2008).

Citra yang terlihat merupakan cahaya yang direfleksikan dari sebuah objek. Sumber cahaya tersebut akan menerangi objek, objek kemudian akan memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut dan pantulan cahaya lalu ditangkap oleh alat-alat optik, seperti mata manusia, kamera, *scanner*, dan sensor satelit, kemudian direkam. Citra sebagai keluaran dari suatu sistem perekaman data dapat bersifat *optic* berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal *video* seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan.

##### **2.1.1 Citra Digital**

Citra sebagai keluaran dari suatu sistem perekam data dapat bersifat analog, berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media magnetik. Citra ada dua macam yaitu citra kontinu dan citra diskrit. Citra Kontinu dihasilkan dari sistem optik yang menerima sinyal analog, contohnya mata manusia, kamera analog. Citra diskrit dihasilkan dari proses digitalisasi terhadap citra kontinu contohnya kamera digital, scanner (Munir, 2004, hal 15).

Komputer digital bekerja dengan angka-angka presisi terhingga, dengan demikian hanya citra dari kelas diskrit yang dapat diolah dengan komputer. Citra dari kelas tersebut lebih dikenal sebagai citra digital. Citra digital dinyatakan dalam suatu *array* dua dimensi atau suatu matriks yang elemen-elemennya

menyatakan tingkat keabuan (*grayscale*) dari warna masing-masing *pixel*. *Pixel* merupakan elemen terkecil dari suatu citra, yakni berupa titik-titik warna yang membentuk citra.

Citra digital tidak selalu harus merupakan hasil langsung dari rekaman suatu sistem digital, namun ada juga rekaman data bersifat kontinu seperti pada gambar monitor televisi, foto sinar-X, dapat juga berasal dari yang telah mengalami suatu konversi, sehingga citra tersebut selanjutnya dapat diproses melalui komputer.

Citra digital merupakan fungsi intensitas cahaya  $f(x,y)$ , dimana harga  $x$  dan  $y$  merupakan koordinat spasial dan harga fungsi tersebut pada setiap titik  $(x,y)$  merupakan tingkat kecemerlangan atau intensitas cahaya citra pada titik tersebut. Citra digital adalah suatu matriks dimana indeks baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya yang disebut sebagai elemen gambar atau piksel menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut.

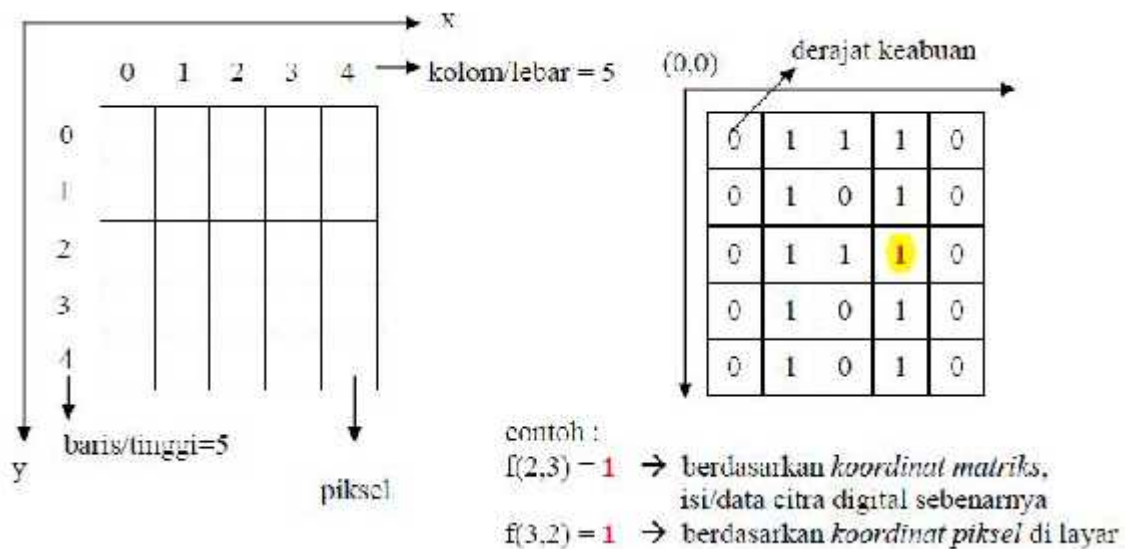
Indeks baris dan kolom  $(x,y)$  dari sebuah piksel dinyatakan dalam bilangan bulat (*integer*). Sebuah piksel merupakan sampel dari pemandangan yang mengandung intensitas citra yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Untuk menunjukkan lokasi suatu piksel, koordinat  $(0,0)$  digunakan untuk posisi kiri atas dalam bidang citra, dan koordinat  $(m-1,n-1)$  digunakan untuk posisi kanan bawah dalam citra berukuran  $m \times n$  piksel dimana  $m$  adalah kolom dan  $n$  adalah baris. Untuk menunjukkan tingkat pencahayaan suatu piksel, seringkali digunakan bilangan bulat yang besarnya delapan bit dengan lebar selang nilai 0-255 dimana 0 untuk warna hitam, 255 untuk warna putih, dan tingkat abu-abu berada di antara nilai 0 dan 255 (Ahmad, Usman., 2005).

Citra digital dinyatakan dengan matriks berukuran  $N \times M$  (baris/tinggi =  $N$ , kolom/lebar =  $M$ )

$N$ = jumlah baris	$0 \leq y \leq N - 1$
$M$ = jumlah kolom	$0 \leq x \leq M - 1$
$L$ = maksimal warna intensitas (derajat keabuan / gray level)	$0 \leq f(x,y) \leq L - 1$

Untuk memudahkan penulisan matematis, maka matriks citra tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut ini

$$F(x, y) = \begin{matrix} f_{0,0} & f_{0,1} & \dots & f_{0,M-1} \\ f_{1,0} & f_{1,1} & \dots & f_{1,M-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{N-1,0} & a_{N-1,1} & \dots & a_{N-1,M-1} \end{matrix}$$



Source: Hestningsih, I. 2008

Gambar 2.1 posisi letak piksel

Beberapa jenis citra yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

### 1. Citra Biner (Monokrom)

Citra monokrom adalah citra dengan suatu sistem grafik yang tidak memiliki kemampuan warna selain warna hitam atau warna putih. Perbedaan hanya diperoleh dengan menentukan tingkat intensitas *grayscale*. Nilai numerik yang digunakan biasanya adalah *range* 0 – 1. Citra monokrom yang diwakili dengan beberapa nilai kekuatan cahaya bernilai dari hitam sampai putih sebagai *grayscale image*.

Pada tabel 2.1 terdapat empat tingkat intensitas yang dapat ditampilkan seperti yang terlihat di bawah ini.

**Tabel 2.1 Intensitas *Grayscale***

Kode Intensitas Nilai	Intensitas	Biner	Tingkat Intensitas yang ditampilkan
0	0	0 0	<i>Black</i>
0.33	1	0 1	<i>Darkgray</i>
0.67	2	1 0	<i>Lightgray</i>
1	3	1 1	<i>White</i>

(Munir, 2004, hal; 42)

Menyimpan tingkat intensitas dalam memori layar sama dengan menyimpan kode warna. Titik dengan ukuran 3 bit bisa menampilkan 8 tingkat intensitas sedangkan titik berukuran 1 bit hanya bisa menampilkan warna hitam (*black*) dan putih (*white*) saja.

