

PENGANTAR ANALISIS CITRA DOKUMEN TEKS

Oleh : Anastasia Rita Widiarti *)

ABSTRAK

Analisis citra dokumen teks merupakan ilmu yang membahas tentang algoritma-algoritma dan teknik-teknik yang diterapkan pada citra dokumen teks untuk menghasilkan deskripsi yang dapat dikenali oleh komputer. Produk analisis citra dokumen yang selama ini dikenal dengan baik adalah Optical Character Recognition (OCR) yaitu suatu perangkat lunak yang dapat mengenali karakter-karakter dari dokumen yang dibaca dengan mesin scanner. Dengan OCR pemakai dapat memperbaiki isi dokumen maupun mencari suatu bagian dari isi dokumen. Dalam paper ini, penulis secara singkat menggambarkan tahapan-tahapan dalam analisis citra dokumen teks.

Kata Kunci: OCR, data capture, pixel-level processing, character recognition, layout analysis.

1. PENGANTAR

Salah satu persoalan dalam bidang komputer yang banyak menjadi perhatian adalah analisis citra dokumen (*document image analysis*). Analisis citra dokumen merupakan ilmu yang membahas tentang algoritma-algoritma dan teknik-teknik yang diterapkan pada citra dokumen untuk menghasilkan deskripsi yang dapat dikenali oleh komputer. Analisis citra dokumen muncul karena kebutuhan efisiensi dalam menganalisis sebuah dokumen kertas yang sudah ada. Contoh kasus yang membutuhkan analisis citra dokumen misalnya untuk membaca dokumen tercetak atau dokumen tulisan tangan dan mengubahnya menjadi dokumen digital sehingga kualitasnya dapat diperbaiki atau keberadaannya (umur dokumen) dapat diperpanjang.

2. CITRA DIGITAL

Citra didefinisikan sebagai suatu fungsi intensitas cahaya dua dimensi $f(x,y)$, di mana x dan y menunjukkan koordinat spasial, dan nilai f pada suatu titik (x,y) sebanding dengan tingkat kecerahan (*gray level*) dari citra di titik tersebut. Citra digital adalah citra dengan $f(x,y)$ yang nilainya didigitalisasikan (dibuat diskrit) baik dalam koordinat spasialnya maupun dalam tingkat kecerahannya. Citra yang terlihat merupakan cahaya yang direfleksikan dari sebuah obyek.

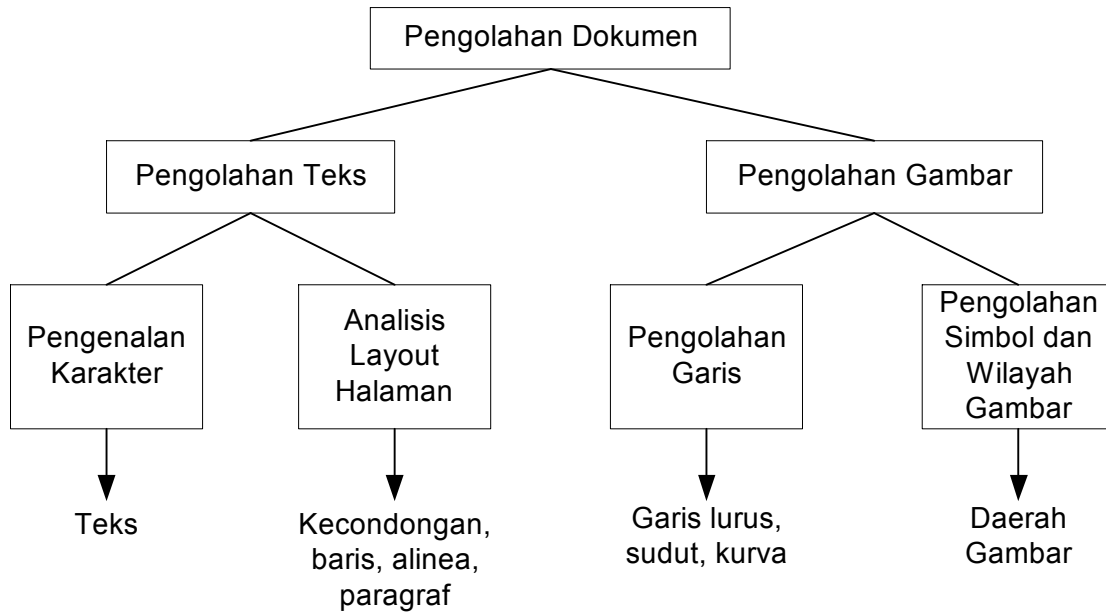
Citra digital merupakan suatu matriks yang terdiri dari baris dan kolom, di mana setiap pasangan indeks baris dan kolom menyatakan suatu titik pada citra. Nilai matriksnya menyatakan nilai kecerahan titik tersebut. Titik-titik tersebut dinamakan sebagai elemen citra atau piksel (Gonzales dan Woods, 1992).

