

Pengantar Pengolahan Citra

Data atau informasi tidak hanya disajikan dalam bentuk teks, tetapi juga dapat berupa gambar, audio (bunyi, suara, musik), dan video. Keempat macam data atau informasi ini sering disebut multimedia. Era teknologi informasi saat ini tidak dapat dipisahkan dari multimedia. Situs web (*website*) di Internet dibuat semenarik mungkin dengan menyertakan visualisasi berupa gambar atau video yang dapat diputar. Beberapa waktu lalu istilah SMS (*Short Message Service*) begitu populer bagi pengguna telepon genggam (*handphone* atau HP). Tetapi, saat ini orang tidak hanya dapat mengirim pesan dalam bentuk teks, tetapi juga dapat mengirim pesan berupa gambar maupun video, yang dikenal dengan layanan MMS (*Multimedia Message Service*).

Citra (*image*)¹ –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. Ada sebuah peribahasa yang berbunyi “sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata” (*a picture is more than a thousand words*). Maksudnya tentu sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak daripada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (tekstual).

Bab pertama ini berisi pembahasan mengenai citra dan pengolahannya. Selain itu, di dalam bab ini dipaparkan pula bidang-bidang yang berkaitan dengan pengolahan citra, seperti grafika komputer dan pengenalan pola.

¹ Di dalam buku ini, kata “gambar” dan “citra” digunakan secara bergantian, namun keduanya mengacu pada objek yang sama. Kata “citra” akan lebih banyak digunakan pada materi yang berkaitan dengan konseptual dan teknis, sementara kata “gambar” digunakan jika mengacu pada objek yang dibicarakan dalam kehidupan sehari-hari.

1.1 Citra

Secara harafiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Gambar 1.1 adalah citra seorang gadis model yang bernama Lena, dan gambar di sebelah kanannya adalah citra kapal di sebuah pelabuhan. Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam.

Citra sebagai keluaran dari suatu sistem perekaman data dapat bersifat [MUR92]:

1. optik berupa foto,
2. analog berupa sinyal video seperti gambar pada monitor televisi,
3. digital yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik.

Citra yang dimaksudkan di dalam keseluruhan isi buku ini adalah “citra diam” (*still images*). Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak. Gambar 1.1 adalah dua buah citra diam. Untuk selanjutnya, citra diam kita sebut citra saja.



(a) Lena



(b) Kapal

Gambar 1.1 Citra Lena dan citra kapal

Citra bergerak (*moving images*) adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun (sekuensial) sehingga memberi kesan pada mata kita sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra di dalam rangkaian itu disebut *frame*. Gambar-gambar yang tampak pada film layar lebar atau televisi pada hakikatnya terdiri atas ratusan sampai ribuan frame.

1.2 Definisi Pengolahan Citra

Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra yang kita miliki mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau derau (*noise*), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (*blurring*), dan sebagainya. Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.

Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Bidang studi yang menyangkut hal ini adalah **pengolahan citra** (*image processing*).

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Sebagai contoh, citra burung nuri pada Gambar 1.2 (a) tampak agak gelap, lalu dengan operasi pengolahan citra kontrasnya diperbaiki sehingga menjadi lebih terang dan tajam (b).

Umumnya, operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila [JAI89]:

1. perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra,
2. elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan, atau diukur,
3. sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.



(a)



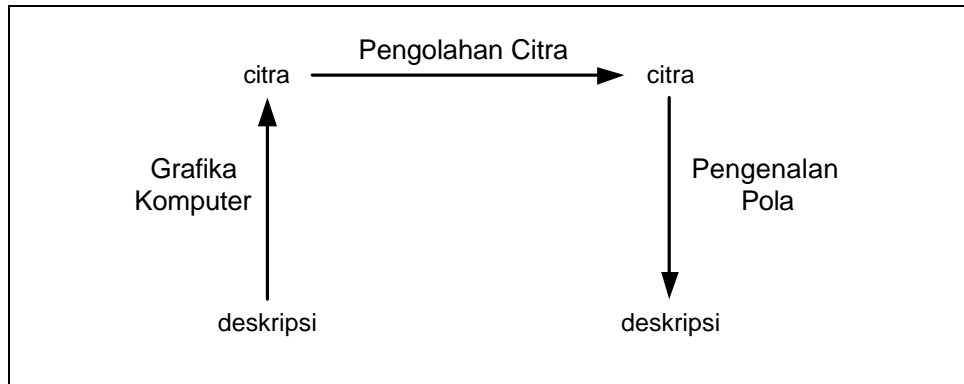
(b)