Pada Tabel 2.1 terdapat empat tingkat intensitas yang dapat ditampilkan. Nilai intensitas mendekati 0.33 akan disimpan dengan nilai biner 0 1 dalam memori *layer* dan menghasilkan titik dengan tingkat intensitas *darkgray* atau abu-abu kehitamhitaman. Sedangkan tingkat intensitas itu sendiri ditentukan oleh program aplikasi kemudian diubah menjadi nilai biner yang sesuai.

## 2. Citra Berwarna

Citra warna adalah citra dengan sistem grafik yang memiliki satu set nilai tersusun (*a set of ordered values*) yang menyatakan berbagai tingkat warna. Citra warna bukanlah seperti citra *grayscale*. Dimana setiap set nilai tersusun mewakili satu 'scale' warna atau 'hue'.

Sistem yang dipakai untuk mewakili warna yaitu sistem RGB (*Red, Green, Blue*). Sistem RGB adalah sistem penggabungan antara warna-warna primer (*additive primary colours*) yaitu merah (*Red*), hijau (*Green*) dan biru (*Blue*) untuk memperoleh warna tertentu. Misalnya warna putih diperoleh dari hasil gabungan warna merah = 255, hijau = 255, dan biru = 255. Dalam sistem RGB, warna putih cerah dinyatakan dengan RGB (255, 255, 255). *Range* nilai dari setiap warna primer adalah 0 sampai 255. Sehingga kemungkinan warna yang dapat terbentuk dengan sistem RGB adalah  $256 \times 256 \times 256$  yakni kurang lebih 16.7 juta warna.

Pada tabel 2.2 berikut diperlihatkan beberapa kode warna hasil gabungan warna RGB.

**Tabel 2.2 Kode Warna**

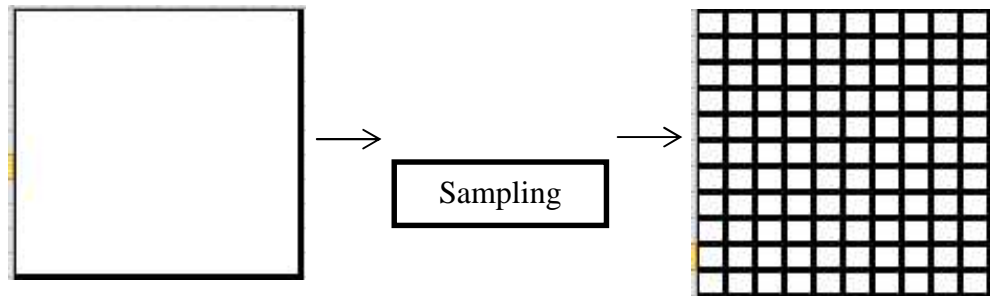
<i>Colour</i>	<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>
<i>Black</i>	0	0	0
<i>Blue</i>	0	0	255
<i>Green</i>	0	255	0
<i>Cyan (Blue+Green)</i>	0	255	255
<i>Red</i>	255	0	0
<i>Magenta (Red+Blue)</i>	255	0	255
<i>Yellow (Red+Green)</i>	255	255	0
<i>White (Red+Green+Blue)</i>	255	255	255
<i>Gray</i>	128	128	128

### 2.1.2 Konversi Citra Analog ke Citra Digital

Citra digital tidak selalu merupakan hasil langsung dari data rekaman suatu sistem digital. Adakalanya hasil rekaman data tersebut bersifat kontinu, oleh karena itu untuk mendapatkan suatu citra digital diperlukan suatu proses konversi, sehingga citra tersebut dapat diproses dengan komputer.

Citra yang bersifat kontinu dapat diubah menjadi citra digital dengan cara membuat kisi-kisi arah horizontal dan vertikal, sehingga diperoleh gambar dalam bentuk *array* dua dimensi. Proses tersebut dikenal sebagai proses digitasi atau *sampling*. Digitasi atau *sampling* adalah proses membagi gambar secara horizontal dan vertikal menjadi bagian-bagian yang kecil (Munir, 2004, hal 19-21), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.2 Bagian-bagian yang kecil atau elemen *array* ini disebut dengan *pixel*. Pembagian suatu citra menjadi sejumlah *pixel* dengan ukuran tertentu akan menentukan resolusi spasial yang diperoleh. Semakin kecil ukuran *pixel* (makin banyak jumlah *pixel*) gambar maka resolusi gambar tersebut semakin tinggi dan gambar tersebut pun semakin halus atau terang, karena informasi yang hilang akibat pengelompokan tingkat keabuan atau warna ketika proses pembuatan kisi-kisi akan semakin kecil.

pixel  
↓



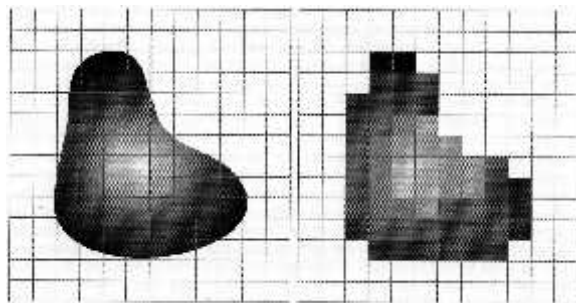
Citra dengan tingkat keabuan kontinu

Citra Digital

**Gambar 2.2** Proses digitasi atau *sampling*.

Proses yang diperlukan selanjutnya yaitu proses kuantisasi. Dalam proses itu tingkat keabuan setiap *pixel* dinyatakan dengan suatu bilangan bulat (*integer*). Batas-batas harga *integer* atau besarnya daerah tingkat keabuan yang digunakan untuk menyatakan suatu tingkat keabuan *pixel* akan menentukan resolusi kecerahan dari gambar yang akan diperoleh. Jika digunakan 3 bit untuk menyimpan harga *integer* tersebut, maka diperoleh 8 tingkat keabuan. Makin besar tingkat keabuan yang digunakan maka makin baik pula gambar yang akan dihasilkan, karena kontinuitas dari tingkat keabuan akan semakin tinggi sehingga mendekati citra aslinya.

dibawah ini menunjukkan contoh suatu gambar yang didigitalisasi dengan ukuran *sampling* yang masih cukup besar, sehingga tepian gambar akan berbentuk kasar (kotak-kotak).



**Gambar 2.3** Citra kontinu (analog) disampling oleh array sensor kuantisasi  
(Sumber, Gonzales, 2008)

### 2.1.3 Histogram citra

Informasi penting mengenai isi citra digital dapat diketahui dengan membuat histogram citra. Histogram sebuah citra digital dengan level intensitas pada range  $[0, L-1]$  adalah fungsi diskrit (Prasetyo, 2011, hal: 40). Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas pixel dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra. Dari sebuah histogram dapat diketahui frekuensi kemunculan relatif dari intensitas pada citra tersebut. Histogram juga dapat menunjukkan banyak hal tentang kecerahan (*Brightness*) dan kontras (*Contrast*) dari sebuah gambar.

$$\boxed{r_k} = n_k \dots \dots \dots (2.1)$$

$r_k$  = nilai intensitas

$n_k$  = jumlah piksel dalam citra, yang dinyatakan oleh MN. M dan N merupakan ukuran baris dan kolom citra

$h(r_k)$  = histogram citra digital dengan tingkat keabuan  $r_k$

$k = 0, 1, 2, 3, \dots, L-1$ .