*) Dosen Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Sanata Dharma

3. ANALISIS CITRA DOKUMEN TEKS

Banyak dokumen yang memiliki format karakter yang berbeda dengan format karakter karakter latin, misal dokumen yang ditulis dalam format karakter Cina, India, Thailand, Jawa dan sebagainya. Akibatnya dokumen tersebut hanya dapat dibaca oleh orang yang memahami format karakter tersebut. Untuk kepentingan tersebut, dibutuhkan sistem analisis citra dokumen untuk menerjemahkan dokumen dengan bentuk karakter tertentu agar menghasilkan sebuah deskripsi yang dapat dipahami oleh pembaca. Sistem analisis citra dokumen juga dapat digunakan untuk kepentingan lain, misal untuk membaca karakter dalam amplop surat sehingga surat dapat dipilah-pilah, atau untuk mengubah koleksi buku di perpustakaan tradisional ke dalam format digital.

Tujuan utama dari kegiatan analisis citra dokumen adalah untuk mengenali komponen-komponen teks ataupun gambar di dalam suatu dokumen. Analisis citra dokumen secara garis besar dibagi menjadi dua kategori analisis, yaitu analisis untuk teks dan gambar, seperti terlihat dalam gambar 1 (O’Gorman dan Kasturi, 1997). Pengolahan teks berkait dengan bagian teks dari citra dokumen. Beberapa tugas yang terkait dengan pengolahan teks adalah menentukan kecondongan teks, menemukan kolom-kolom, paragraf-paragraf, baris-baris teks, dan kata, dan akhirnya mengenali teks beserta atributnya, misalnya ukuran dan font dari teks seperti yang dapat dilakukan oleh mesin pengenal karakter (OCR). Sementara pengolahan grafik berkait dengan komponen garis dan simbol-simbol yang membentuk diagram, logo, dan lain sebagainya. Dan lebih lanjut O’Gorman dan Kasturi memberikan tahapan-tahapan proses analisis citra dokumen seperti terlihat dalam gambar 2.

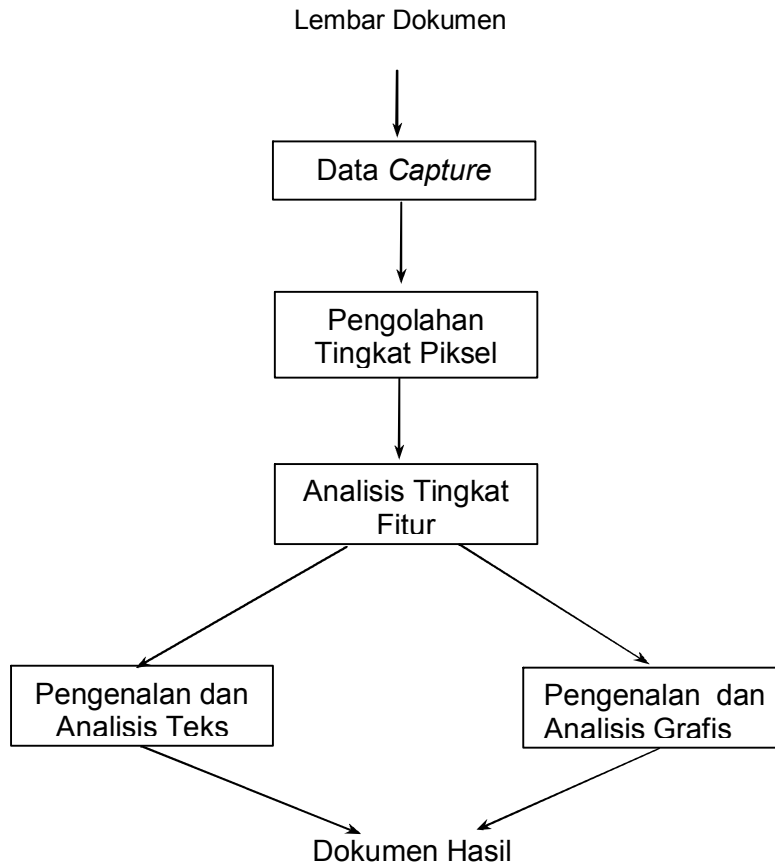


Gambar 1. Hirarki Pemrosesan Dokumen.

