

TUGAS MANDIRI
Pengantar Pengolahan Citra Digital

Mata Kuliah: Pengolahan Citra Digital



Nama Mahasiswa : Risdiyanto

NIM : 131510178

Kode Kelas : 132-TI28P-M2

Dosen : Tukino, S.Kom, M.SI

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
UNIVERSITAS PUTERA BATAM
TAHUN 2014

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas mandiri mata kuliah rekayasa perangkat lunak. Penulis menyadari bahwa laporan tugas mandiri ini masih jauh dari sempurna. Karena itu, kritik dan saran akan senantiasa penulis terima dengan senang hati.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari pula bahwa laporan tugas mandiri ini takkan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Tukino, S.Kom., M.SI selaku dosen mata kuliah pengolahan citra digital pada Program Studi Sistem Informasi Universitas Putera Batam/STMIK Putera Batam.
2. Dosen dan Staff Universitas Putera Batam/STMIK Putera Batam.
3. Teman-teman angkatan 2011 Program Studi Sistem Informasi

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan selalu mencurahkan hidayah serta taufikNya, Amin.

Batam, 12 Juni 2014

Risdiyanto

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii

1. Pendahuluan	4
a. Pengantar Pengolahan Citra.....	5
b. Pengenalan Dasar Citra	5
c. Operasi Piksel dan Histogram	5
d. Operasi Ketetanggaan Piksel.....	5
e. Operasi Geometrik.....	5
f. Pengolahan Citra di Kawasan Frekuensi	6
2. Pembahasan	7
3. Kesimpulan	15

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

PENDAHULUAN

1. Penagantar Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah salah satu cabang dari ilmu informatika. Pengolahan citra berfokus pada usaha untuk melakukan transformasi suatu citra/gambar menjadi citra lain dengan menggunakan teknik tertentu. Pengolahan citra merupakan bidang yang bersifat multidisiplin, yang terdiri dari banyak aspek, antara lain fisika, elektronika, matematika, seni dan teknologi komputer. Pengolahan citra (*image processing*) memiliki hubungan yang sangat erat dengan disiplin ilmu yang lain. Jika sebuah ilmu disiplin ilmu dinyatakan dengan bentuk proses suatu input menjadi output, maka pengolahan citra memiliki input berupa citra serta output juga berupa citra.

Secara umum, istilah pengolahan citra digital menyatakan “pemrosesan gambar berdimensi-dua melalui komputer digital” (Jain, 1989). Menurut Efford (2000), pengolahan citra adalah istilah umum untuk berbagai teknik yang keberadaannya untuk memanipulasi dan memodifikasi citra dengan berbagai cara. Foto adalah contoh gambar berdimensi dua yang bisa diolah dengan mudah. Setiap foto dalam bentuk citra digital (misalnya berasal dari kamera digital) dapat diolah melalui perangkat-lunak tertentu.

Pengolahan citra merupakan bagian penting yang mendasari berbagai aplikasi nyata, seperti pengenalan pola, penginderaan jarak-jauh melalui satelit atau pesawat udara, dan machine vision

Berbagai aplikasi pengolahan citra juga telah dilakukan di Indonesia. Beberapa contoh ditunjukkan berikut ini.

- Identifikasi sidik jari (Isnanto, dkk., 2007)
- Pencarian *database* orang melalui foto orang (Aribowo, 2009)

- Identifikasi kematangan buah tomat (Noor dan Hariadi, 2009)
- Identifikasi penyakit *Diabetes mellitus* melalui citra kelopak mata (Rachmad, 2009)
- Ekstraksi fitur motif batik (Mulaab, 2010)
- Identifikasi telapak tangan (Putra dan Erdiawan, 2010)

Berikut prinsip dasar dalam pengolahan citra:

1. Peningkatan kecerahan dan kontras

Citra yang diproses seringkali dalam keadaan terdistorsi atau mengandung derau, untuk kepentingan tertentu derau tersebut perlu dibersihkan terlebih dahulu. Dalam pengolahan citra metode yang dapat dipakai untuk keperluan tersebut salah satunya cara yang dilaksanakan melalui filter notch.

2. Penghilangan derau

Untuk kepentingan mengenali suatu objek di dalam citra, objek perlu dipisahkan terlebih dahulu dari latar belakangnya. Salah satu pendekatan yang umum dipakai untuk keperluan ini adalah penemuan batas objek. Dalam hal ini batas objek berupa bagian tepi objek. Setelah tepi objek diketahui pencarian ciri terhadap objek dapat dilaksanakan.

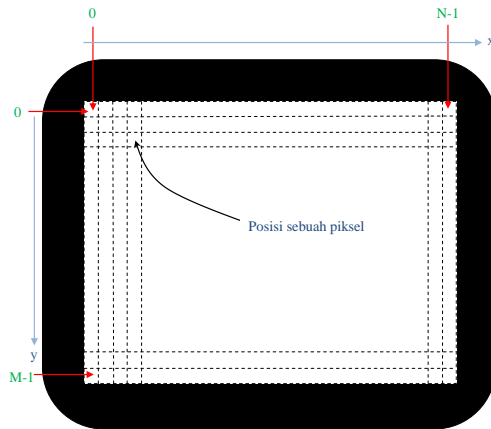
3. Pencarian bentuk objek

Untuk kepentingan mengenali suatu objek di dalam citra, objek perlu dipisahkan terlebih dahulu dari latar belakangnya. Salah satu pendekatan yang umum dipakai untuk keperluan ini adalah penemuan batas objek. Dalam hal ini batas objek berupa bagian tepi objek. Setelah tepi objek diketahui pencarian ciri terhadap objek dapat dilaksanakan.

2. Pengenalan Dasar Citra

2.1. Representasi Citra Digital

Citra digital dibentuk oleh kumpulan titik yang dinamakan piksel (*pixel* atau “picture element”). Setiap piksel digambarkan sebagai satu kotak kecil. Setiap piksel mempunyai koordinat posisi.



**Gambar 2.1 Sistem koordinat citra berukuran M x N
(M baris dan N kolom)**

Dengan sistem koordinat yang mengikuti asas pemindaian pada layar TV standar itu, sebuah piksel mempunyai koordinat berupa

(x, y)

Dalam hal ini,

- x menyatakan posisi kolom;
- y menyatakan posisi baris;
- piksel pojok kiri-atas mempunyai koordinat $(0, 0)$ dan piksel pada pojok kanan-bawah mempunyai koordinat $(N-1, M-1)$.