Gambar 1.2. (a) Citra burung nuri yang agak gelap, (b) Citra burung yang telah diperbaiki kontrasnya sehingga terlihat jelas dan tajam

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

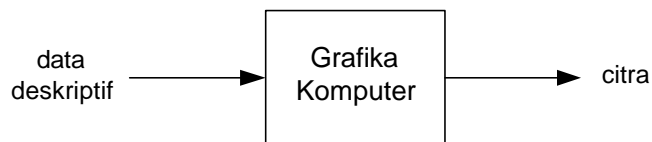
1. Grafika Komputer (*computer graphics*).
2. Pengolahan Citra (*image processing*).
3. Pengenalan Pola (*pattern recognition/image interpretation*).

Hubungan antara ketiga bidang (grafika komputer, pengolahan citra, pengenalan pola) ditunjukkan pada Gambar 1.3.

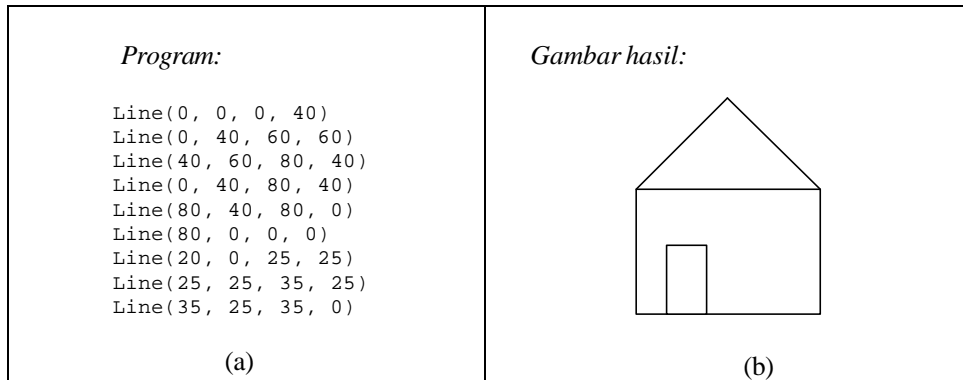


Gambar 1.3. Tiga bidang studi yang berkaitan dengan citra

Grafika Komputer bertujuan menghasilkan citra (lebih tepat disebut grafik atau *picture*) dengan primitif-primitif geometri seperti garis, lingkaran, dan sebagainya. Primitif-primitif 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. Grafika komputer memainkan peranan penting dalam visualisasi dan *virtual reality*.

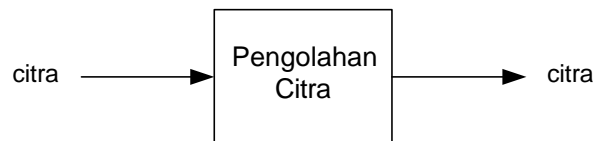


Contoh grafika komputer misalnya menggambar sebuah ‘rumah’ yang dibentuk oleh garis-garis lurus, dengan data masukan berupa koordinat awal dan koordinat ujung garis (Gambar 1.4).



Gambar 1.4. (a) Program Grafika Komputer untuk membuat gambar 'rumah' (b)

Pengolahan Citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan. Termasuk ke dalam bidang ini juga adalah pemampatan citra (*image compression*).



Pengubahan kontras citra seperti pada Gambar 1.2 adalah contoh operasi pengolahan citra. Contoh operasi pengolahan citra lainnya adalah penghilangan derau (*noise*) pada citra Lena (Gambar 1.4). Citra Lena yang di sebelah kiri mengandung derau berupa bintik-bintik putih (derau). Dengan operasi penapisan (*filtering*), yang akan dijelaskan di dalam Bab 7, derau pada citra masukan ini dapat dikurangi sehingga dihasilkan citra Lena yang kualitasnya lebih baik.