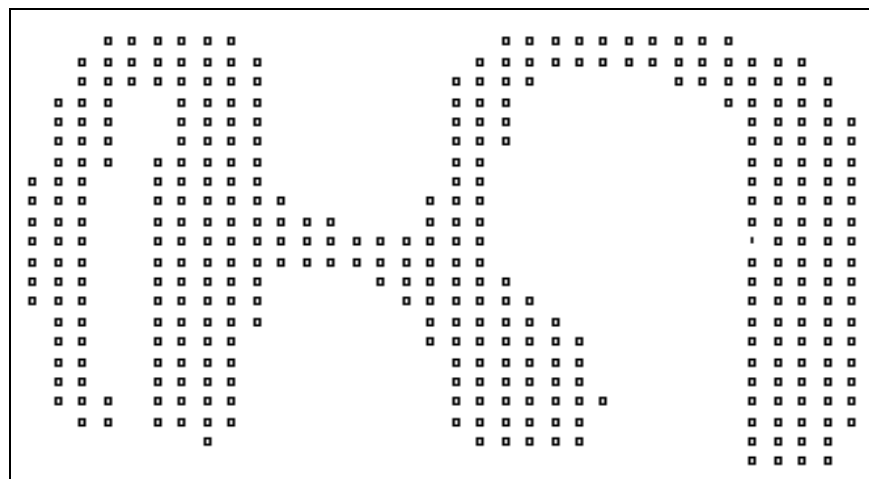
4. DATA CAPTURE

Pada tahap data capture, data dari dokumen kertas akan dibaca dengan alat scan optis dan hasilnya disimpan sebagai file dalam bentuk piksel. Terdapat tiga kemungkinan nilai piksel, yaitu berupa nilai ON(1) atau OFF (0) untuk citra biner, atau suatu bilangan bulat antara 0-255 untuk citra grayscale, atau tiap piksel terdiri atas 3 komponen bilangan bulat

antara 0-255 untuk komponen warna merah, komponen warna hijau, dan komponen warna biru untuk citra berwarna. Barisan nilai piksel yang diperoleh pada tahap ini, kemudian akan diproses lebih lanjut untuk mendapatkan suatu informasi seperti yang diinginkan. Sebagai contoh, gambar 3 menunjukkan suatu hasil data capture untuk karakter **na** dalam kelompok karakter Jawa.



Gambar 2. Langkah-langkah Proses Analisis Dokumen.



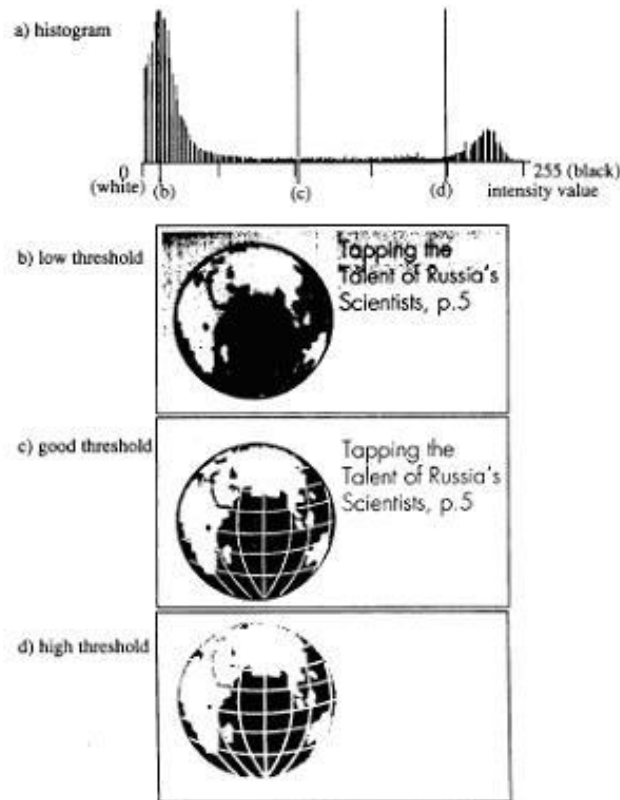
*Gambar 3. Citra biner dari karakter **na** mempergunakan piksel On dan OFF, di mana piksel yang ON ditampilkan dengan angka 0.*