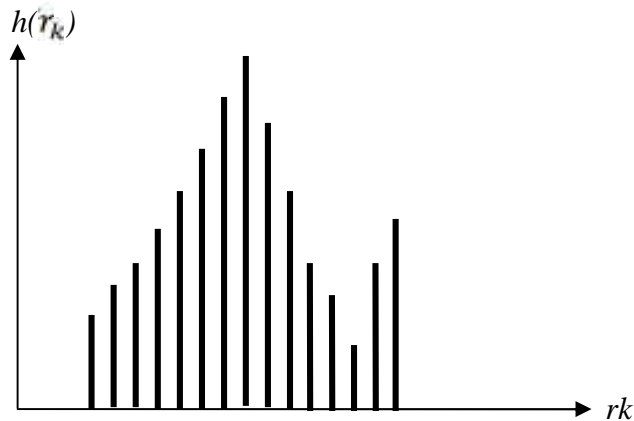
Menurut Munir (2004) secara matematis histogram citra dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$h_i = \frac{n_i}{n}, \quad i = 0, 1, \dots, L-1 \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

$n_i$  = jumlah *pixel* yang memiliki derajat keabuan  $i$

$n$  = jumlah seluruh *pixel* di dalam citra



**Gambar 2.4 Histogram Citra**

Gambar 2.4 menggambarkan histogram citra, dimana histogram citra banyak memberikan informasi penting, yaitu sebagai berikut:

1. Nilai  $h(r_k)$ , menyatakan peluang (*Probability*) *pixel*,  $P(i)$ , dengan dengan derajat keabuan  $i$ . jumlah nilai  $h_i$  sama dengan 1. Peluang suatu *pixel* memiliki derajat keabuan lebih kecil atau sama dengan derajat keabuan tertentu adalah jumlah  $h_i$  untuk  $0 \leq i \leq j$  atau  $0 \leq j \leq L-1$
2. Puncak histogram menunjukkan intensitas *pixel* yang menonjol. Lebar dari puncak menunjukkan rentang kontras dari gambar. citra yang mempunyai kontras terlalu terang (*Overexposed*) atau terlalu gelap (*Underexposed*) memiliki histogram yang sempit. Histogramnya terlihat hanya menggunakan setengah dari daerah derajat keabuan. Citra yang baik memiliki histogram yang mengisi daerah derajat keabuan secara penuh dengan distribusi yang merata pada setiap nilai intensitas *pixel*.

## 2.2 Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra yang secara khusus menggunakan komputer sehingga diperoleh citra yang kualitasnya lebih baik. Pengolahan citra juga dapat diartikan sebagai suatu pemrosesan suatu gambar sehingga menghasilkan suatu gambar lain yang lebih sesuai dengan keinginan kita (Munir, 2004, hal: 3).

Umumnya operasi pengolahan citra diterapkan bila:



1. Diperlukan peningkatan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung dalam citra.
2. Elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan atau diukur.
3. Sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

Di dalam bidang komputer ada 3 bidang studi yang berkaitan dengan data citra, namun tujuan ketiganya berbeda yaitu:

1. Grafika Komputer (*Computer Graphic*)

Grafika komputer bertujuan menghasilkan citra dengan prinsip-prinsip geometri seperti garis, lingkaran dan sebagainya. Prinsip geometri tersebut memerlukan data deskriptif untuk melukis elemen-elemen gambar. Contoh data deskriptif adalah koordinat titik, panjang garis, jari-jari lingkaran, tebal garis, warna dan sebagainya (Munir, 2004, hal: 4).

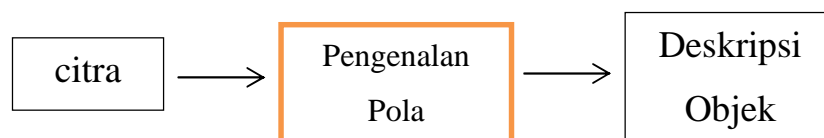
2. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Pengolahan citra digital merupakan suatu disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, transformasi geometrik, skala), agar mudah diinterpretasi oleh manusia/mesin (komputer).

3. Pengenalan Data (*Pattern Recognition/Image Interpretation*).

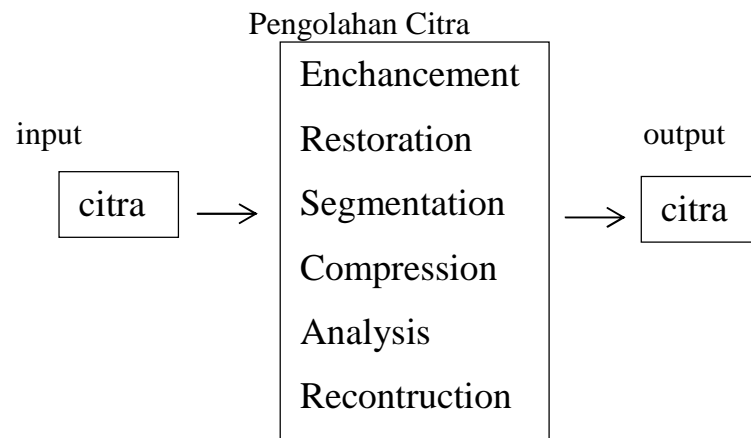
Pengenalan pola bertujuan mengelompokkan data numerik dan simbolik citra secara otomatis oleh komputer. Tujuan pengelompokan ini adalah untuk mengenali suatu objek di dalam citra. Komputer menerima masukan berupa citra objek yang akan didefinisikan, memproses citra tersebut dan memberikan keluaran berupa deskripsi objek di dalam citra (Munir, 2004, hal: 6).

Hubungan bidang studi Pengenalan Pola dengan citra dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.



**Gambar 2.5** Bidang Studi Pengenalan Pola

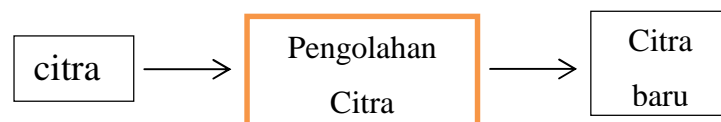
Pada gambar 2.6 berikut ini adalah dasar-dasar pengolahan citra:



**Gambar 2.6 Dasar-dasar Pengolahan Citra**

Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan suatu citra menjadi citra yang lain. Jadi masukannya berupa citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluarannya memiliki kualitas yang lebih baik dari pada citra masukan sesuai dengan kebutuhan. Termasuk juga pentransferan dan transparansi pada suatu citra (Munir, 2004, hal: 5)

Hubungan bidang studi Pengolahan Citra dengan citra dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini



**Gambar 2.7 Bidang Studi Pengolahan Citra**

Contoh pengolahan citra digital yang sering dilakukan yaitu:

1. Perbaiki Kualitas Citra (*image enhancement*)

Operasi ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan memanipulasi parameter-parameter citra sehingga citra yang dihasilkan akan semakin baik.