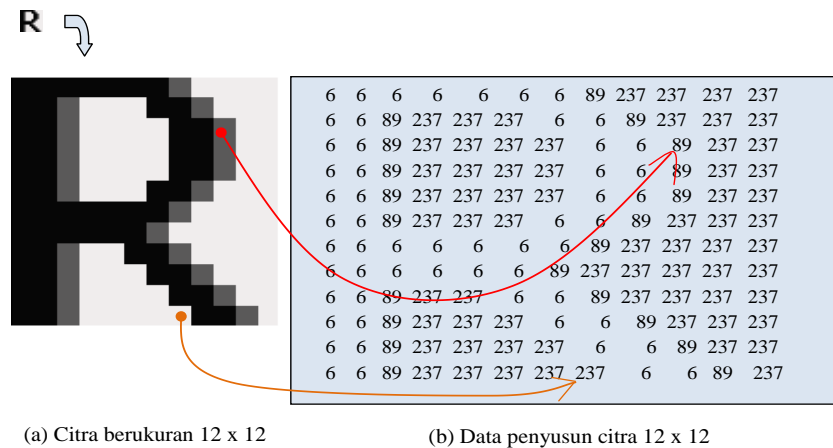
Dengan menggunakan notasi pada *Octave* dan *MATLAB*, citra dinyatakan dengan

$f(y, x)$

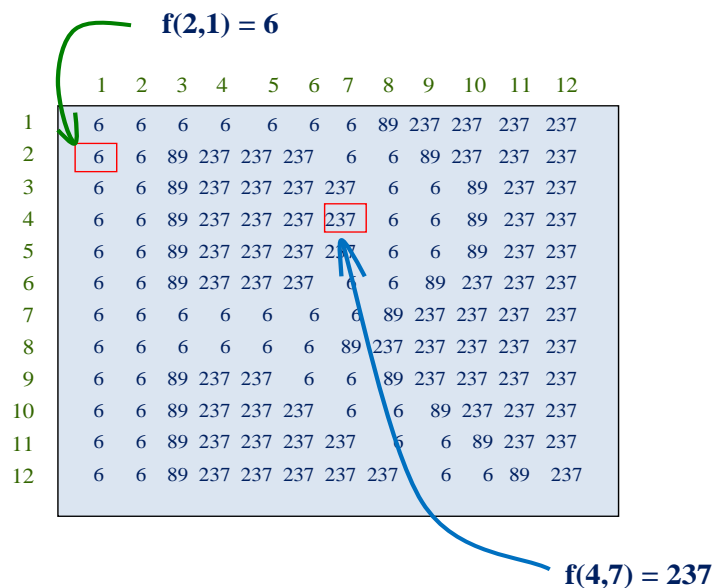
Sebagai contoh, citra yang berukuran 12x12 yang terdapat pada Gambar 2.2(a) memiliki susunan data seperti terlihat pada Gambar 2.2(b). Adapun Gambar 2.3 menunjukkan contoh penotasian $f(y,x)$. Berdasarkan gambar tersebut maka:

- $f(2,1)$ bernilai 6
- $f(4,7)$ bernilai 237

Pada citra berskala keabuan, nilai seperti 6 atau 237 dinamakan sebagai intensitas.



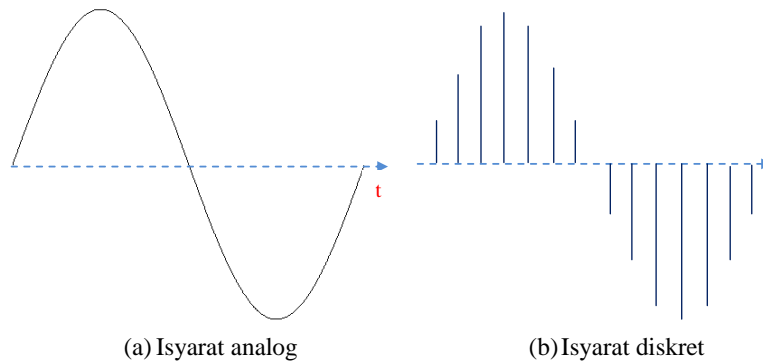
Gambar 2.2 Citra dan nilai penyusun piksel



Gambar 2.3 Notasi piksel dalam citra

2.2. Kuantisasi Citra

Kuantisasi adalah prosedur yang dipakai untuk membuat suatu isyarat yang bersifat kontinu ke dalam bentuk diskret. Untuk mempermudah pemahaman konsep ini, lihatlah Gambar 2.4. Gambar 2.4(a) menyatakan isyarat analog menurut perjalanan waktu t , sedangkan Gambar 2.4(b) menyatakan isyarat diskret.



Gambar 2.4 Perbandingan isyarat analog dan isyarat diskret

Untuk beberapa keperluan tertentu, jumlah gradasi intensitas saling berbeda. Tabel 2.1 memberikan lima contoh untuk citra beraras keabuan dan Tabel 2.2 menunjukkan empat contoh penggunaan citra berwarna (RGB). Perhatikan bahwa jumlah gradasi juga bisa dinyatakan dalam jumlah digit biner atau bit 0 dan 1 sebagai sandi digital per piksel.