5. PENGOLAHAN TINGKAT PIKSEL

Tahap pengolahan tingkat piksel adalah suatu tahap yang bertujuan untuk menyiapkan dokumen citra, serta membuat fitur perantara untuk membantu mengenali citra. Langkah- langkah yang dilakukan adalah : binarisasi, pengurangan noise, segmentasi, dan *thinning* .

5.1. Binarisasi

Binarisasi adalah sebuah tahap yang bertujuan untuk memilih suatu nilai ambang *threshold* yang akan berfungsi untuk membagi citra menjadi dua bagian atau dua kelompok, yaitu kelompok *feature* dan kelompok *background*. Dan lebih lanjut O’Gorman dan Kasturi memberikan contoh peran bagaimana pemilihan nilai *threshold* mempengaruhi kualitas gambar yang diperoleh seperti terlihat dalam gambar 4.



Gambar 4. Contoh pemilihan nilai ambang *threshold* dan pengaruhnya pada kualitas citra yang diperoleh.

Ternyata terdapat banyak cara untuk menemukan suatu nilai ambang, yang secara garis besar dibagi menjadi dua kelompok, yaitu global dan adaptif. Contoh sebuah rumusan global yang dapat dipakai untuk menyatakan *threshold* suatu citra $g(x,y)$, di mana (x,y) menyatakan suatu poin dan T suatu nilai ambang *threshold* adalah sebagai berikut :

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) > T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

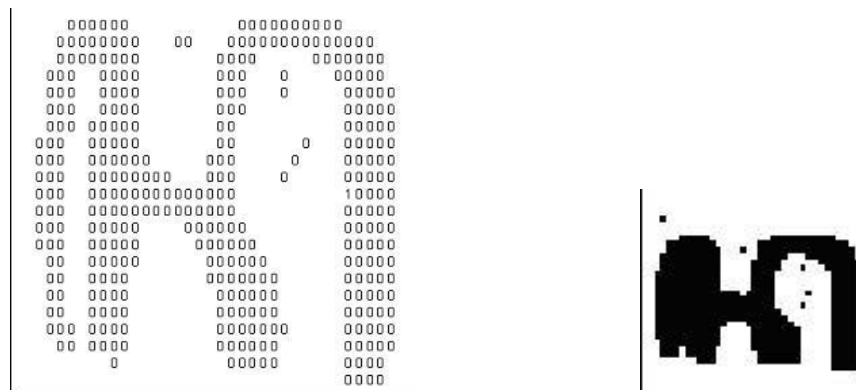
di mana 1 menyatakan *background* dan 0 menyatakan *feature*-nya.

Persoalannya nilai T berapa yang baik? Dalam banyak metode penelitian yang terkait dengan *threshold* ternyata menyatakan bahwa tidak ada satu metode yang dapat dikatakan paling baik untuk memilih harga T . Pada kasus tertentu

mungkin baik dengan cara yang paling sederhana di atas, namun pada kasus lain mempergunakan adaptif *Gaussian*, dalam hal ini seringkali yang jelas harus dilakukan adalah dengan melakukan banyak percobaan.

5.2. Pengurangan Noise

Tahap selanjutnya dalam pengolahan piksel adalah tahap untuk mengurangi *noise* atau disebut juga tahap *filling*. *Salt-and-pepper noise* adalah contoh *noise* yang umumnya muncul sebagai akibat dari kualitas citra dokumen yang tidak baik, misalnya karena hasil fotokopi dokumen citra tersebut tidak baik. Bentuk *noise* tersebut misalnya adalah adanya piksel yang letaknya terasing dari piksel yang lain, atau adanya piksel *ON* di daerah *OFF* atau sebaliknya, seperti diperlihatkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi dari karakter *na* dengan *salt-and-pepper noise*