Operasi perbaikan citra:

- a. Perbaiki kontras gelap/terang.
- b. Perbaiki tepian objek (*edge enhancement*).
- c. Penajaman (*sharpening*).
- d. Pemberian warna semu (*pseudocoloring*).

e. Penapisan derau (*noise filtering*).

2. Pemugaran Citra (*image restoration*)

Operasi ini bertujuan untuk menghilangkan cacat pada citra. Hal ini hampir sama dengan perbaikan citra perbedaannya adalah penyebab degradasi citra diketahui.

Operasi perbaikan citra yaitu:

a. Penghilangan kesamaran (*image deblurring*).

b. Penghilangan derau (*noise*).

3. Pemampatan Citra (*image compression*)

Operasi ini dilakukan agar citra direpresentasikan dalam bentuk lebih kompak, sehingga keperluan memori lebih sedikit namun dengan tetap mempertahankan kualitas gambar. Contohnya suatu citra dalam format BMP dimampatkan menjadi format JPG. Salah satu contoh pemampatan citra dapat dilihat pada Gambar 2.8.



citra asli



citra setelah kompresi dengan metode lossy, ada sedikit perubahan, lebih jelas citra asli

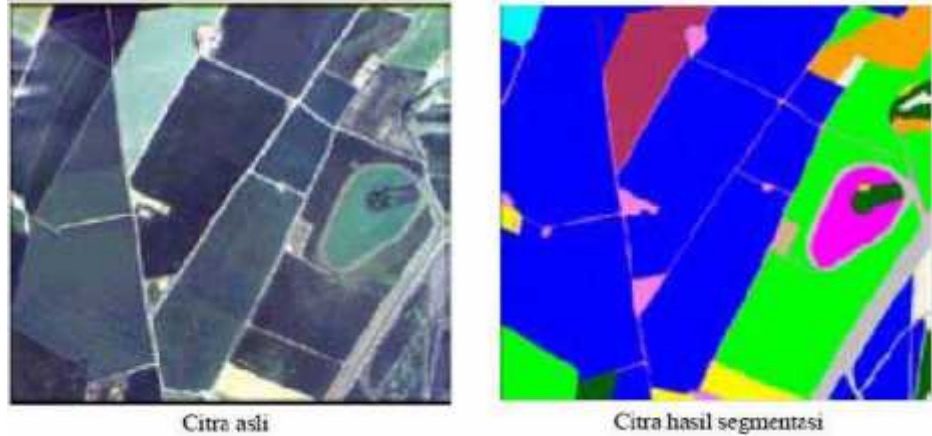
Source: Hestiningsih, I. 2008

**Gambar 2.8 Contoh Image Compression**

4. Segmentasi Citra (*image segmentation*)

Operasi segmentasi citra ini bertujuan untuk memecah citra menjadi beberapa *segment* dengan kriteria tertentu. Biasanya berkaitan dengan pengenalan pola. Segmentasi membagi suatu citra menjadi wilayah-wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan tertentu antara derajat keabuan suatu piksel

dengan derajat keabuan piksel-piksel tetangganya. Salah satu contoh segmentasi citra dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Source: Hestningsih, I. 2008

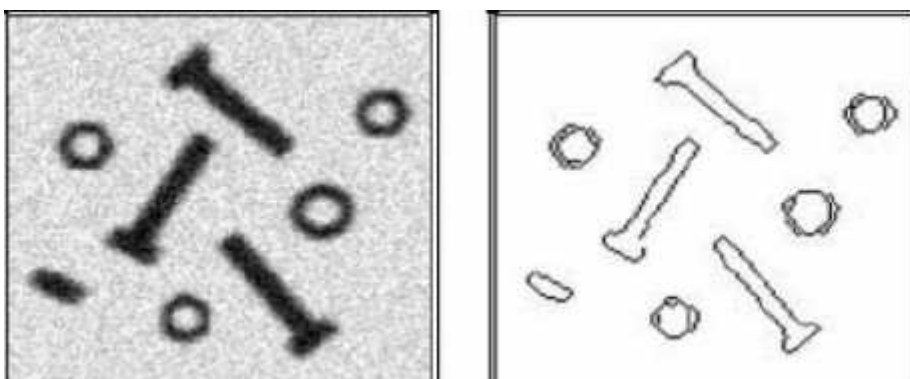
**Gambar 2.9** Contoh *Image Segmentation*

#### 5. Analisis Citra (*image analysis*)

Operasi ini bertujuan untuk menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Proses ini biasanya diperlukan untuk melokalisasi objek yang diinginkan dari sekelilingnya.

Contoh operasi analisis citra yaitu:

- a. Pendeteksian tepian objek (*edge detection*). Salah satu contoh *edge detection* dapat dilihat pada Gambar 2.9.
- b. Ekstraksi batas (*boundary*).
- c. Representasi daerah (*region*).



Source: Hestningsih, I. 2008

**Gambar 2.10** Contoh *edge detection*

## 6. Rekonstruksi Citra (*image reconstruction*)

Operasi ini bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi. Operasi rekonstruksi citra biasanya banyak digunakan pada bidang medis. Contohnya beberapa foto *rontgen* digunakan untuk membentuk ulang gambar organ tubuh.

Penerapan pengolahan citra ditujukan untuk berbagai keperluan, antara lain:

- a. Dalam ilmu geografi, ahli geografi menggunakan teknik ini untuk mempelajari pola-pola polusi udara, pemetaan penggunaan/penutup lahan, pemetaan dan monitoring lahan pertanian, manajemen sumber daya pantai dan kelautan, eksplorasi minyak bumi, manajemen sumber daya hutan, perencanaan bidang telekomunikasi, oceanografi fisik, pemetaan deteksi laut-laut es, pemetaan geologi dan topologi.
- b. Dalam ilmu fisika dan bidang yang berkaitan dengannya, teknik komputer secara rutin meningkatkan citra dari eksperimen pada bidang seperti plasma berenergi tinggi dan mikroskop elektron.
- c. Dalam dunia komunikasi, data citra yang biasanya di dapat dari satelit baik satelit cuaca yang memfoto planet-planet pada umumnya hampir tidak dapat dilihat. Hal ini disebabkan karena pada saat foto tersebut dikirim ke stasiun bumi melalui gelombang, terjadi banyak gangguan selama dalam perjalanan. Gangguan ini disebabkan oleh gelombang-gelombang lain seperti gelombang radio, televisi dan lain-lain yang bercampur dengan gelombang data tersebut. Pemrosesan dilakukan terhadap foto yang diterima di stasiun bumi dengan cara menghilangkan atau mengurangi gangguan/noise tersebut, sehingga gambar tersebut dapat dilihat dengan jelas.
- d. Dalam ilmu kedokteran, pengolahan citra digunakan untuk memperjelas hasil foto sinar-X organ tubuh manusia. Gambar yang didapat dari sinar-X umumnya kabur sehingga sulit bagi para dokter untuk menganalisis kelainan-kelainan yang terdapat pada organ tubuh. Dengan pemrosesan citra, gambar tersebut dapat diperjelas.