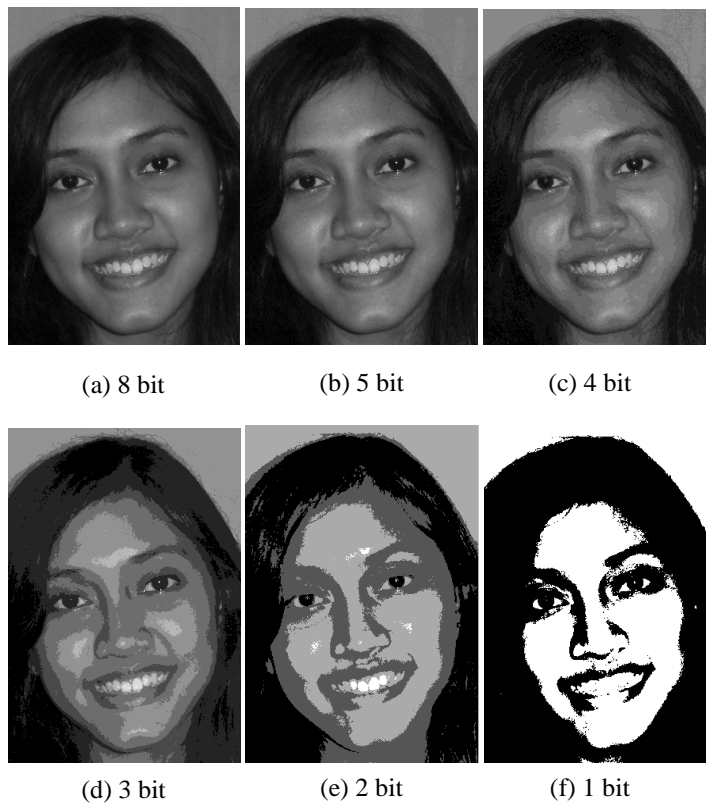
Tabel 2.1 Jangkauan nilai pada citra keabuan

Komponen warna	Bit per Piksel	Jangkauan	Penggunaan
1	1	0-1	Citra biner: dokumen faksimili
	8	0-255	Umum: foto dan hasil pemindai
	12	0-4095	Kualitas tinggi: foto dan hasil pemindai
	14	0-16383	Kualitas profesional: foto dan hasil pemindai
	16	0-65535	Kualitas tertinggi: citra kedokteran dan astronomi

Tabel 2.2 Jangkauan nilai pada citra berwarna

Komponen Warna	Bit per Piksel	Jangkauan	Penggunaan
3	24	0-1	RGB umum
	36	0-4095	RGB kualitas tinggi
	42	0-16383	RGB kualitas profesional
4	32	0-255	CMYK (cetakan digital)

Dalam pengolahan citra, kuantisasi aras intensitas menentukan kecermatan hasilnya. Dalam praktik, jumlah aras intensitas piksel dapat dinyatakan dengan kurang dari 8 bit. Contoh pada Gambar 2.6 menunjukkan citra yang dikuantisasi dengan menggunakan 8, 5, 4, 3, 2, dan 1 bit.



Gambar 2.6 Kuantisasi citra dengan menggunakan berbagai bit

2.3. Kualitas Citra

Disamping cacah intensitas citra, jumlah piksel yang digunakan untuk menyusun suatu citra mempengaruhi kualitas citra. Istilah resolusi citra biasanya dinyatakan dengan jumlah piksel pada arah lebar dan tinggi. Resolusi piksel dinyatakan dengan notasi $m \times n$ dengan m menyatakan tinggi dan n menyatakan lebar dalam jumlah piksel.

Pada kuantisasi dengan satu bit, jumlah level sebanyak 2, jumlah level sebanyak $2 = 2^1$ oleh karena itu warna yang muncul berupa hitam dan putih saja. Resolusi spasial ditentukan oleh jumlah piksel per satuan panjang. Istilah seperti dpi (dot per inch) menyatakan jumlah piksel per inci. Misalnya, citra 300 dpi menyatakan bahwa citra akan dicetak dengan jumlah piksel sebanyak 300 sepanjang satu inci. Berdasarkan hal itu, maka citra dengan resolusi ruang spasial sebesar 300 dpi dicetak di kertas dengan ukuran lebih kecil daripada yang mempunyai resolusi ruang sebesar 150 dpi, meskipun kedua gambar memiliki resolusi piksel yang sama.

2.4. Mengenal Jenis Citra

Ada tiga jenis citra yang umum yang digunakan dalam pemrosesan citra yaitu citra berwarna, citra berskala keabuan dan citra biner.

a. Citra berwarna

Citra berwarna atau dinamakan citra RGB, merupakan jenis citra yang menyajikan warna dalam bentuk komponen R(merah), G(hijau), B(biru). Setiap komponen warna menggunakan 8bit nilainya berkisar 0 sampai 255. sehingga kemungkinan warna yang dapat disajikan $255 \times 255 \times 255 = 16.581.375$ warna.

b. Citra berskala keabuan

Sesuai dengan nama yang melekat, jenis citra ini menangani gradasi warna hitam dan putih, yang tentu saja menghasilkan efek abu-abu. Pada jenis gambar ini warna dinyatakan dengan intensitas. Dalam hal ini intensitas antara 0 – 255. dan nilai 0 menyatakan hitam dan nilai 255 menyatakan putih.

c. Citra Biner

Citra biner adalah citra dengan setiap piksel hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan(yaitu 0 dan 1) . Nilai 0 menyatakan hitam dan nilai 1 menyatakan putih

3. Operasi Piksel dan Histogram

3.1. Operasi Piksel

Pada pengolahan citra terdapat istilah operasi piksel atau kadang disebut operasi piksel-ke-piksel. Operasi piksel adalah operasi pengolahan citra yang memetakan hubungan setiap piksel yang bergantung pada piksel itu sendiri. Jika $f(y, x)$ menyatakan nilai sebuah piksel pada citra f dan $g(y, x)$ menyatakan piksel hasil pengolahan dari $f(y, x)$, hubungannya dapat dinyatakan dengan

$$g(y,x)=T(f(y,x))$$

Dalam hal ini, T menyatakan fungsi atau macam operasi yang dikenakan terhadap piksel $f(y, x)$. Model operasi inilah yang akan dibahas di bab ini, termasuk pembahasan pengolahan citra berbasis histogram.

3.2. Menggunakan Histogram Citra

Histogram citra merupakan diagram yang menggambarkan frekuensi setiap nilai intensitas yang muncul di seluruh piksel citra. Nilai yang besar menyatakan bahwa piksel-piksel yang mempunyai intensitas tersebut sangat banyak.

Pada citra berskala keabuan, jumlah aras keabuan (biasa disimbolkan dengan L) sebanyak 256. Nilai aras dimulai dari 0 hingga 255. Adapun histogram untuk suatu aras dinyatakan dengan $hist(k+1)$ dengan k menyatakan nilai aras (0 sampai dengan $L-1$). Jadi, $hist(k+1)$ menyatakan jumlah piksel yang bernilai k . Penggunaan $k+1$ pada $hist$ diperlukan mengingat dalam

Octave dan MATLAB tidak ada indeks nol atau $\text{hist}(0)$. Cara menghitung $\text{hist}(k+1)$ ditunjukkan pada algoritma berikut.