Tujuan utama dari *filling* adalah mengurangi sebanyak mungkin *noise* namun tetap diperoleh citra yang baik. Dua metode yang biasa dipergunakan

dalam *filling* adalah metode morfologi dan pengolahan *cellular*. Dasar dari kedua metode tersebut adalah apa yang disebut dengan erosi dan dilatasi. Erosi adalah

pengurangan ukuran dari daerah *ON*, yaitu sebagai akibat adanya piksel-piksel *ON* yang berada di daerah *OFF* atau terasing dari piksel *ON* yang lain. Dilatasi adalah proses sebaliknya dari erosi, yaitu menambahkan piksel *ON* untuk menutup daerah *ON*. Biasanya kedua proses erosi dan dilatasi dijalankan secara iterasi, serta menggunakan kombinasi dua proses tersebut. Jika yang terjadi adalah proses iterasi erosi dilanjutkan dengan iterasi dilatasi, prosesnya biasa disebut dengan proses terbuka atau *opening*. Sebaliknya jika proses yang terjadi adalah iterasi dilatasi dilanjutkan dengan iterasi erosi, prosesnya disebut dengan proses tertutup atau *closing*. Dengan *opening* dan *closing* diharapkan batas-batas citra menjadi halus, daerah-daerah yang terpisah digabungkan dan *noise* yang sedikit menjadi hilang.

5.3. Segmentasi

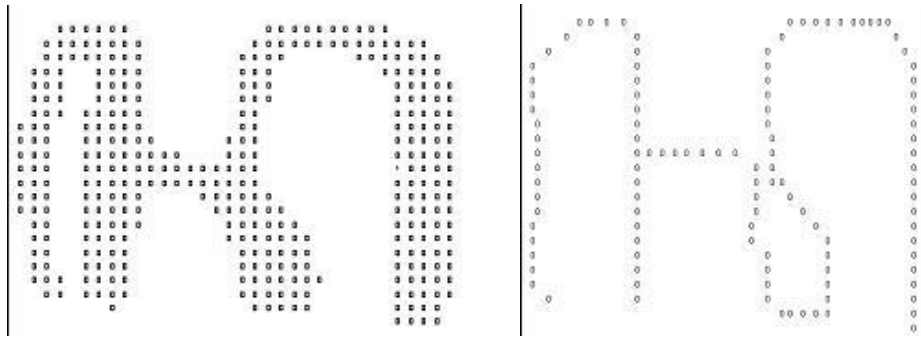
Segmentasi adalah proses pemecahan citra ke dalam obyek-obyek yang terkandung di dalamnya. Dalam analisis citra dokumen, segmentasi ini dibagi menjadi dua tahap, pertama adalah pemisahan teks dan gambar, dan tahap kedua adalah melakukan proses pemisahan selanjutnya dari hasil tahap pertama. Sebagai contoh untuk teks, maka proses selanjutnya adalah menurunkan teks tersebut menjadi komponen-komponen teks, yaitu menemukan kolom-kolom,

paragraf-paragraf, kata-kata, sampai akhirnya adalah menemukan karakter-karakter penyusun kata.

Proses segmentasi biasanya berdasarkan pada dua sifat *gray level*, yaitu diskontinuitas, dan kemiripan. Diskontinuitas adalah membagi citra berdasarkan perbedaan *gray level* yang menyolok. Implementasi dari diskontinuitas misalnya adalah pemakaian operator mask untuk deteksi titik, ataupun garis. Sedangkan kemiripan adalah membagi citra berdasarkan kemiripan *gray level*.

5.4. Thining

Thinning atau istilah lainnya *medial-axis* adalah suatu proses pengurangan komponen-komponen citra dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang paling mendasar tentang pembentuk citra atau untuk mendapatkan kerangka suatu citra. Karena itu *thinning* bisa disebut juga sebagai operasi perangkaan. Sebagai contoh, seseorang yang menggambar garis dengan mempergunakan pena yang berbeda akan memperoleh ketebalan garis yang berbeda-beda, tetapi informasi yang ditampilkan sama yaitu suatu garis saja. Gambar 6 di bawah ini memberikan contoh lain citra yang belum dikenai *thinning* dan hasil dari *thinning*.



Gambar 6. Contoh citra karakter na sebelum dan sesudah dikenai thinning

Algoritma Hilditch, algoritma Rosenfeld adalah algoritma-algoritma yang dapat dipergunakan untuk mendapatkan kerangka suatu citra.