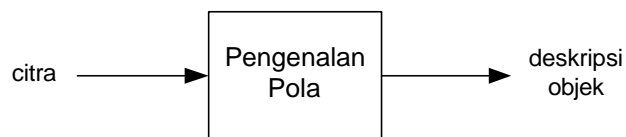
(a)



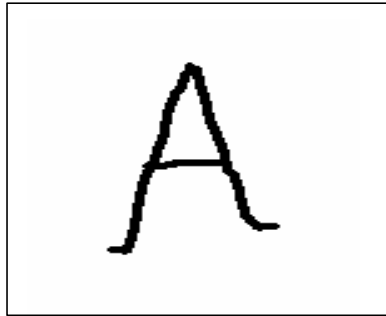
(b)

Gambar 1.4. (a) Citra Lena yang mengandung derau, (b) hasil dari operasi penapisan derau.

Pengenalan Pola mengelompokkan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis oleh mesin (dalam hal ini komputer). Tujuan pengelompokan adalah untuk mengenali suatu objek di dalam citra. Manusia bisa mengenali objek yang dilihatnya karena otak manusia telah belajar mengklasifikasi objek-objek di alam sehingga mampu membedakan suatu objek dengan objek lainnya. Kemampuan sistem visual manusia inilah yang dicoba ditiru oleh mesin. Komputer menerima masukan berupa citra objek yang akan diidentifikasi, memproses citra tersebut, dan memberikan keluaran berupa deskripsi objek di dalam citra.



Contoh pengenalan pola misalnya citra pada Gambar 1.5 adalah tulisan tangan yang digunakan sebagai data masukan untuk mengenali karakter 'A'. Dengan menggunakan suatu algoritma pengenalan pola, diharapkan komputer dapat mengenali bahwa karakter tersebut adalah 'A'.



Gambar 1.5. Citra karakter 'A' yang digunakan sebagai masukan untuk pengenalan huruf.

1.3 *Computer Vision* dan Hubungannya dengan Pengolahan Citra

Terminologi lain yang berkaitan erat dengan pengolahan citra adalah *computer vision* atau *machine vision*. Pada hakikatnya, *computer vision* mencoba meniru cara kerja sistem visual manusia (*human vision*). *Human vision* sesungguhnya sangat kompleks. Manusia melihat objek dengan indera penglihatan (mata), lalu citra objek diteruskan ke otak untuk diinterpretasi sehingga manusia mengerti objek apa yang tampak dalam pandangan matanya. Hasil interpretasi ini mungkin digunakan untuk pengambilan keputusan (misalnya menghindari kalau melihat mobil melaju di depan).

Computer vision merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk persepsi visual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan (*recognition*), dan membuat keputusan.

Computer vision terdiri dari teknik-teknik untuk mengestimasi ciri-ciri objek di dalam citra, pengukuran ciri yang berkaitan dengan geometri objek, dan menginterpretasi informasi geometri tersebut. Mungkin berguna bagi anda untuk mengingat persamaan [JAI95] berikut:

$$Vision = Geometry + Measurement + Interpretation \quad (1.1)$$

Proses-proses di dalam *computer vision* dapat dibagi menjadi tiga aktivitas:

1. Memperoleh atau mengakuisisi citra digital.
2. Melakukan teknik komputasi untuk memproses atau memodifikasi data citra (operasi-operasi pengolahan citra).
3. Menganalisis dan menginterpretasi citra dan menggunakan hasil pemrosesan untuk tujuan tertentu, misalnya memandu robot, mengontrol peralatan, memantau proses manufaktur, dan lain-lain.

[SCH89] mengklasifikasikan proses-proses di dalam *computer vision* dalam hirarkhi sebagai berikut :

Hirarkhi Pemrosesan	Contoh Algoritma
<i>preprocessing</i>	<i>noise removal</i> <i>contrast enhancement</i>
<i>lowest-level feature extraction</i>	<i>edge detection</i> <i>texture detection</i>
<i>intermediate-level feature identification</i>	<i>connectivity</i> <i>pattern matching</i> <i>boundary coding</i>
<i>high-level scene interpretation via images</i>	<i>model-base recognition</i>

Dari penjelasan di atas, dapat kita lihat bahwa pengolahan citra dan pengenalan pola merupakan bagian dari *computer vision*. Pengolahan citra merupakan proses awal (*preprocessing*) pada *computer vision*, sedangkan pengenalan pola merupakan proses untuk menginterpretasi citra. Teknik-teknik di dalam pengenalan pola memainkan peranan penting dalam *computer vision* untuk mengenali objek.