3.3. Meningkatkan Kecerahan

Operasi dasar yang sering dilakukan pada citra adalah peningkatan kecerahan (brightness). Operasi ini diperlukan dengan tujuan untuk membuat gambar menjadi lebih terang.

Secara matematis, peningkatan kecerahan dilakukan dengan cara menambahkan suatu konstanta terhadap nilai seluruh piksel. Misalkan, $f(y, x)$ menyatakan nilai piksel pada citra berskala keabuan pada koordinat (y, x) . Maka, citra baru

$$g(y, x) = f(y, x) + \beta$$

(3.2)

telah meningkat nilai kecerahan semua pikselnya sebesar β terhadap citra asli $f(y, x)$. Apabila β berupa bilangan negatif, kecerahan akan menurun atau menjadi lebih gelap.

3.4. Meregangkan Kontras

Kontras dalam suatu citra menyatakan distribusi warna terang dan warna gelap. Suatu citra berskala keabuan dikatakan memiliki kontras rendah apabila distribusi warna cenderung pada jangkauan aras keabuan yang sempit. Sebaliknya, citra mempunyai kontras tinggi apabila jangkauan aras keabuan lebih terdistribusi secara melebar. Kontras dapat diukur berdasarkan perbedaan antara nilai intensitas tertinggi dan nilai intensitas terendah yang menyusun piksel-piksel dalam citra.

3.5. Kombinasi Kecerahan dan Kontras

Operasi peningkatan kecerahan dan peregangkan kontras dapat dilakukan sekaligus untuk kepentingan memperbaiki citra. Secara umum, gabungan kedua operasi tersebut dapat ditulis menjadi

$$g(y,x) = \alpha f(y,x) + \beta$$

3.6. Membalik Citra

Bila pernah melihat film hasil kamera analog, gambar yang terekam dalam film tersebut berkebalikan dengan foto saat dicetak, yang dikenal sebagai film negatif. Citra seperti ini biasa digunakan pada rekam medis; misalnya hasil fotografi rontgen. Hubungan antara citra dan negatifnya untuk yang beraras keabuan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$g(y,x) = 255 - f(y,x)$$

3.7. Pemetaan Nonlinear

Dalam pengolahan citra, terkadang diperlukan pemetaan intensitas piksel yang tidak menggunakan cara linear seperti yang telah dibahas, melainkan menggunakan pendekatan nonlinear. Kalau suatu citra berisi bagian yang cerah dan bagian yang gelap yang cukup ekstrem, akan lebih baik kalau digunakan cara nonlinear.

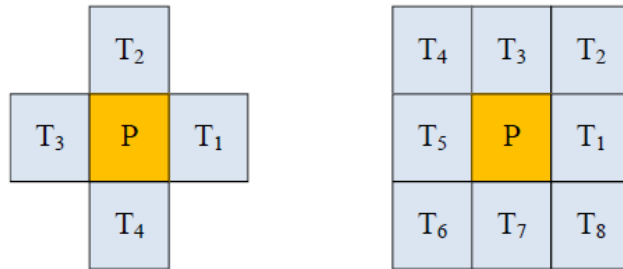
4. Operasi Ketetanggaan Piksel

4.1 Pengertian Operasi Ketetanggaan Piksel

Operasi ketetanggaan piksel adalah operasi pengolahan citra untuk mendapatkan nilai suatu piksel yang melibatkan nilai piksel-piksel tetangganya. Hal ini didasarkan kenyataan bahwa setiap piksel pada umumnya tidak berdiri sendiri, melainkan terkait dengan piksel tetangga, karena merupakan bagian suatu objek tertentu di dalam citra.

4.2 Pengertian Ketetanggaan Piksel

Ketetanggaan piksel yang umum dipakai adalah 4-ketetanggaan dan 8-ketetanggaan. Untuk memahami dua jenis ketetanggaan piksel, lihat Gambar dibawah ini :



4.3 Aplikasi Ketetanggaan Piksel pada Filter

Sebagai filter atau tapis, operasi ketetanggaan piksel berfungsi untuk menyaring atau paling tidak mengurangi gangguan atau penyimpangan pada citra.

4.3.1 Filter Batas

Filter batas adalah filter yang dikemukakan dalam Davies (1990). Idenya adalah mencegah piksel yang intensitasnya di luar intensitas piksel-piksel tetangga.

4.3.2 Filter Pererataan

Filter pererataan (Costa dan Cesar, 2001) dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$g(y, x) = \frac{1}{9} \sum_{p=-1}^1 \sum_{q=-1}^1 f(y + p, x + q)$$

4.3.3 Filter Median

Filter median sangat populer dalam pengolahan citra. Filter ini dapat dipakai untuk menghilangkan derau bintik-bintik. Nilai yang lebih baik digunakan untuk suatu piksel ditentukan oleh nilai median dari setiap piksel dan kedelapan piksel tetangga pada 8-ketetanggaan. Secara matematis, filter dapat dinotasikan seperti berikut :

$$g(y, x) = \text{median}(\begin{aligned} &f(y - 1, x - 1), f(y - 1, x), f(y - 1, x + 1), \\ &f(y, x - 1), f(y, x), f(y, x + 1), \\ &f(y + 1, x - 1), f(y + 1, x), f(y + 1, x + 1)) \end{aligned})$$

4.4 Pengertian Konvolusi

Konvolusi seringkali dilibatkan dalam operasi ketetanggaan piksel. Konvolusi pada citra sering disebut sebagai konvolusi dua-dimensi (konvolusi 2D). **Konvolusi 2D** didefinisikan sebagai proses untuk memperoleh suatu piksel didasarkan pada nilai piksel itu sendiri dan tetangganya, dengan melibatkan suatu matriks yang disebut **kernel** yang merepresentasikan pembobotan. Wujud kernel umumnya bujur sangkar, tetapi dapat pula berbentuk persegi panjang.

Kernel konvolusi terkadang disebut dengan istilah **cadar**, cadar konvolusi, atau cadar spasial.

Secara umum, proses penapisan di kawasan ruang (*space domain*), sebagai alternatif di kawasan frekuensi, dilaksanakan melalui operasi konvolusi. Operasi ini dilakukan dengan menumpangkan suatu jendela (kernel) yang berisi angka-angka pengali pada setiap piksel yang ditimpali. Kemudian, nilai rerata diambil dari hasil-hasil kali tersebut. Khusus bila

angka-angka pengali tersebut semua adalah 1, hasil yang didapat sama saja dengan filter pererataan.