- e. Dalam dunia *game*, pemrosesan citra digunakan untuk menciptakan efek-efek seperti bayangan di atas permukaan air, efek ledakan, api, tampilan yang kabur karena terkena kabut, angin, transportasi, pencahayaan dan lain sebagainya.

### 2.3 Sharpening

Prinsip dalam penajaman (*Sharpening*) adalah untuk memperterang (*highlight*) dalam intensitas citra, penggunaan penajaman citra bermacam-macam, termasuk aplikasi mulai dari cetak elektronik dan citra medis sampai inspeksi industri dan petunjuk otomatis dalam sistem militer.

Turunan dari fungsi digital didefinisikan dengan istilah *differences*. Ada bermacam-macam cara untuk mendefinisikan *differences*. Defenisi yang digunakan dalam turunan pertama adalah:

1. Harus menjadi nol pada daerah intensitas yang konstan.
2. Harus menjadi titik nol pada titik datangnya intensitas *step* (naik) dan *ramp* (turun).
3. Harus menjadi tidak nol pada daerah sepanjang *ramp*.

Sedangkan defenisi yang digunakan dalam turunan kedua adalah:

1. Harus menjadi nol pada daerah intensitas yang konstan.
2. Harus menjadi tidak nol pada titik datangnya intensitas *step* (naik) dan *ramp* (turun).
3. Harus menjadi nol pada daerah sepanjang *ramp*.

Defenisi dasar turunan pertama fungsi  $f(x,y)$  satu dimensi adalah formula:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = f' x + 1 - f' x \dots\dots\dots (2.3)$$

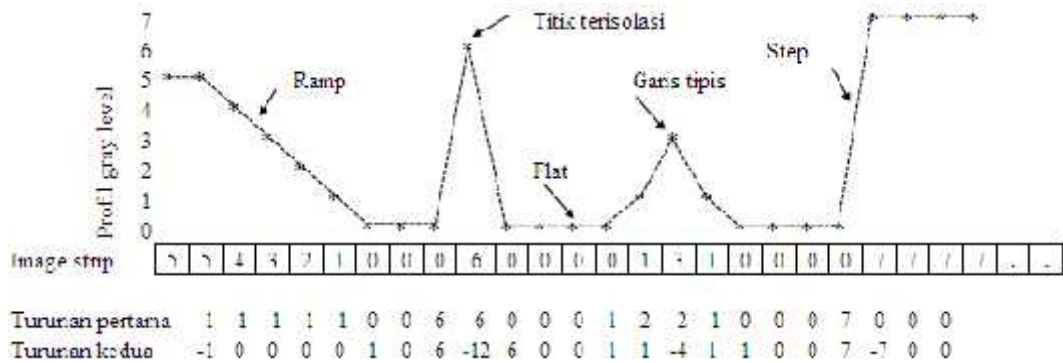
Ketika menggunakan turunan parsial disini bertujuan untuk menjaga notasi yang sama seperti ketika memperhatikan fungsi citra dua variable  $f(x,y) \cdot \frac{\partial f}{\partial x} = \frac{df}{dx}$  ketika hanya ada satu variabel dalam fungsi.

Defenisi turunan kedua  $f(x)$  sebagai differensial:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x) \dots\dots\dots (2.4)$$

Mudah untuk menverifikasi bahwa 2 defenisi mencapai kondisi yang dinyatakan diatas.Untuk mengilustrasikan ini dan untuk menguji kesamaan dan perbedaaan antara turunan pertama dan kedua dari fungsi digital, perhatikan gambar 2.11.

Gambar 2.11 mengilustrasikan turunan digital pertama dan kedua citra.Bagian atas gambar tersebut adalah gray level citra yang titik pikselnya dinyatakan oleh titik-titik hitam yang dihubungkan oleh garis putus – putus.Image strip menuliskan nilai-nilai intensitas pada titik-titik tersebut.Untuk mendapatkan turunan pertama pada sebuah titik dilakukan dengan mengurangi nilai intensitas titik tersebut.Sedangkan untuk mendapatkan turunan kedua dilakukan dengan mengurangi nilai intensitas titik tersebut dengan titik sebelumnya (kiri).Hasilnya, untuk turunan pertama daerah konstan menjadi nol (syarat 1 terpenuhi). Pada titik sebelumnya step dan ramp tidak nol (syarat 2 terpenuhi) dan daerah sepanjang ramp tidak nol (syarat 3 terpenuhi). Hasil turunan kedua terlihat daerah konstan tetap nol (syarat 1 terpenuhi), pada titik mulainya step dan ramp tidak nol (syarat 2 terpenuhi), dan daerah sepanjang ramp berubah menjadi nol (syarat 3 terpenuhi).



**Gambar 2.11 ilustrasi turunan pertama dan kedua fungsi digital I dimensi**

Tapi dalam citra digital sering tampak sebagai transisi seperti ramp dalam intensitas, dimana dalam kasus turunan pertama citra akan menghasilkan tepi yang tebal karena turunanya tidak nol sepanjang ramp. Disisi lain, turunan kedua akanmenghasilkan tepi yang double untuk ketebalan satu piksel. Dari sini dapat

disimpulkan bahwa turunan kedua meningkatkan detail lebih baik dari pada turunan pertama. Inilah yang cocok digunakan untuk menajamkan citra.

### 2.3.1 Filter laplacian

Filter laplacian sebuah citra  $f(x,y)$  dinyatakan oleh..... $f(x,y)$  yang didefenisikan dengan:

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Umumnya menggunakan perkiran digital turunan kedua:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dan :

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \dots\dots\dots (2.7)$$

Jika digabung dengan  $\nabla^2 f(x,y)$  menjadi:

$$\nabla^2 f = f(x+1, y) + f(x, -1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y) \dots\dots\dots (2.8)$$

Pernyataan ini diimplementasikan pada semua titik (x,y) dalam citra dengan mengisikan konstanta suku sebagai nilai filter mask sesuai dengan letak yang ditunjukkan oleh sukunya. Hasilnya :

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Defenisi alternatif turunan digital kedua dihitung pada elemen digital dan bisa diimplementasikan menggunakan mask :

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

Implementasi mask lain yang sering ditemukan dalam prakteknya adalah:



0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Perbaikan menggunakan laplacian didasarkan pada formula:

$$g(x,y) = f(x,y) + c[\Delta f(x,y)] \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana  $f(x,y)$  adalah citra input,  $g(x,y)$  adalah citra yang mudah diperbaiki, dan  $c$  adalah 1 jika pusat koefisien mask positif, atau -1 jika negatif. Karena laplacian adalah operator turunan, dia menajamkan citra tetapi mengganti daerah konstan menjadi nol. Penjumlahan dengan citra asli akan meembalikan gray-level dengan baik.

Bentuk umum mask laplacian

0	-	0
-	4	-
0	-	0

### 2.3.2 Filter Gradien

Turunan pertama pengolahan citra digital diimplementasikan jarak (panjang) gradien. Untuk fungsi  $f(x,y)$ , gradien  $f$  pada koordinat  $(x,y)$  didefinisikan sebagai vektor kolom 2-dimensi:

$$f = \text{grad } f = \begin{pmatrix} g_x \\ g_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2.10)$$

Panjang vektor ini diberikan oleh:

$$M(x,y) = \text{mag } f = (g_x^2 + g_y^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana  $M(x,y)$  adalah citra dengan ukuran yang sama dengan citraasli, dibuat ketika  $x$  dan  $y$  mengubah semua lokasi pixel citra  $f$ .

