

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra

Citra adalah kumpulan elemen gambar yang secara keseluruhan merekam suatu adegan melalui media indra *visual*. Citra dapat dideskripsikan sebagai data dalam dua dimensi dalam bentuk matriks $M \times N$. Citra *digital* adalah citra dua dimensi yang dapat direpresentasikan dengan fungsi intensitas cahaya yang mana X dan Y menyatakan koordinat spasial. Elemen terkecil dari citra *digital* disebut dengan *image element* yaitu piksel. Citra dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu:

1. Citra *continue*, dihasilkan dari sistem optik yang menerima sinyal *analog*. Contoh: mata manusia dan kamera *analog*.
2. Citra diskrit/*digital*, dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra *continue*. Contoh: kamera *digital* dan *scanner*.

Citra adalah fungsi dua dimensi dari intensitas cahaya. Intensitas ini disebut juga dengan *brightness* (tingkat kecerahan). Fungsi citra $F(x,y)$ ditentukan oleh dua komponen yaitu iluminasi dan refleksi sehingga:

$$F(x,y) = I(x,y) r(x,y)$$

yang mana $I(x,y)$ adalah iluminasi yang datang dari sumber cahaya dan $r(x,y)$ adalah koefisien refleksi atau transmisi objek.

Pengertian citra secara harfiah merupakan gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Citra merupakan fungsi *continue* dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini dapat ditangkap oleh alat-alat optik sehingga bayangan objek yang diterima disebut citra terekam (Rinaldi Munir, 2004). Citra sebagai keluaran dari suatu sistem perekam data dapat bersifat:

1. Optik berupa citra gambar atau foto.
2. *Analog* berupa sinyal video seperti gambar pada monitor televisi.

Citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun (sekuensial) sehingga memberikan kesan pada mata sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra dalam rangkaian tersebut disebut *frame*. Gambar-gambar yang tampak pada film layar lebar atau televisi pada hakekatnya terdiri atas ratusan atau ribuan gambar. Citra yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah citra diam (*still image*). Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak.

Citra *digital* dapat diperoleh secara otomatis dari sistem penangkapan citra *digital* yang memerlukan proses pencuplikan terhadap suatu objek tiga dimensi dan membentuk matriks yang mana elemen-elemennya menyatakan

nilai intensitas cahaya. Citra *digital* merupakan citra yang disimpan dalam format *digital* dan hanya citra *digital* yang dapat diolah menggunakan komputer. Jenis citra lain jika diolah dengan komputer harus diubah dahulu menjadi citra *digital*.

2.2 Pengolahan Citra *Digital*

Pengolahan citra *digital* merupakan pengolahan dan analisis yang banyak melibatkan persepsi *visual*. Citra *digital* dapat diperoleh secara otomatis dari sistem penangkapan citra membentuk matrik yang elemennya menyatakan nilai intensitas cahaya atau tingkat keabuan suatu piksel (Fadliansyah, 2007). Pengolahan citra adalah salah satu aplikasi yang dapat mengubah gambar menjadi suatu informasi (Marvin Wijaya, 2004).

Meskipun citra kaya informasi, namun seringkali citra yang dimiliki mengalami penurunan mutu (degradasi). Seperti mengandung cacat atau derau (*noise*), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (*blurring*) dan sebagainya. Agar citra yang mengalami gangguan mulai diinterpretasi (baik manusia maupun mesin) maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila:

1. Perbaikan atau modifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung dalam citra.

2. Elemen di dalam citra perlu dikelompokkan dan diukur.
3. Sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

Pengolahan citra bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra yang lain. Jadi masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra. Namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik dari pada citra masukan (Rinaldi Munir, 2004).

2.2.1 Operasi Pengolahan Citra *Digital*

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. Perbaiki kontra gelap/terang.
- b. Perbaiki tepian objek (*edge enhancement*).
- c. Penajaman (*sharpening*).

- d. Pemberian warna semu (*pseudocoloring*).
- e. *Noise filtering*.



Gambar 2.1 Contoh Penajaman Citra (Rinaldi Munir, 2004).

2. Pemugaran citra (*image restoration*)

Pemugaran citra merupakan proses merekonstruksi atau mendapatkan kembali citra asli dari citra yang cacat atau terdegradasi agar dapat menyerupai citra aslinya. Pemugaran citra berkaitan dengan penghilang atau pengurangan degradasi pada citra yang terjadi karena proses akuisisi. Citra degradasi yang dimaksud termasuk derau (yang merupakan *error* dalam nilai piksel) atau efek optik misalnya *blur* (citra kabur) akibat kamera yang tidak fokus atau karena gerakan kamera (Marvin Wijaya, 2005).