4.5 Problem pada Konvolusi

Problem konvolusi pada piksel yang tidak mempunyai tetangga lengkap dibahas pada beberapa literatur (Efford, 2000 dan Heijden, 2007; Burger dan Burge, 2008). Untuk mengatasi keadaan seperti itu, terdapat beberapa solusi.

- Abaikan piksel pada bagian tepi.

Sebagai konsekuensinya, citra yang tidak mengalami konvolusi maka diisi dengan nol atau diisi sesuai nilai pada citra asal. Alternatif lain bagian yang tidak diproses tidak diikutkan dalam citra hasil. Akibatnya, ukuran citra hasil mengecil.

- Buat baris tambahan pada bagian tepi.

Baris dan kolom ditambahkan pada bagian tepi sehingga proses konvolusi dapat dilaksanakan. Dalam hal ini, baris dan kolom baru diisi dengan nilai 0.

- Ambil bagian yang tidak punya pasangan dengan bagian lain dari citra.

Indeks melingkar dilaksanakan dengan mengambil data pada posisi di seberang citra, sedangkan indeks tercermin diambilkan dari baris / kolom yang ada di dekatnya. Dua cara yang lain yang diilustrasikan yaitu :

- mengisi dengan citra pada bagian tepi (baik baris tepi maupun kolom tepi)
- melakukan penggulungan secara periodis.

4.6 Mempercepat Komputasi pada Konvolusi

Suatu kernel dapat diperiksa dengan mudah untuk menentukan dapat tidaknya matriks diubah ke bentuk perkalian dua vektor. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan fungsi **rank**. Hasil fungsi ini berupa 1 kalau matriks dapat didekomposisi menjadi dua buah vektor.

Suatu kernel yang mempunyai *rank* dengan nilai 1 dapat didekomposisi menjadi dua vektor dengan menggunakan fungsi **svd**.

Tabel Perbandingan waktu komputasi konvolusi untuk berbagai ukuran kernel

Fungsi	3x3	5x5	7x7	9x9	11x11	13x13
konvolusi2.m	3,74	4,20	4,86	5,56	6,37	7,71
konvolusi3.m	3,53	3,61	3,62	3,62	3,62	3,71
conv2.m	0,02	0,03	0,04	0,18	0,08	0,10

4.7 Pengertian Frekuensi

Istilah frekuensi berkonotasi punya kaitan dengan waktu. Citra dikatakan memiliki frekuensi spasial. Definisi di Wikipedia menyatakan bahwa **frekuensi spasial** adalah karakteristik sebarang struktur yang bersifat periodis sepanjang posisi dalam ruang. **Frekuensi spasial** adalah ukuran seberapa sering struktur muncul berulang dalam satu satuan jarak. Frekuensi spasial pada citra menunjukkan seberapa sering suatu perubahan aras keabuan terjadi dari suatu posisi ke posisi berikutnya.

Pada citra berfrekuensi tinggi, perubahan aras sering terjadi seiring dengan pergeseran jarak.

4.8 Filter Lolos-Rendah

Filter lolos-bawah (*low-pass filter*) adalah filter yang mempunyai sifat dapat meloloskan yang berfrekuensi rendah dan menghilangkan yang berfrekuensi tinggi. Efek filter ini membuat perubahan aras keabuan menjadi lebih lembut. Filter ini berguna untuk menghaluskan derau atau untuk kepentingan interpolasi tepi objek dalam citra.

Operasi penapisan lolos-bawah dilaksanakan melalui konvolusi atau tanpa konvolusi. Efek pengaburan citra dapat ditingkatkan dengan menaikkan ukuran kernel. Rahasia kernel yang digunakan untuk keperluan mengaburkan citra seperti berikut :

- Tinggi dan lebar kernel ganjil.
- Bobot dalam kernel bersifat simetris terhadap piksel pusat.
- Semua bobot bernilai positif.
- Jumlah keseluruhan bobot sebesar satu.

4.9 Filter Lolos-Tinggi

Filter lolos-tinggi adalah filter yang ditujukan untuk melewatkan frekuensi tinggi dan menghalangi yang berfrekuensi rendah. Hal ini biasa dipakai untuk mendapatkan tepi objek dalam citra atau menajamkan citra.

Filter lolos-tinggi mempunyai sifat yaitu jumlah seluruh koefisien adalah nol. Selain itu terdapat sifat sebagai berikut (Efford, 2000) :

- Apabila dikenakan pada area dengan perubahan aras keabuan yang lambat (frekuensi rendah), hasil berupa nol atau nilai yang sangat kecil.
- Apabila dikenakan pada area yang perubahan aras keabuannya cepat (frekuensi tinggi), hasil konvolusi bernilai sangat besar.

Rahasia kernel yang digunakan untuk keperluan mendeteksi tepi seperti berikut (Oliver, dkk., 1993) :

- Tinggi dan lebar kernel ganjil.
- Bobot dalam kernel bersifat simetris terhadap piksel pusat.
- Bobot pusat kernel bernilai positif.
- Bobot tetangga pusat kernel bernilai negatif (dapat menggunakan 4-ketetanggan atau 8 ketetanggaan).
- Jumlah keseluruhan bobot sebesar satu.

4.10 Filter High-Boost

Filter “high boost” (Efford, 2000) dapat digunakan untuk menajamkan citra melalui konvolusi. Kernel yang dapat dipakai adalah kernel filter lolos-tinggi dengan nilai di pusat diisi dengan nilai yang lebih besar dari pada nilai pada posisi tersebut untuk filter lolos-tinggi.

Rahasia kernel yang digunakan untuk keperluan menajamkan citra seperti berikut :

- Tinggi dan lebar kernel gasal.
- Bobot dalam kernel bersifat simetris terhadap piksel pusat.
- Bobot pusat kernel bernilai positif.
- Bobot di sekeliling pusat kernel bernilai negatif (dapat menggunakan 4-ketetanggaan atau 8 ketetanggaan).
- Jumlah keseluruhan bobot lebih besar satu.

- Bobot terbesar terletak di pusat kernel.