6. ANALISIS DOKUMEN TEKS

Terdapat dua hal pokok proses analisis yang dilakukan. Pertama adalah pengenalan karakter, dan yang kedua adalah analisis format halaman dokumen. Pengenalan karakter berhubungan dengan karakter-karakter penyusun teks, sedangkan analisis format halaman dokumen berhubungan dengan penentuan format suatu halaman serta posisi dan fungsi dari kelompok-kelompok teks penyusun dokumen, misalnya judul, subjudul, catatan kaki, dan lain sebagainya. Kedua proses analisis tersebut dapat dilakukan secara terpisah atau bisa jadi hasil dari satu proses analisis dipakai untuk melakukan analisis lain. Pada beberapa kasus kadang diperlukan prosedur untuk memperbaiki kecondongan dari dokumen yang diakibatkan oleh peletakan dokumen yang kurang benar pada saat dilakukan proses pembacaan dokumen oleh mesin *scan*.

6.1. Pengenalan Karakter

Pengenalan karakter bertujuan untuk menerjemahkan sederetan karakter yang memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran. Mengembangkan algoritma untuk mengidentifikasi karakter merupakan prinsip utama yang akan dikerjakan dalam pengenalan karakter. Pengenalan karakter dapat menjadi kompleks dengan bertambahnya bentuk karakter, ukuran, kemiringan dan lainnya.

Secara garis besar algoritma pengenalan karakter mengerjakan dua hal yaitu ekstraksi ciri, dan klasifikasi.

6.1.1. Ekstraksi Ciri

Tujuan dari proses ekstraksi ciri adalah mendefinisikan sifat dari setiap karakter (*feature*) yang tidak jelas karena pengukuran yang tidak sempurna. Yang dibutuhkan adalah kelas karakter yang berupa prototipe atau himpunan contoh yang sudah ada. Proses mengekstrak ciri berarti mencari sifat pola atribut dari setiap kelas. Ciri global berupa jumlah lubang dalam karakter, jumlah lekukan pada bagian luar, dan jumlah tonjolan. Sedangkan ciri lokal adalah posisi relatif

dari posisi akhir garis, perpotongan garis dan sudut-sudut.

Ciri-ciri yang bagus memiliki karakteristik antara lain:

- a. Membedakan (*discrimination*), yaitu ciri tersebut harus mampu membedakan suatu obyek dengan obyek dari kelas yang berbeda.
- b. Dapat dipercaya (*Reliability*), yaitu ciri harus dapat dipercaya untuk semua obyek dalam kelompok yang sama.
- c. Tidak Terikat (*Independent*), yaitu setiap komponen ciri tidak memiliki korelasi yang tinggi dengan komponen ciri lainnya.
- d. Jumlah ciri sedikit (*small number*), karena apabila ciri yang dipakai banyak dimungkinkan akan terjadi adanya korelasi yang tinggi antar ciri yang akan mengakibatkan penurunan unjuk kerja sistem secara keseluruhan.

Terdapat berbagai metode yang dapat dipergunakan untuk ekstraksi ciri, yang dalam hal ini berkaitan dengan pengenalan karakter, antara lain dengan mempergunakan pendeskripsi fourier. Pendeskripsi Fourier dapat menghasilkan koefisien-koefisien atau ciri yang sangat berguna dalam pengenalan bentuk. Pendeskripsi Fourier membutuhkan pasangan titik-titik $x(s_j)$ dan $y(s_n)$ yang merupakan koordinat dari pembatas suatu objek (*object boundary*). Pembatas objek ini dapat dipandang sebagai suatu kurva tertutup. Sebuah fungsi kompleks $z(s_n)$ dapat dibentuk dengan $x(s_n)$ merupakan bagian riil dan $y(s_n)$ merupakan bagian imajiner.

$$z(s_n) = x(s_n) + jy(s_n) \quad (2)$$

Jika banyaknya titik-titik koordinat pasangan adalah N , maka pendeskripsi Fourier diskrit dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$c_n = \frac{1}{N} \sum_{s=0}^N k(s_n) \exp\left(-\frac{2\pi j n}{N}\right) \quad (3)$$

dengan

$n = 0, 1, \dots, N-1$, koordinat $x(s_N)$ dan $y(s_N)$ sama dengan $x(s_0)$ dan $y(s_0)$.