Model lain:

$$M(x,y) \approx |g_x| + |g_y|$$

Dua definisi lain yang diusulkan oleh Robert[1965]:

$$g_x = (z_9 - z_5) \text{ dan } g_y = (z_8 - z_6) \dots\dots\dots (2.12)$$

Jika menggunakan formula  $M(x,y)$ ,  $g_x$  dan  $g_y$ , maka untuk menghitung citra gradien dengan:

$$M(x,y) = [(z_9 - z_5)^2 + (z_8 - z_6)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (2.13)$$

Formula yang lain:

$$M(x,y) \approx |z_9 - z_5| + |z_8 - z_6| \dots\dots\dots (2.14)$$

Perkiraan nilai  $g_x$  dan  $g_y$  menggunakan tetangga 3 x 3 yang terpusat di  $z_5$  sbb:

Dan

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \dots\dots\dots (2.16)$$

Sehingga:

$$M(x,y) = |(z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)| + |(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)| \dots\dots\dots (2.17)$$

$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$
$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$

**a.Region citra 3x3**

-1	0	0	-1
1	1	1	0

**b.operator gradien robert**

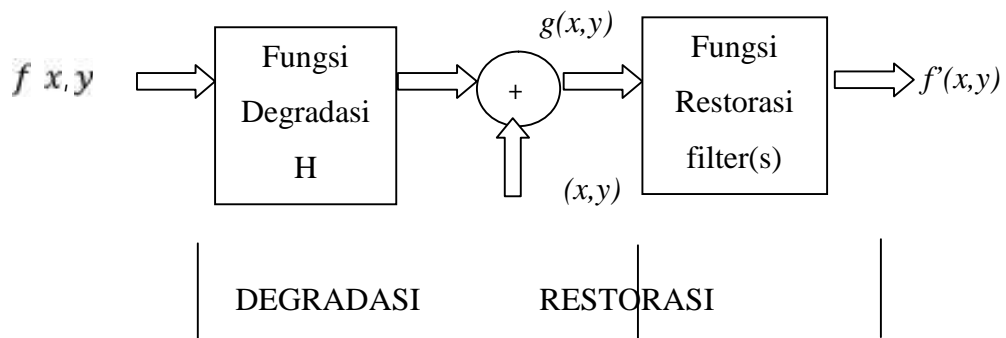
-1	-2	-1	-1	0	1
1	0	0	1	0	1
1	2	1	-1	0	1

**c. operator sobel**

**Gambar 2.12 Mask filter Gradien**

### 2.3.3 Model penelitian

Sistem image sharpening pada citra digital pada penelitian ini dibangun berdasarkan model proses degradasi/restorasi pada citra digital (Gonzalez, 2008). Menurut Gonzales (2008), sumber dari noise dalam citra digital muncul selama pengambilan citra (image acquisition) kemudian mendigitalisasikannya (digitization) atau mengirimkan (transmission). Performa dari sensor citra dipengaruhi oleh banyak faktor yang berbeda, seperti kondisi lingkungan (cerah, terang atau kurang cahaya), dan kualitas dari elemen sensor pencitraan sendiri. Untuk memberikan efek blur pada suatu penelitian di bidang citra digital, maka suatu citra yang bersih dikenakan fungsi blur dengan memodifikasi setiap piksel di dalam citra melalui suatu operasi matematika. Dan kemudian, proses perbaikan citra dilakukan dengan merestorasi kembali setiap piksel dengan menggunakan filter tertentu, seperti terlihat pada Gambar 2.13 berikut ini.



**Gambar 2.13 Model dari proses degradasi dan restorasi citra (Gonzales, 2008)**

Dengan menggunakan model ini, maka pada hakekatnya suatu citra yang dilihat sesungguhnya merupakan citra yang telah mengalami suatu proses degradasi yang dalam hal ini digambarkan sebagai H citra yang dibluring  $(x,y)$ , secara matematis, model degradasi diformulasikan sebagai berikut :

$$g(x,y) = Hf(x,y) + \eta(x,y) \dots\dots\dots (2.18)$$

Untuk memperbaiki kualitas citra yang telah terdegradasi oleh noise maka digunakan metode *high pass filter* dengan empat mask 3x3.  $g(x,y)$  merupakan citra blur yang akan diperbaiki piksel demi piksel berdasarkan nilai piksel tetangganya dengan menggunakan metode filter. Model fungsi restorasi dari gambar 2.13 di

atas yaitu proses mengolah input  $g(x,y)$  oleh  $filter(s)$  dan menghasilkan output citra  $f'(x,y)$ , maka model restorasi diformulasikan :

$$f(x,y) = g(x,y) + filter(s) \dots\dots\dots (2.19)$$

## 2.4 Spasial Filter

Spasial filter disebut juga *Discrete Convolution Filter* atau filter yang meng-konvolusi suatu citra dengan citra lain. Ukuran filter citra ini biasanya kecil, relatif terhadap citra yang disebut *Convolution Mask*, Operasi ini menyalin suatu citra pada suatu pixel sehingga menimbulkan efek yang berbeda. Dengan konvolusi, sejumlah proses dapat dilakukan dengan mudah dan efisien dengan suatu spatial filter. Dengan spatial filter, komputasi yang dilakukan hanya akan berakibat pada nilai dari pixel dan pixel-pixel tetangganya, disebut *convolution mask* karena ia dioperasikan terhadap sekumpulan data dan berakibat pada suatu perubahan.

Istilah lain adalah:

- a. *Template* – karena hasilnya memiliki nilai yang besar pada posisi dimana mask dan data sama nilainya.
- b. *Window* – karena operasi dilakukan hanya pada area tertentu.
- c. *Filter* – karena ada beberapa mask yang membatasi atau menghilangkan sejumlah data yang memberi suatu nilai/bentuk baru.

Sedangkan pemakaian teknik *spatial filtering* pada citra, umumnya titik yang akan diproses beserta titik-titik disekitarnya dimasukkan ke dalam sebuah matrix 2 dimensi yang berukuran M x N. Matrix ini dinamakan matrix *neighbor* (matrix tetangga), dimana N ini besarnya tergantung dari kebutuhan, tetapi pada umumnya N ini selalu kelipatan ganjil (misalnya 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, dsb) karena titik yang akan diproses diletakkan di tengah dari matrix.