Jika dihubungkan dengan grafika komputer, maka *computer vision* merupakan kebalikannya. Grafika komputer membentuk (sintesis) citra, sedangkan *computer vision* mengoraknya (analisis). Pada masa awal kedua bidang ini, tidak ada hubungan antara keduanya, tetapi beberapa tahun belakangan kedua bidang tersebut berkembang semakin dekat. *Computer vision* menggunakan representasi kurva dan permukaan dan beberapa teknik lain dari grafika komputer, sedangkan grafika komputer menggunakan teknik-teknik di dalam *computer vision* untuk memuat citra realistik (*virtual reality*) [JAI95].

1.4 Operasi Pengolahan Citra

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

1. Perbaiki kualitas citra (*image enhancement*).

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

Contoh-contoh operasi perbaikan citra:

- a. perbaikan kontras gelap/terang
- b. perbaikan tepian objek (*edge enhancement*)
- c. penajaman (*sharpening*)
- d. pemberian warna semu (*pseudocoloring*)
- e. penapisan derau (*noise filtering*)

Gambar 1.6 adalah contoh operasi penajaman. Operasi ini menerima masukan sebuah citra yang gambarnya hendak dibuat tampak lebih tajam. Bagian citra yang ditajamkan adalah tepi-tepi objek.



(a)

(b)

Gambar 1.6 (a) Citra Lena asli, (b) Citra Lena setelah ditajamkan

2. Pemugaran citra (*image restoration*).

Operasi ini bertujuan menghilangkan/meminimumkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan operasi perbaikan citra. Bedanya, pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui.

Contoh-contoh operasi pemugaran citra:

- a. penghilangan kesamaran (*deblurring*).
- b. penghilangan derau (*noise*)

Gambar 1.7 adalah contoh operasi penghilangan kesamaran. Citra masukan adalah citra yang tampak kabur (*blur*). Kekaburan gambar mungkin disebabkan pengaturan fokus lensa yang tidak tepat atau kamera bergoyang pada pengambilan gambar. Melalui operasi *deblurring*, kualitas citra masukan dapat diperbaiki sehingga tampak lebih baik.



(a)



(b)

Gambar 1.7 Kiri: Citra Lena yang kabur (*blur*), kanan: citra Lena setelah *deblurring*

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 tetap mempunyai kualitas gambar yang bagus. Contoh metode pemampatan citra adalah metode JPEG. Perhatikan Gambar 1.8. Gambar sebelah kiri adalah citra kapal yang berukuran 258 KB. Hasil pemampatan citra dengan metode JPEG dapat mereduksi ukuran citra semula sehingga menjadi 49 KB saja.



(a)



(b)

Gambar 1.8. (a) Citra *boat . bmp* (258 KB) sebelum dimampatkan, (b) citra *boat . jpg* (49 KB) sesudah dimampatkan.

4. Segmentasi citra (*image segmentation*).

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

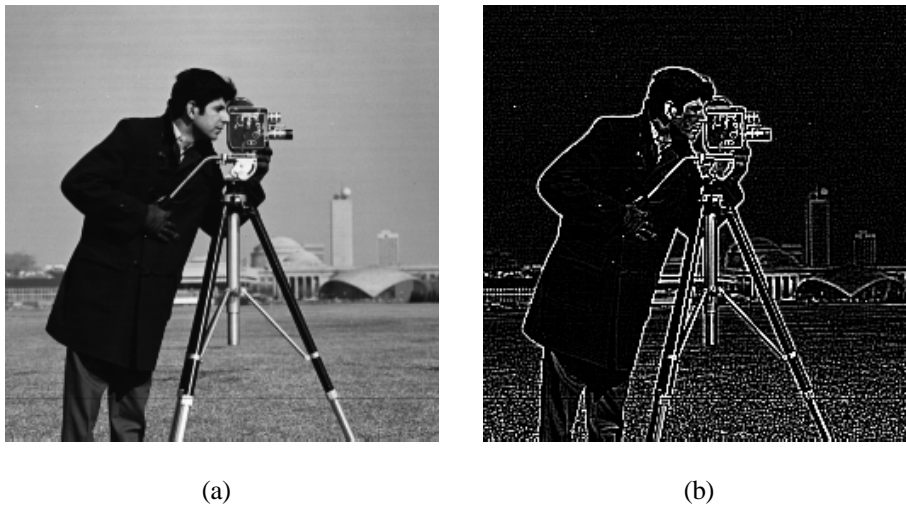
5. Pengorakan citra (*image analysis*)