4.11 Efek *Emboss*

Nilai negatif dan positif yang berpasangan menentukan perubahan kecerahan yang berefek pada penggambaran garis gelap atau terang,

Rahasia pembuatan *emboss* terletak pada kernel konvolusi dengan sifat seperti berikut (Oliver, dkk., 1993).

- Tinggi dan lebar kernel gasal.
- Bobot dalam kernel bersifat tidak simetris terhadap piksel pusat.
- Bobot pusat kernel bernilai nol.
- Jumlah keseluruhan bobot bernilai nol.

4.12 Pengklasifikasian Filter Linear dan Nonlinear

Filter disebut sebagai filter linear jika dalam melakukan penapisan melibatkan piksel dengan cara linear. Contoh filter linear yaitu filter pererataan. Filter-filter linear yang lain:

- filter *Gaussian*
- filter tepi *Mexico (Laplacian)*

Kelemahan filter linear, terutama ketika dipakai untuk konvolusi citra atau penghilangan derau, yaitu membuat struktur citra yang meliputi titik, tepi, dan garis ikut terkaburkan dan kualitas citra keseluruhan menurun (Burger dan Burge, 2008). Kelemahan seperti ini dapat diatasi menggunakan filter nonlinear.

Filter nonlinear adalah filter yang bekerja tidak memakai fungsi linear. Filter batas dan filter median merupakan contoh filter nonlinear.

4.13 Filter *Gaussian*

Filter *Gaussian* tergolong sebagai filter lolos-rendah yang didasarkan pada fungsi *Gaussian*. Model dua dimensinya berupa:

$$G(y, x) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

5. Operasi Geometrik

5.1 Pengantar Operasi Geometrik

Operasi geometrik adalah operasi pada citra yang dilakukan secara geometris seperti translasi, rotasi, dan penyekalaan. Pada operasi seperti ini terdapat pemetaan geometrik, yang menyatakan hubungan pemetaan antara piksel pada citra masukan dan piksel pada citra keluaran. Secara prinsip, terdapat dua cara yang dapat dipakai. Pertama yaitu pemetaan ke depan dan kedua berupa pemetaan ke belakang.

Interpolasi bilinear yaitu linear di arah vertikal dan mendatar.

5.2 Menggeser Citra

Penggeseran citra ke arah mendatar atau vertikal dapat dilaksanakan dengan mudah. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$x_{baru} = x_{lama} + s^x$$

$$y_{baru} = y_{lama} + s^y$$

5.3 Memutar Citra

Suatu citra dapat diputar dengan sudut θ seiring arah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam dengan pusat putaran pada koordinat (0,0). Adapun rumus yang digunakan untuk memutar citra dengan sudut θ berlawanan arah jam berupa:

$$x_{baru} = x * \cos(\theta) - y * \sin(\theta)$$

$$y_{baru} = y * \cos(\theta) + x * \sin(\theta)$$

5.4 Interpolasi Piksel

Penggunaan fungsi **round** (pembulatan ke atas) merupakan upaya untuk menggunakan intensitas piksel terdekat. Alternatif lain dilakukan dengan menggunakan **floor** (pembulatan ke bawah). Jika ukuran piksel, yaitu di bawah ukuran kepekaan mata pemandang, spek zig-zag tidak akan terlihat. Namun, bila pemutaran citra terjadi berulang secara serial, cacat gerigi akan membesar.

Selain **bilinear interpolation**, sebenarnya terdapat beberapa cara untuk melakukan interpolasi. Dua cara lain yang populer yaitu **bicubic interpolation**, yang menggunakan 16 piksel tetangga untuk memperoleh interpolasi intensitas piksel dan **bikuadratik** yang melibatkan 9 piksel terdekat.

5.5 Memutar Berdasarkan Sebarang Koordinat

Operasi pemutaran citra dapat dilakukan dengan pusat di mana saja; tidak harus dari (0, 0).

Rumus untuk melakukan pemutaran berlawanan arah jarum jam sebesar θ , yaitu sebagai berikut :

$$x_{baru} = (x - n) * \cos(\theta) + (y - m) * \sin(\theta) + n$$

$$y_{baru} = (y - m) * \cos(\theta) - (x - n) * \sin(\theta) + m$$

5.6 Memutar Citra Secara Utuh

Untuk keperluan ini, ukuran citra hasil pemutaran harus diubah sesuai dengan sudut putaran. Adapun lebar dan tinggi gambar hasil pemutaran dengan menghitung nilai terkecil dan terbesar dari koordinat keempat pojok hasil pemutaran.

5.7 Memperbesar Citra

Suatu citra dapat diperbesar dengan membuat setiap piksel menjadi beberapa piksel.

5.8 Memperkecil Citra

Bagaimana kalau ingin memperkecil citra?

Secara prinsip, pengecilan citra berarti mengurangi jumlah piksel.

5.9. Perbesaran dengan Skala Vertikal dan Horizontal Berbeda

Fungsi perbesar dan perbesar2 dapat digunakan untuk melakukan perbesaran/pengecilan dengan skala horizontal dan vertikal yang berbeda.

5.10. Pencerminkan Citra

Pencerminkan yang umum dilakukan berupa pencerminan secara vertikal dan pencerminan secara horizontal. Pencerminkan secara horizontal dilakukan dengan menukarkan dua piksel yang berseberangan kiri-kanan. Dibeberapa *software*, pencerminan secara horizontal justru dinamakan **vertical flip**.

5.11. Transformasi *Affine*

Transformasi *affine* adalah transformasi linear yang menyertakan penskalaan, pemutaran, penggeseran, dan *shearing* (pembengkokan). Dapat dituliskan seperti dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

5.12 Efek *Ripple*

Efek *ripple* (riak) adalah aplikasi transformasi citra yang membuat gambar terlihat bergelombang. Efek riak dapat dibuat baik pada arah x maupun y. Transformasinya seperti berikut:

$$x = x' + a_x \sin \frac{2\pi y'}{T_x}$$
$$y = y' + a_y \sin \frac{2\pi x'}{T_y}$$

Dalam hal ini, a_x dan a_y menyatakan amplitudoriak gelombang sinus, sedangkan T_x dan T_y menyatakan periode gelombang sinus.