Operasi pemugaran citra bertujuan untuk menghilangkan atau meminimumkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan operasi perbaikan citra. Bedanya, pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar dapat diketahui. Contoh-contoh operasi pemugaran citra:

- a. Penghilangan kesamaran (*deblurring*).
- b. Penghilau derau (*noise*).



Gambar 2.2 Contoh Penghilang Derau (Rinaldi Munir, 2004).

3. Pemampatan citra (*image compression*)

Jenis operasi ini dilakukan agar citra dapat dipresentasikan 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*.

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. Proses segmentasi kadangkala diperlukan untuk melokalisasi objek yang diinginkan dari sekelilingnya.

5. Analisis citra (*image analysis*)

Jenis operasi ini bertujuan menghitung besaran kuantitatif dari citra masuk untuk menghasilkan informasi citra. Teknik pengolahan citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek. Contoh-contoh operasi analisis citra:

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



Gambar 2.3 Contoh Pendeteksian Tepi (Rinaldi Munir, 2004).

6. Rekonstruksi citra

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.

2.2.2 Elemen Sistem Pemrosesan Citra *Digital*

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

1. Kecerahan (*brightness*)

Kecerahan adalah kata lain untuk intensitas cahaya. Kecerahan pada titik (*pixel*) di dalam citra bukanlah intensitas yang riil. Tetapi sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya. Sistem *visual* manusia mampu menyesuaikan dirinya dengan tingkat kecerahan mulai dari yang paling rendah sampai yang paling tinggi.

2. Kontras (*contrast*)

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

3. Kontur (*contour*)

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

4. Warna (*color*)

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem *visual* manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda. Warna-warna yang diterima oleh mata (sistem *visual* manusia) merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda.

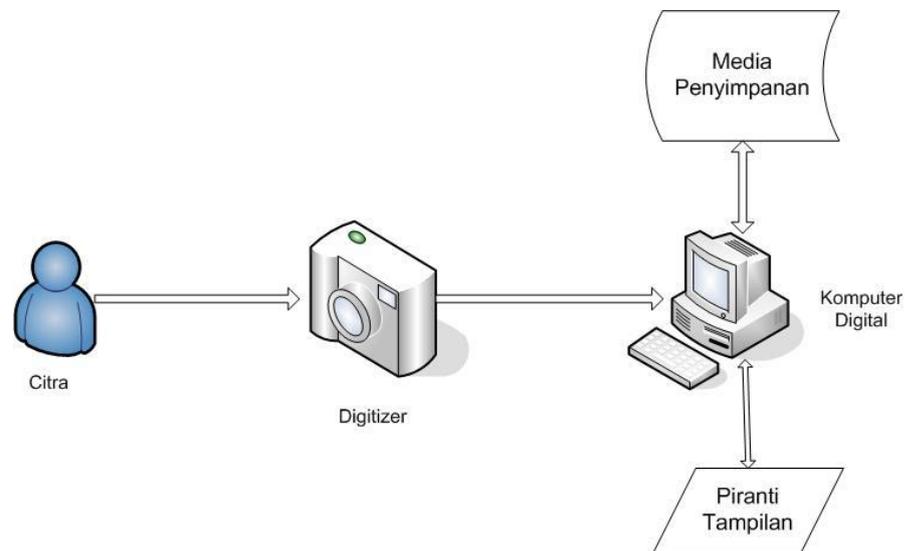
5. Bentuk (*shape*)

Shape adalah properti intrinstik dari objek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa *shape* merupakan proses intrinstik utama untuk sistem visual manusia. Manusia lebih sering mengasosiasikan objek dengan bentuknya ketimbang elemen lainnya.

6. Tekstur (*texture*)

Tekstur dicirikan oleh distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga. Jadi, tekstur tidak dapat didefinisikan untuk piksel.

Secara umum elemen yang terlibat dapat dibagi menjadi empat komponen, seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Elemen Pemrosesan Citra.