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:

- a. Pendeteksian tepi objek (*edge detection*)
- b. Ekstraksi batas (*boundary*)
- c. Representasi daerah (*region*)

Gambar 1.9 adalah contoh operasi pendeteksian tepi pada citra *Camera*. Operasi ini menghasilkan semua tepi (*edge*) di dalam citra.



Gambar 1.9. (a) Citra camera, (b) citra hasil pendeteksian seluruh tepi

6. Rekonstruksi citra (*image reconstruction*)

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

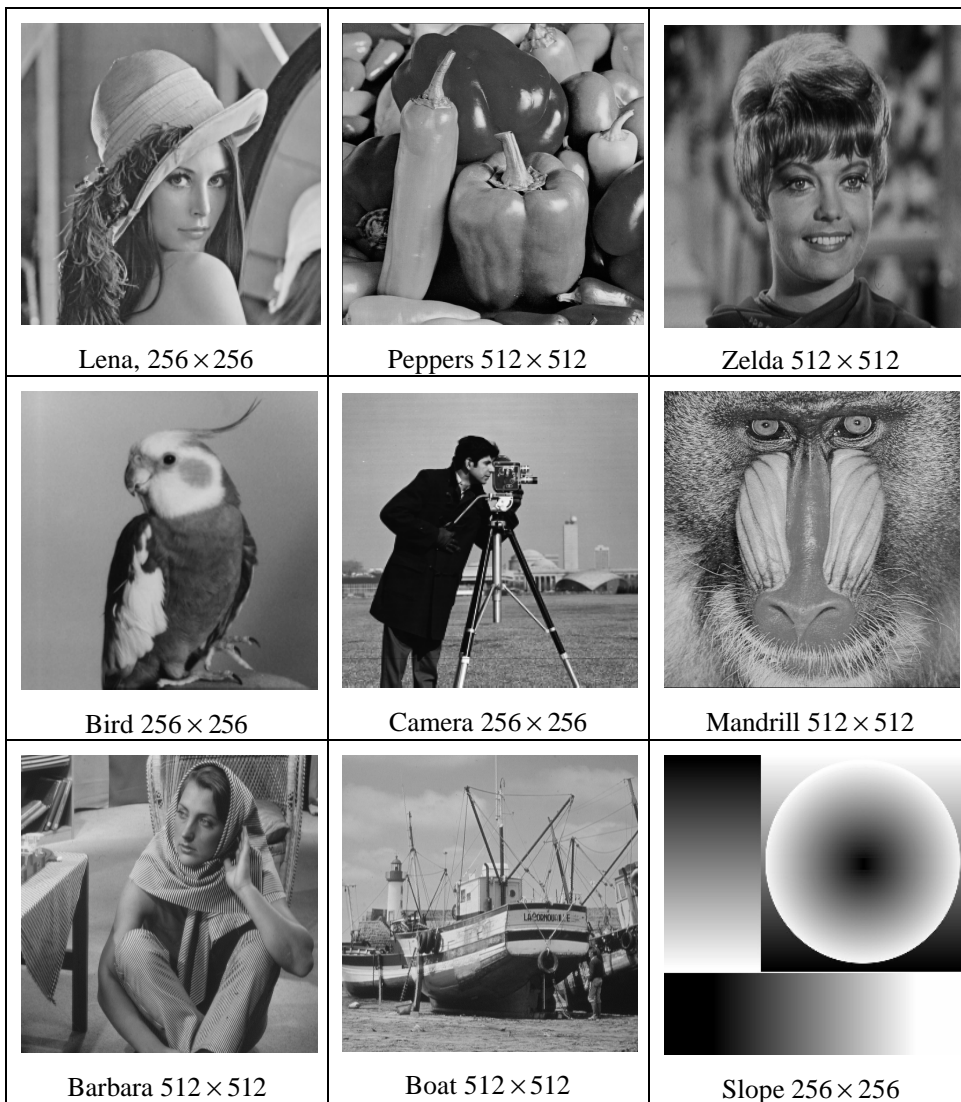
1.5 Aplikasi Pengolahan Citra dan Pengenalan Pola