5.13 Efek *Twirl*

Transformasi *twirl* (olak atau puntiran) dilakukan dengan memutar citra berdasarkan titik pusat citra, tetapi tidak bersifat linear. Salah satu varian bentuk transformasinya, yang diadaptasi dari Burger & Burge (2008), sebagai berikut:

$$x' = x_c + r \cos(\beta)$$
$$y' = y_c + r \sin(\beta)$$

dengan

$$r = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2}$$

$$\beta = \text{ArcTan}(d_y, d_x) + \alpha(r_{maks} - r)/r_{maks}$$

5.14 Transformasi Spherical

Transformasi *spherical* memberikan efek bulatan (bola), seperti melihat gambar menggunakan lensa pembesar.

$$x' = \begin{cases} x - z * \tan(b_x), & \text{jika } r \leq r_{maks} \\ x, & \text{jika } r > r_{maks} \end{cases}$$

5.15 Transformasi bilinear

Transformasi bilinear mempunyai fungsi pemetaan seperti berikut:

$$x' = a_1x + a_2y + a_3xy + a_4$$

$$y' = b_1x + b_2y + b_3xy + b_4$$

6. Pengolahan Citra di Kawasan Frekuensi

6.1 Pengolahan Citra di Kawasan Spasial dan Kawasan Frekuensi

- Dalam bahasa Indonesia, istilah lain yang identik dengan transformasi adalah **alihragam**.
- Adanya pasangan alihragam dan alihragam-balik tentu saja menambah beban komputasi.

Salah satu alihragam yang biasa dipakai di kawasan frekuensi adalah **alihragam *Fourier***.

Salah satu alihragam yang biasa dipakai di kawasan frekuensi adalah alihragam *Fourier*. Sejak algoritma alihragam *Fourier* ditemukan, telah bermunculan pula macam-macam alihragam yang lain, seperti transformasi gelombang-singkat (*wavelet*), transformasi Radon, dan DCT (*Discrete Cosine Transform*).

6.2 Alihragam Fourier

Alihragam Fourier (*Fourier transform*) merupakan salah satu jenis alihragam ke kawasan frekuensi yang banyak dipakai pada pengolahan citra. Alihragam ini dimanfaatkan untuk memetakan citra dari kawasan spasial ke dalam kawasan frekuensi. Disamping untuk melihat karakteristik spektrum citra, juga menjadi bagian pemrosesannya.

Berdasarkan temuan ahli fisika dari Prancis bernama Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), semua fungsi yang bersifat periodis, betapapun kompleks fungsi tersebut, dapat dinyatakan sebagai penjumlahan sinusoid. Kuncinya terletak pada komposisi amplitud dan fase sinus setiap frekuensi. Begitu pula pada citra.

6.3 *Fourier 1-D*

Penerapan Discrete Fourier Transform (DFT) atau alihragam Fourier diskret pada citra berdimensi satu disajikan pada pembahasan berikut :

$$F(u) = (F(0), F(1), F(2), F(3), F(4), \dots, F(N-1))$$

6.4 Fourier 2-D

Suatu citra diskret berdimensi dua $f(x, y)$ dapat dinyatakan sebagai deret Fourier, yang dituliskan seperti berikut:

$$F(u, v) = \sum_{y=0}^{M-1} \sum_{x=0}^{N-1} f(x, y) \left(\cos \left(2\pi \left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{M} \right) \right) - j \sin \left(2\pi \left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{M} \right) \right) \right)$$

6.5 Fast Fourier Transform

Suatu metode bernama FFT (*Fast Fourier Transform*) dibuat untuk mempercepat komputasi alihragam *Fourier*. Cara melakukan komputasi dengan FFT dijabarkan oleh Cooley, dkk.(1969). Implementasi dengan Octave berupa fungsi **fft** dan **fft2**.

6.6 Visualisasi Pemrosesan FFT

Kegunaan fungsi **fftshift** adalah untuk mengatur agar komponen frekuensi nol diletakkan di tengah-tengah spektrum.

6.7 Penapisan pada Kawasan Frekuensi

Konvolusi pada kawasan frekuensi dapat dilakukan dengan mengalikan $F(v, u)$ dengan $H(v, u)$ (Gonzalez, dkk., 2004). Dalam hal ini, $H(v, u)$ dinamakan sebagai **fungsi transfer filter** dan diperoleh melalui pengenaan DFT terhadap $h(y, x)$, yang merupakan kernel konvolusi pada kawasan spasial.

Satu hal yang perlu diperhatikan pada kawasan frekuensi, penapisan dapat menimbulkan problem akibat konvolusi. Problem yang dimaksud dikenal dengan nama *wraparound error* atau *spatial aliasing error* (Bovik, 2009). Hal ini disebabkan pada kawasan frekuensi terdapat fungsi periodis (yang berulang setelah jarak tertentu) yang membuat gambar akan diulang (seperti efek pengubinan) dan akibatnya membuat interferensi pada konvolusi.

6.8 Filter Lolos-Rendah

Filter lolos-bawah (*low-pass filter*) adalah filter yang mempunyai sifat dapat meloloskan yang berfrekuensi rendah dan menghilangkan yang berfrekuensi tinggi. Efek filter ini membuat perubahan level keabuan menjadi lebih lembut. Filter ini berguna untuk menghaluskan derau atau untuk kepentingan interpolasi tepi objek dalam citra.

Jenis filter lolos-rendah pada kawasan frekuensi yang paling sederhana adalah yang dinamakan **ILPF (*Ideal Low Pass Filter*)**.

BLPF (*Butterworth low pass filter*) merupakan jenis filter lolos-rendah yang digunakan untuk memperbaiki efek bergelombang yang dikenal dengan sebutan *ringing*, yang diakibatkan oleh ILPF.

6.9 Filter Lolos-Tinggi

Filter lolos-tinggi adalah filter yang ditujukan untuk menekan frekuensi rendah hingga frekuensi tertentu dan meloloskan frekuensi lainnya

6.10 Pemfilteran dengan Pendekatan High Frequency Emphasis

Penerapan filter lolos-tinggi menimbulkan efek berupa hilangnya latar belakang. Hal ini disebabkan pemfilteran dengan cara tersebut menghilangkan komponen DC ($F(0,0)$). untuk mengatasi hal itu, terdapat pendekatan yang dinamakan pemfilteran *high frequency emphasis* (HFE). Dalam hal ini, penonjolan frekuensi tinggi diatur melalui rumus:

$$H_{hfe}(v, u) = a + bH_{lt}(v, u)$$

Dalam hal ini :

- Hlt adalah fungsi transfer filter lolos-tinggi;
- a adalah nilai offset, sebagai penambah nilai rerata intensitas;
- b adalah nilai pengali, untuk meningkatkan kontras.