Operasi dari sistem pemrosesan citra pada gambar di atas dapat dibagi menjadi empat kategori prinsip: digitalisasi, pemrosesan, penayangan, dan penyimpanan. *Digitizer (digital image acquisition system)* merupakan sistem penangkap citra *digital* yang melakukan penjelajahan citra dan konversinya ke representasi *numeric* sebagai masukan bagi *computer digital*. Hasil dari *digitizer* adalah matriks yang elemen-elemennya menyatakan nilai intensitas cahaya pada suatu titik. Contoh *digitizer* adalah kamera *digital* dan *scanner*.

Digitizer terdiri dari tiga komponen dasar: *sensor* citra yang bekerja sebagai pengukur intensitas cahaya, perangkat penjelajah yang berfungsi merekam hasil pengukuran intensitas pada seluruh bagian citra, dan pengubah *analog-ke-digital* yang berfungsi melakukan analisis dan

kuantisasi. Komputer *digital* yang digunakan pada sistem pemrosesan citra dapat bervariasi dari komputer *micro* sampai komputer besar yang mampu melakukan bermacam-macam fungsi pada citra *digital* resolusi tinggi.

Piranti tampilan peraga berfungsi mengkonversi matriks intensitas yang mempresentasikan citra ke tampilan yang dapat diinterpretasi oleh mata manusia. Contoh piranti tampilan adalah *monitor* peraga dan pencetak (*printer*). Media penyimpanan adalah piranti yang mempunyai kapasitas memori besar sehingga gambar dapat disimpan secara permanen agar dapat diproses lagi pada waktu yang lain.

2.3 Derau (*Noise*)

Derau adalah gambar atau piksel yang mengganggu kualitas citra. Derau perlu dihilangkan karena menghalangi pengambilan informasi pada citra tersebut. Seringkali citra yang dihasilkan atau didapatkan memiliki kualitas yang kurang baik. Hal ini dapat disebabkan oleh gangguan teknis, peralatan yang digunakan atau juga dikarenakan kurang baiknya suatu pencahayaan. Solusi masalah tersebut adalah melakukan pemrosesan citra agar dapat mendapatkan citra yang diinginkan.

Beberapa gangguan mungkin saja terjadi saat pengambilan gambar, seperti kamera tidak fokus atau munculnya bintik-bintik yang bisa terjadi karena proses pengambilan gambar yang tidak sempurna. Setiap gangguan

pada citra dinamakan derau, yang tidak hanya terjadi karena ketidak-sempurnaan dalam proses pengambilan gambar, tetapi dapat disebabkan juga oleh noda kotoran yang terjadi pada citra setelah pengambilan citra. Berdasarkan bentuk dan karakteristiknya, derau pada citra dibedakan menjadi beberapa macam yaitu:

1. Derau *salt and papper*

Derau ini disebut juga dengan derau *impulse (impulse noise)*, *shout noise* atau derau biner (*binary noise*). Degradasi derau ini disebabkan oleh gangguan yang tajam atau tiba-tiba (*sharp and sudden*) pada sinyal citra. Kenampakan pada citra berupa titik-titik (piksel) hitam atau putih yang tersebar pada citra.

2. Derau *Gaussian*

Derau *Gaussian* merupakan bentuk ideal dari derau putih, Derau *Gaussian* dikatakan derau putih karena mempunyai distribusi normal.

3. Derau *Speckle*

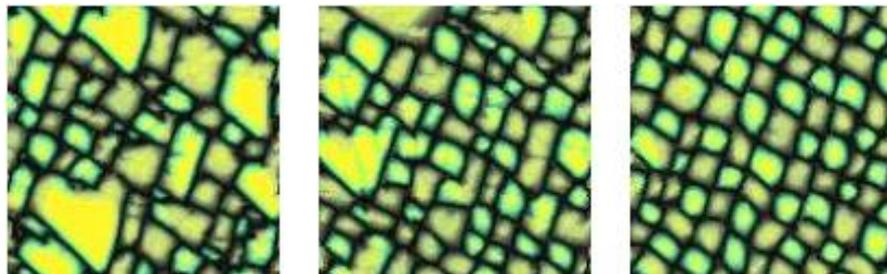
Derau *Speckle* dapat disebut juga dengan derau multiplikatif (*multiplicative noise*). Derau *speckle* sering dijumpai pada aplikasi radar.

4. Derau Periodik

Derau Periodik sifatnya periodik (bukan acak) menghasilkan derau periodik. Citra yang terkorupsi oleh derau periodik secara *visual* tampak terdapat garis-garis pada citra.