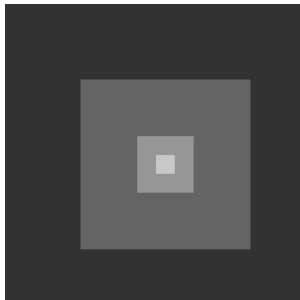
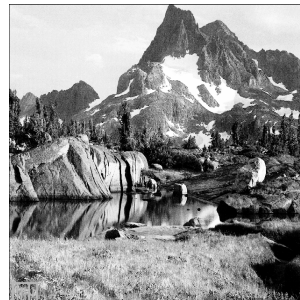



Pengolahan citra mempunyai aplikasi yang sangat luas dalam berbagai bidang kehidupan. Di bawah ini disebutkan beberapa aplikasi dalam beberapa bidang [MEN89].

1. Bidang perdagangan
 - (a) Pembacaan kode batang (*bar code*) yang tertera pada barang (umum digunakan di pasar swalayan/supermarket).
 - (b) Mengenali huruf/angka pada suatu formulir secara otomatis.
2. Bidang militer
 - (a) Mengenali sasaran peluru kendali melalui sensor visual.
 - (b) Mengidentifikasi jenis pesawat musuh.
3. Bidang kedokteran
 - (a) Pengolahan citra sinar X untuk mammografi (deteksi kanker payudara)
 - (b) NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*)
 - (c) Mendeteksi kelainan tubuh dari foto sinar X.
 - (d) Rekonstruksi foto janin hasil USG
4. Bidang biologi
Pengenalan jenis kromosom melalui gambar mikroskopik
5. Komunikasi data
Pemampatan citra yang ditransmisi.
6. Hiburan
Pemampatan video (*MPEG*)
7. Robotika
Visually-guided autonomous navigation
8. Pemetaan
Klasifikasi penggunaan tanah melalui foto udara/LANDSAT
9. Geologi
Mengenali jenis batu-batuan melalui foto udara/LANDSAT
10. Hukum
 - (a) Pengenalan sidik jari
 - (b) Pengenalan foto narapidana.

1.6 Citra Uji

Pada pembahasan operasi-operasi pengolahan citra, biasanya penulis buku/literatur menggunakan beberapa contoh citra uji (*test images*) atau sampel. Terdapat sejumlah citra yang sering dipakai di dalam literatur pengolahan citra atau *computer vision*. Citra-citra tersebut banyak ditemukan di situs-situs web universitas yang menawarkan mata kuliah (*course*) pengolahan citra. Anda bisa mencari citra tersebut dengan menggunakan bantuan mesin pencari Google (www.google.com) Kebanyakan dari citra tersebut merupakan citra klasik dalam pengolahan citra. Inilah beberapa diantaranya (dengan keterangan nama citra dan ukurannya, lebar \times tinggi, dalam satuan *pixel*):



 <p>San Fransisco 256 × 256</p>	 <p>Collie 256 × 256</p>	 <p>Circle 256 × 256</p>
 <p>Squares 256 × 256</p>	<pre> MT-LEVEL {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: Makefile~ compress.c fi Makefile~ display.c fr {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: Makefile~ compress.c fi Makefile~ display.c fr {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: Makefile~ display.c im Makefile~ fileio.c im compress.c fractal.h im {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: {spinet}/home/u/rjkroeger/vf: </pre> <p>Text 256 × 256</p>	 <p>Mountain 640 × 480</p>
 <p>Goldhill 512 × 512</p>	 <p>Eltoro 512 × 512</p>	 <p>Girl 256 × 256</p>