BAB 2

PEMBAHASAN

2.1 Membaca, menampilkan dan menyimpan citra

Contoh program :

```
%membaca citra
a = imread('D:\Photo\batam.jpg');
b = imread('D:\Photo\obama.jpg');
%menampilkan citra figure(1);
subplot(2,2,1); imshow(a);
subplot(2,2,2); imshow(b);
```

Output yang dihasilkan :



2.2 Operasi piksel histogram citra

Contoh program:

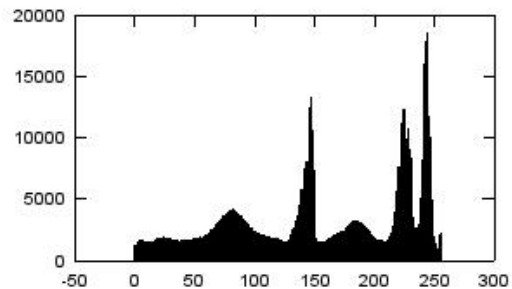
```
%membuat histogram
function histo (f)
[sumbu_x, sumbu_y]=size(f);
f=double(f);
Histog=zeros(256, 1);
for x=1 : sumbu_x
for y=1 : sumbu_y
Histog(f(x, y)+1) = ...
Histog(f(x, y)+1) + 1;
```

```

end
end
% tampilkan dalam bentuk diagram batang
Horis = (0:255');
bar(Horis, Histog);
endfunction
%membaca citra
f = imread('D:\Photo\batam.jpg');
%menampilkan citra
figure(1);
subplot (3,2,1); imshow(f);
subplot (3,2,2); histo(f);
%menyimpan citra
imwrite(f, 'D:\Photo\batamhasil.jpg');
imhist(f);

```

Output yang dihasilkan :



2.3 Kecerahan, kontras, citra negative dan menyimpan citra

Contoh program

```

%membaca citra
a = imread('D:\Photo\obama.jpg');
b = imread('D:\Photo\obama.jpg');
%mengolah citra untuk gambar 1
k1 = a + 70;
p1 = 2.3 * a;
bw1 = a(:,:,1);
%mengolah citra untuk gambar 2

```

```

k2 = b + 70;
p2 = 2.3 * b;
bw2 = b(:,:,1);
%menampilkan citra
figure(1);
subplot(2,2,1); imshow(a); title('Obama');
subplot(2,2,2); imshow(k1);
subplot(2,2,3); imshow(p1);
subplot(2,2,4); imshow(bw1);
figure(2);
subplot(2,2,1); imshow(b); title('Obama');
subplot(2,2,2); imshow(k2);
subplot(2,2,3); imshow(p2);
subplot(2,2,4); imshow(bw2);
%menyimpan citra
Imwrite(k1,'D:\Photo\obamak1.jpg');
Imwrite(p1,'D:\Photo\obama1.jpg');
Imwrite(bw1,'D:\Photo\obamabw1.jpg');
Imwrite(k2,'D:\Photo\obama2.jpg');
Imwrite(p2,'D:\Photo\obama2.jpg');
Imwrite(bw2,'D:\Photo\obamabw2.jpg');

```

Output yang dihasilkan :



2.4 Ketetanggaan piksel

Contoh program

```
%membaca citra
F = imread('c:\Image\mobil.png');
Ukuran = size(F);
tinggi = Ukuran(1);
lebar = Ukuran(2);
%mengolah citra
G = F;
for baris=2 : tinggi-1
for kolom=2 : lebar-1
minPiksel = min([F(baris-1, kolom-1) ...
F(baris-1, kolom) F(baris, kolom+1) ...
F(baris, kolom-1) ...
F(baris, kolom+1) F(baris+1, kolom-1) ...
F(baris+1, kolom) F(baris+1, kolom+1)]);
maksPiksel = min([F(baris-1, kolom-1) ...
F(baris-1, kolom) F(baris, kolom+1) ...
F(baris, kolom-1) ...
F(baris, kolom+1) F(baris+1, kolom-1) ...
F(baris+1, kolom) F(baris+1, kolom+1)]);
if F(baris, kolom) < minPiksel
G(baris, kolom) = minPiksel;
else
if F(baris, kolom) > maksPiksel
G(baris, kolom) = maksPiksel;
else
G(baris, kolom) = F(baris, kolom);
end
end
end
end
```

```
%menampilkan citra  
figure(1);
```

Output yang dihasilkan :



(a) Citra mobil yang telah diberi
bintik-bintik putih



(b) Hasil pemfilteran gambar (a)

2.5 Penggeseran citra

Contoh program

```
%membaca citra  
a = imread('D:\Photo\batam.jpg');  
[tinggi, lebar] = size(a);  
%mengolah citra  
sx = 45;  
sy = -35;  
a2 = double(a);  
g = zeros(size(a2));  
for y=1 : tinggi  
for x=1 :lebar  
xlama = x-sx;  
ylama = y-sy;
```

```
if(xlama>=1) && (xlama<=lebar) && ...  
(ylama>=1) && (ylama<=tinggi)  
g(y,x) = a2(ylama,xlama);  
else  
g(y,x) = 0;  
end  
end  
end  
g = uint8(g);  
figure(1); imshow(g);
```

Output yang dihasilkan :



BAB III

PENUTUP

3.1. Kesimpulan

Dari uraian diatas dapat kita simpulkan bahwa multimedia tidak terlepas dari kehidupan kita sehari-hari. Banyak manfaat yang kita peroleh dengan adanya multimedia dalam pengiriman data dan informasi. Salah satu bentuk dari informasi multimedia adalah dalam bentuk gambar. Dengan gambar kita dapat mengambil banyak sekali informasi yang bisa disampaikan.

3.2. Kritik dan saran

Dalam penulisan makalah ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca untuk meningkatkan kualitas dari isi makalah ini dikemudian hari.

.

DAFTAR PUSTAKA

Kadir, Abdul & Adhi Susanto. (2013). Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. ANDI. Yogyakarta.