2.4 Tekstur Sintesis

Tekstur (*Textures*) adalah sifat-sifat atau karakteristik yang dimiliki oleh suatu daerah yang cukup besar sehingga secara alami sifat tersebut dapat berulang dalam daerah tersebut. Pengertian dari tekstur dalam hal ini adalah keteraturan pola-pola tertentu yang terbentuk dari susunan piksel-piksel dalam citra. Suatu permukaan dikatakan mempunyai informasi tekstur, jika sifat-sifat permukaan hasil perluasan mempunyai sifat kemiripan dengan permukaan asalnya saat luasannya diperbesar tanpa mengubah skala.



Gambar 2.5 Contoh Tekstur Sintesis (Grossauer, 2003).

Proses tekstur sintesis digunakan untuk mendapatkan atau menghasilkan citra bertekstur dengan pengolahan tepi antar tekstur. Sehingga citra tidak terlihat berasal dari penataran tekstur.

Tekstur merupakan salah satu metode yang banyak digunakan, karena dapat mendeskripsikan keanekaragaman karakteristik dari suatu bidang, tumbuhan, kulit, dan lain sebagainya. Sintesis tekstur adalah salah satu alternatif cara untuk menciptakan tekstur, karena sintesis tekstur dapat dibuat dengan segala ukuran tanpa pengulangan *visual* (Grossauer, 2003)

Tekstur adalah pola visual yang dapat dilihat dimana-mana dan dapat mendeskripsikan keanekaragaman dari karakteristik permukaan secara luas. Tekstur diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu deterministik dan stokastik. Tekstur deterministik merupakan tekstur yang memiliki karakteristik yang diatur oleh bermacam-macam kondisi dan aturan penempatan. Sebaliknya, tekstur stokastik tidak memiliki kondisi-kondisi atau aturan penempatan yang khusus.

Pada tekstur sintesis pola-pola yang teratur muncul secara berulang-ulang dengan *interval* jarak dan arah yang tertentu. Suatu permukaan tidak berwarna dalam suatu citra dapat mengandung informasi tekstur. Permukaan itu mempunyai pola-pola tertentu seperti permukaan kayu bekas digergaji, permukaan batu, hamparan pasir, kumpulan biji-bijian, dan sebagainya. Informasi tekstur dapat digunakan untuk membedakan sifat permukaan suatu benda dalam citra yang berhubungan dengan kasar dan halus, sifat-sifat spesifik dari kekasaran dan kehalusan permukaan tersebut, yang sama sekali lepas dari warna permukaan tersebut. Berikut syarat terbentuknya tekstur:

1. Adanya pola-pola *primitive* yang terdiri dari satu atau lebih piksel.

Bentuk-bentuk pola *primitive* ini dapat berupa titik, garis, luasan dan

sebagainya yang merupakan elemen dasar dari suatu bentuk. Ini artinya bahwa tekstur harus mempunyai elemen tekstur di dalamnya (disebut *texel* atau *texton*), meskipun elemen tekstur tersebut hanya terdiri dari piksel.

2. Pola-pola *primitive* tadi muncul berulang-ulang dengan *interval* jarak dan arah tertentu sehingga dapat diprediksi karakteristik pengulangannya. Ini berarti bahwa harus ada seperangkat aturan yang dapat menjelaskan bagaimana elemen-elemen tekstur ini muncul secara berulang-ulang.

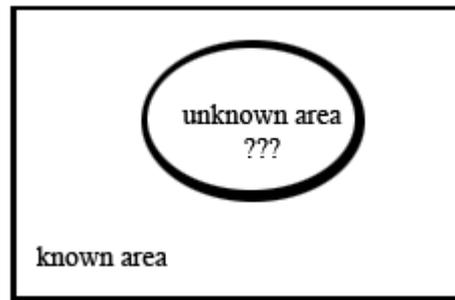
Dengan adanya dua syarat di atas dapat dikatakan bahwa tekstur suatu permukaan dapat dibentuk melalui aturan-aturan yang berlaku atau sebaliknya, yaitu suatu permukaan dapat dianalisis teksturnya dengan aturan yang sama untuk diperbandingkan satu sama lain, atau untuk keperluan interpretasi citra *digital*. Beberapa kegunaan dari tekstur:

1. Pemeriksaan permukaan.
2. Pengelompokkan objek pemandangan.
3. Orientasi permukaan.
4. Penentuan bentuk Objek.

2.5 Inpainting

Image inpainting adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk melakukan pemugaran citra yang cacat atau terkena derau dengan cara

mengisi atau mengganti derau dengan piksel aslinya atau dengan piksel baru yang sesuai (Bertalmio, 2001).