Contoh matrix tetangga 3 x 3 :

1	2	3
4	T	5
6	7	8

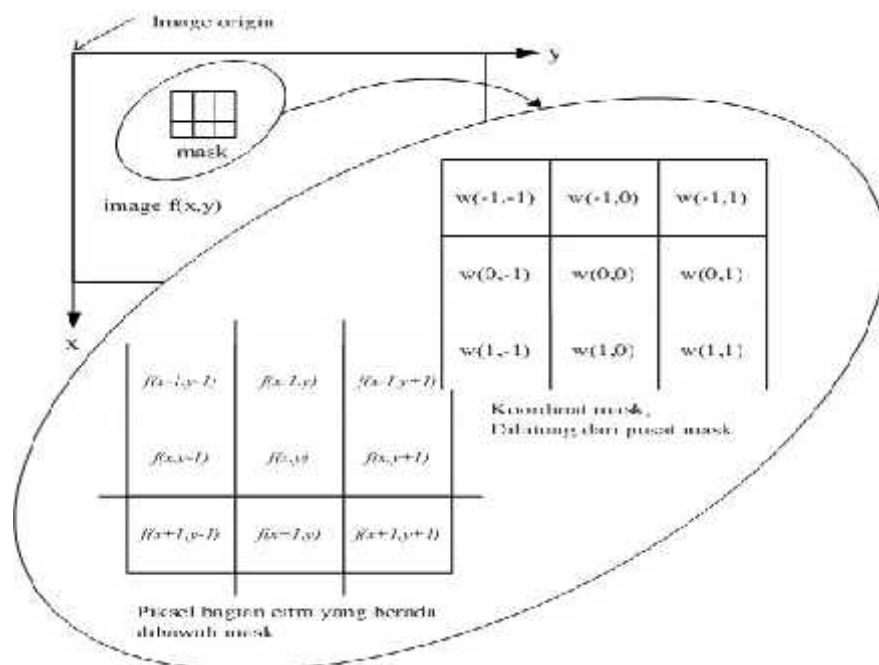
T = Titik yang akan diproses

Selain digunakannya matrix tetangga, teknik spatial filtering menggunakan sebuah matrix lagi yaitu matrix convolution (mask) yang ukurannya sama dengan matrix tetangga.

Proses teknik spatial filtering :

1. Lakukan penelusuran terhadap semua titik pada citra.
2. Rekam titik yang sedang diperiksa dan juga titik sekitarnya ke dalam matrix tetangga.
3. Isi matrix mask dengan angka (sesuai dengan jenis operasi yang ingin dilakukan).
4. Kalikan matrix tetangga dengan matrix mask secara sekalar ( $Output[x,y] = Neighbor[x,y] * Mask[x,y]$ ).
5. Jumlahkan seluruh isi sel matrix output. Hasil penjumlahan ini adalah intensitas/warna baru dari pixel yang sedang diproses.

Pada citra, konvolusi tidak dibatasi hanya 3 x 3, bisa ukuran lain. Ukuran 3 x 3 biasanya dipilih karena mempercepat proses konvolusi.



Gambar 2.14 Ilustrasi dari mekanisme filter spasial menggunakan window

3x3

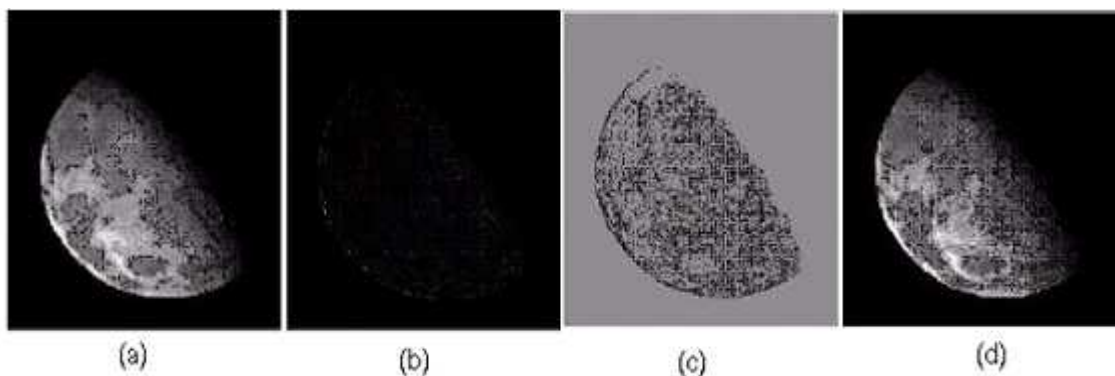
### 2.4.1 Sharpening Spasial Filter

Sharpening spasial filter digunakan untuk mendapatkan detail suatu citra atau meningkatkan detail citra yang sudah diblurkan karena kesalahan ataupun dampak metode akuisisi. Untuk proses penajaman ini dianalogikan dengan operasi diferensial.

Kekuatan respon operator derivatif adalah proporsional dengan derajat diskontinu suatu citra pada suatu titik dimana operasi diterapkan. Sehingga, citra diferensiasi adalah berkaitan dengan meningkatkan sisi dan diskontinu lainnya (noise) serta penurunan area dengan nilai variasi tingkat keabuan yang rendah.

Laplacian merupakan sharpening spasial filter dengan matriks marking sebagai berikut:

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



**Gambar 2.15 Ilustrasi transformasi Laplacian**

Gambar 2.15 menunjukkan proses transformasi Laplacian digunakan untuk memperjelas detail. Gambar (a) adalah citra asli, sedangkan gambar (b) setelah dilakukan filter laplacian, (c) skala dari hasil filter laplacian untuk memperjelas tampilan dan (d) adalah penjumlahan antara gambar asli (a) ditambah dengan gambar (b).

Dampak operator laplace dapat ditinjau dari sisi:

- a. Dampak operator derivative akan menjelaskan diskontinu tingkat keabuan pada suatu citra sehingga mengurangi perubahan pada suatu daerah dengan tingkat keabuan yang sedikit bervariasi.
- b. Cenderung menghasilkan citra yang garis sisi yang agak keabuan dan dikontinuitas lainnya serta superimposed pada suatu kegelapan. Selain itu juga menghasilkan latar belakang yang tidak memiliki fitur.

#### 2.4.2 Perhitungan Manual

Perhitungan dilakukan dengan konvolusi yaitu perkalian fungsi diskrit antara citra dari  $f(x,y)$  dan filter  $g(x,y)$  (pada bagian ini filter  $h(x,y)$  dimisalkan sebagai  $g(x,y)$ ).

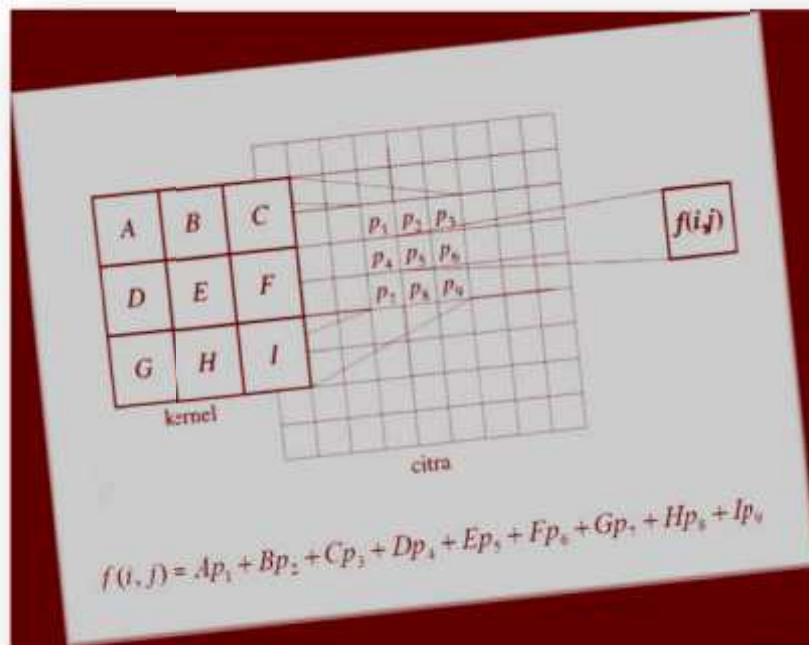
$$\mathcal{H}(x,y) = f(x,y) * g(x,y) \dots\dots\dots (2.20)$$