Gambar 2.6 Proses Dasar *Inpainting*.

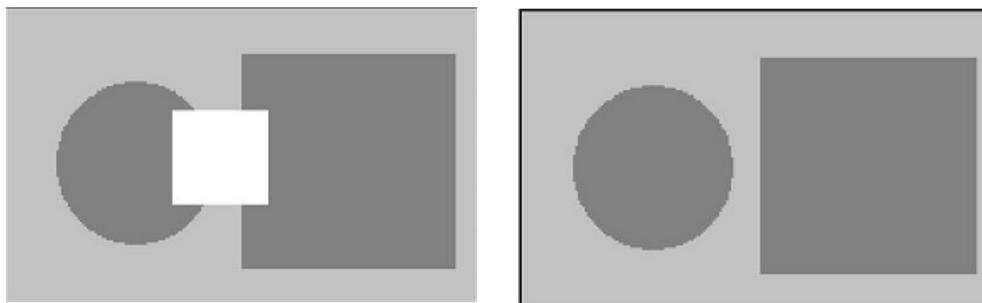
Proses dasar *inpainting* adalah mengisi area yang tidak diketahui pada citra dengan mempergunakan informasi-informasi yang disekelilingnya. Informasi dapat berupa piksel-piksel tetangga yang menyerupai. Informasi piksel-piksel yang menyerupai membentuk suatu pola tekstur. Proses selanjutnya adalah menghasilkan lebih banyak tekstur untuk mengisi area yang tidak diketahui. Berikut merupakan contoh dari *image inpainting*.



Gambar 2.7 Contoh *Image Inpainting* (Randi Holm, 2005).

Inpainting merupakan merekonstruksi bidang gambar yang dipilih dari piksel-piksel dekat dengan daerah perbatasan. *Inpainting* adalah salah satu teknik untuk memodifikasi citra dalam bentuk yang tidak terdeteksi oleh mata manusia. Tujuan dari aplikasi kebanyakan *inpainting* mulai dari

pemugaran citra atau menghilangkan objek yang tidak diinginkan. Rekonstruksi atau pemugaran bagian citra yang hilang pada foto *image digital*, merupakan salah satu bidang penting mempergunakan secara ekstensif pada pemugaran citra (Bowen, 2001). Berikut contoh *inpainting* untuk mengisi daerah yang hilang:



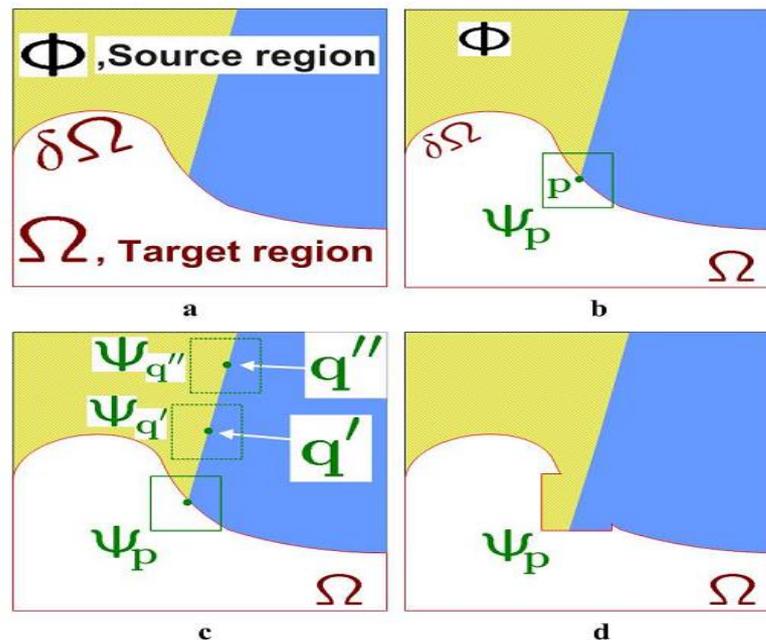
Gambar 2.8 Contoh *Pengisian Daerah Hilang dengan Image Inpainting*

(Randi Holm, 2005).

Image inpainting merupakan terobosan baru sebagai pemugaran citra pada satu dasawarsa ini, dalam mengupayakan optimasi penggunaan pemugaran citra. Karena ilmu yang terus berkembang, *image inpainting* tidak hanya digunakan pada citra *digital* namun dapat digunakan pada video. Banyak cara dari algoritma *inpainting* yang digunakan untuk mengaplikasi pemugaran citra. *Inpainting* juga banyak digunakan oleh para fotografer dan dari industri film.

Digital inpainting merupakan bagian mekanisme interpolasi citra. Yang secara otomatis melakukan pemugaran pada bagian citra yang cacat ataupun hilang pada citra. Kebanyakan dari mekanisme *inpainting* menggunakan piksel yang mendekatinya (*singular resolution*) baik dengan

perhitungan (*Extrapolation*) ataupun sisipan (*interpolation*) piksel. Algoritma *inpainting* yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma *exemplar-based image inpainting*. Berikut merupakan gambaran struktur peramabatan *exemplar-based image inpainting*.



Gambar 2.9 Struktur Perambatan *Exemplar-based Image Inpainting*

(Criminisi et al, 2003).

Pada gambar 2.9 dapat diperoleh keterangan:

- Merupakan citra asli, dengan daerah target *region* Ω , kontor $\Omega\delta$, dan daerah sumber ϕ .
- Daerah yang disintesis ditandai dengan ψ_P titik tengah $P \in \delta\Omega$.
- Kemiripan data paling banyak ψ_P sepanjang tepian antara dua tekstur pada satu daerah sumber.

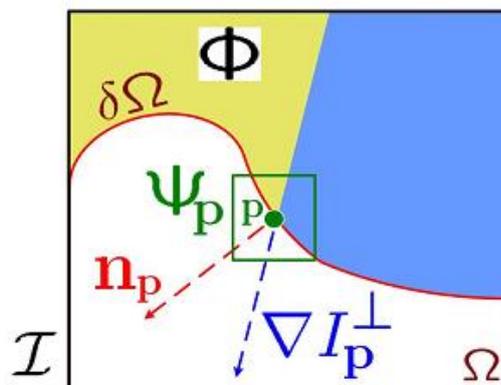
- d) Kandidat data yang paling menyerupai disalin lalu dengan struktur sintesis mengisi bagian target.

Struktur perambatan *exemplar-based image inpainting* di atas digambarkan untuk memudahkan perbandingan, dengan mengadopsi notasi kemiripan *inpainting literature*. Daerah yang diisi yaitu daerah yang ditandai dengan simbol Ω . Daerah sumber digunakan untuk memperbaiki daerah pengisian dengan menggunakan algoritma *inpainting*. Dengan contoh-contoh tekstur disekitarnya yang digunakan untuk mengisi bagian pemugaran. Satu iterasi algoritma *exemplar-based image inpainting* digunakan untuk menangani struktur dan tekstur *citra digital* yang dipugar. Berikut algoritma dengan menggunakan tiga langkah sampai semua bagian piksel terisi.

1. Menghitung *patch* prioritas, menjalankan perintah sintesis untuk mengisi bagian yang ditandai dengan symbol Ω .

$$P(\mathbf{P}) = C(\mathbf{P}) D(\mathbf{P}) \quad (1)$$

Yang mana $C(\mathbf{P})$ tingkat kepercayaan dan $D(\mathbf{P})$ data, dan didefenisikan dengan:



Gambar 2.10 Notasi Diagram (Criminisi, 2003).

$$C(\mathbf{P}) = \frac{\sum_{q \in \Psi_p \cap (I - \Omega)C(\mathbf{q})}{|\Psi_p|} \quad \text{dan} \quad D(\mathbf{P}) = \frac{|\nabla I_p^\perp \cdot n_p|}{\alpha} \quad (2)$$

yang mana:

Ψ_p = merupakan area dari yang akan disintesis

α = merupakan normalisasi faktor, $\alpha = 255$ untuk tipe citra keabuan.

2. Menyebarkan keterangan tekstur dan struktur. Jika *patch* ψ_p dengan prioritas tinggi ditemukan, langkah selanjutnya mengisi bagian pemugaran dengan mengekstrak data dari daerah sumber.

$$p = \arg \max_{p \in \Omega} P \quad (3)$$

3. *Update* nilai kepercayaan. Setelah daerah ψ_p diisi menggunakan piksel baru, nilai kepercayaan $C(\mathbf{P})$ akan diperbarui dengan area yang dibatasi oleh ψ_p :

$$C(\mathbf{P}) = C(\mathbf{P}') \quad \forall p \in \psi_p \cap \Omega \quad (4)$$