Dalam hal ini,  $h(x,y)$  disebut sebagai konvolusi dari  $f(x,y)$  dengan respon  $g(x,y)$ . Apabila  $g(x,y)$  adalah matriks berukuran 3x3,  $f(x,y)$  adalah piksel yang dikenai operasi beserta tetangganya, maka  $h(x,y)$  adalah hasil dari perhitungan dari persamaan berikut:

$$\mathcal{H}(x,y) = AP1 + BP2 + CP3 + DP4 + EP5 + FP6 + GP7 + HP8 + IP9\dots\dots (2.21)$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa titik pusat jendela konvolusi yang merupakan piksel yang akan dimodifikasi nilainya bersesuaian dengan titik E dan faktor pemberat A, B, C, D, E, ..., I pada matriks konvolusi adalah nilai dari  $g[-k,-l]$ , dengan  $k, l = -1, 0, +1$ . Dalam manipulasi citra untuk menghasilkan citra yang baru, konvolusi berarti komputasi dari jumlah pembobotan terhadap piksel-piksel pada citra. Maka respon  $g[x,y]$  dapat disebut juga cetakan konvolusi, karena hasil dari operasi konvolusi sangat tergantung pada  $g[x,y]$ . Setiap nilai piksel pada citra nilai  $h[i,j]$  dihitung dengan memetakan cetakan konvolusi ke piksel  $[i,j]$  dalam citra asal, kemudian ditambahkan kepada jumlah pembobotan piksel-piksel tetangganya dimana nilai pembobotan bersesuaian dengan cetakan konvolusi. menggunakan cetakan konvolusi 3x3. Untuk menjaga agar hasil perhitungan nilai intensitas yang baru tidak melebihi nilai maksimum yang dapat ditampung, maka faktor pembobot dari cetakan konvolusi (A, B, C, ..., I) merupakan bilangan-bilangan pecahan yang jumlahnya satu. Konvolusi bersifat invariant (lokasi piksel

tidak mempengaruhi hasil operasi), karena filter pembobotan yang digunakan sama pada seluruh bagian citra (Ahmad, Usman., 2005).



**Gambar 2.16** Ilustrasi konvolusi menggunakan matriks 3 x 3

## 2.5 Pengukuran Error Filtering Citra

Dalam filtering image terdapat suatu standar pengukuran error (galat) kualitas citra, yaitu besaran MSE dan PSNR. MSE dihitung antara citra original dengan citra yang telah di restorasi atau diperbaiki. Citra hasil sharpening dapat dibandingkan dengan citra original untuk mengetahui seberapa dekat kesamaan kedua citra dengan menggunakan parameter MSE. Semakin kecil nilai MSE antara kedua citra maka citra tersebut semakin mirip.. Meskipun performa metode filtering juga dapat diukur dengan teknik visual. Namun hasil pengukuran teknik visual setiap orang berbeda-beda.

Untuk menilai seberapa bagus hasil perbaikan citra, maka citra blur dan output filter akan dibandingkan dengan citra asli. Teknik pengukuran secara kuantitatif adalah mengukur seberapa banyak perbedaan nilai piksel demi piksel antara citra asli terhadap citra output dari filter tersebut. Semakin kecil perbedaan



nilai pikselnya, maka semakin baik kinerja filter yang dihasilkan, dan semakin bersih citra output filter tersebut dari noise.

Nilai error piksel demi piksel untuk citra dengan ukuran  $m \times n$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$Error_{x,y} = F_{x,y} - F'_{x,y} \dots\dots\dots (2.22)$$

Untuk memudahkan pengukuran, maka dibutuhkan satu angka penilaian, bukan dalam bentuk matriks  $Error(x,y)$ . Oleh karena itu, nilai error seluruh piksel dijumlahkan, mulai dari piksel pada posisi origin  $(x,y)=(1,1)$  sampai piksel terakhir  $(x,y)=(m,n)$ .

Karena adanya kecenderungan bahwa di satu posisi  $(x,y)$  nilai error bisa positif (citra output lebih tinggi derajat keabuannya daripada citra asli), dan di posisi lain nilai errornya bisa negatif, maka penjumlahan nilai error harus berupa nilai mutlak selisih, atau dalam bentuk square error (error kuadrat). Penggunaan square error lebih populer, sehingga kemudian dari seluruh piksel, dapat dihitung nilai error rata-rata setiap piksel (*mean square error*) antara  $F'$  (citra output filter) terhadap  $F$  (citra asli), dengan rumus sebagai berikut:

$$MSE_{F,F} = \frac{1}{m \times n} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (F_{x,y} - F'_{x,y})^2 \dots\dots\dots (2.23)$$

Untuk citra berwarna yang terdiri atas 3 dimensi (Red, Green, Blue), maka MSE menggunakan rumus yang sama dengan penambahan dimensi matriks  $z=3$ , sebagai berikut:

$$MSE_{F,F} = \frac{1}{m \times n \times 3} \sum_{z=1}^3 \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (F_{x,y,z} - F'_{x,y,z})^2 \dots\dots\dots (2.24)$$

Selain satuan ukuran MSE, satuan ukuran lainnya yang juga populer dan lebih banyak digunakan adalah PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dalam satuan logaritmik dB (decibel). PSNR adalah penurunan rumus MSE, yang mengukur berapa tingkat error dari skala puncak atau nilai terbesar derajat keabuan, yaitu 255. Sehingga pengukuran untuk PSNR adalah sebagai berikut:

$$PSNR = 20 \times \log_{10} \frac{\text{Nilai Max}}{MSE_{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2.25)$$

Semakin besar nilai PSNR, berarti semakin kecil error yang terjadi, dan semakin baik kualitas output filter yang dihasilkan. Semakin rendah PSNR, maka semakin buruk output filter yang dihasilkan. Nilai PSNR yang terendah pada pengukuran yang diharapkan dalam pengujian ini adalah PSNR dari citra yang terkena sharpening terhadap citra asli. Hasil nilai PSNR dibandingkan dengan mengacu pada tabel 2. sehingga dapat ditentukan parameter quality yang tepat untuk mendapatkan citra hasil sharpening yang baik

**Tabel 2. Nilai PSNR [[www.cctv-information.co.uk/constant2/sn\\_ratio.html](http://www.cctv-information.co.uk/constant2/sn_ratio.html)]**

Skor	PSNR(dB)	Picture Quality
5	60	Excellent, no noise apparent
4	50	Good, a small amount of noise but picture quality good
3	40	Reasonable, fine grain or snow in the picture, some fine detail lost
2	30	Poor picture with a great deal of noise
1	20	Unusable