$$\Phi(s_n) = \tan^{-1} \left[\frac{y(s_n) - y(s_{n-1})}{x(s_n) - x(s_{n-1})} \right] \quad (4)$$

$$k(s_n) = \Phi(s_n) - \Phi(s_{n-1})$$

6.1.2. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan tahap pengenalan terhadap suatu obyek. Pada tahap ini obyek dikelompokkan ke dalam suatu kelas tertentu berdasarkan ciri-cirinya. Pengelompokkan dikatakan berhasil apabila obyek sama dikelompokkan pada kelas yang sama, dan obyek berbeda dikelompokkan pada kelas yang berbeda. Klasifikasi dapat dilakukan dengan pendekatan statistik, pendekatan alamiah atau pendekatan struktural.

Pendekatan statistik dilakukan dengan mendefinisikan setiap komponen dari *feature space* berupa nilai *feature* atau ukuran yang berupa variabel random yang menggambarkan sifat variabilitas dalam kelas dan antara kelas. Sebuah *classifier* akan membagi *feature space* ke dalam daerah-daerah yang berhubungan dalam setiap kelas. Contoh klasifikasi yang

menggunakan pendekatan statistik adalah dengan jarak tangen dan model Bayesian.

Pendekatan alamiah yang biasa digunakan adalah pencocokan template. Piksel secara individu diperlakukan sebagai *feature*. Kesamaan pola dinyatakan dengan mendefinisikan ukuran jarak. Kelas template yang memiliki jumlah kesesuaian maksimum kemudian dipilih sebagai kelas dari pola tes. Pendekatan ini disebut dengan pendekatan korelasi maksimum. Di samping itu terdapat pendekatan minimum kesalahan yang akan memilih kelas template yang memiliki jumlah minimum ketidaksesuaian sebagai kelas dari pola tes. Aturan *K-nearest neighbour* adalah aturan yang biasa digunakan untuk mencari kedekatan pola. Pencocokan template akan efektif jika variasi dalam kelas hanya memuat sedikit noise dan pola tes sudah bebas dari noise. Contoh klasifikasi dengan pencocokan template adalah *feature point extraction* (Brown, 2000).

Pendekatan struktural menyatakan pola karakter dengan cara yang sederhana dengan menyatakan hubungan antara struktur yang ada. Misal untuk menyatakan karakter A maka dikatakan terdiri dari dua garis lurus yang bertemu pada titik akhir di atas, serta garis ketiga berada di tengah-tengah dan membuat lubang. Contoh klasifikasi dengan pendekatan struktural adalah pendekatan *neural network* dengan *binary tree*.

6.2. Estimasi Kecondongan Dokumen

Satu baris teks terdiri dari kumpulan karakter, simbol, dan kata yang

saling berdampingan, yang letaknya berada dalam satu garis lurus yang orientasinya bisa secara horisontal atau vertikal. Orientasi dominan dari baris teks dalam dokumen akan menentukan kecondongan suatu halaman. Nilai awal kecondongan suatu dokumen adalah 0 (nol), artinya cetakan baris teks baik secara horisontal maupun vertikal sejajar dengan pinggir-pinggir kertas. Namun ketika dokumen tersebut di-*scan* atau difotokopi, nilainya tidak lagi 0. Karena proses pengenalan karakter dan analisis layout halaman sangat tergantung pada masukan halaman mengandalkan dengan tingkat kecondongan 0, maka perhitungan tingkat kecondongan di awal proses menjadi sangat penting, sehingga ketika hasil perhitungan diperoleh tingkat kecondongan yang tidak nol, maka harus dilakukan proses perbaikan tingkat kecondongan.

Metode yang populer dipergunakan dalam deteksi kecondongan dokumen adalah metode proyeksi profil dokumen. Sebuah proyeksi profil dinyatakan sebagai histogram dari banyaknya piksel yang bernilai *ON* yang secara akumulasi ditambahkan ketika dilakukan pembacaan piksel yang sejajar dengan baris teks semula sampai akhir dari dokumen. Profil yang diperoleh mungkin akan mempunyai berbagai nilai kecondongan, namun biasanya sebaris (horisontal) atau sekolom (vertikal), dan inilah yang kemudian akan disebut dengan proyeksi profil horisontal atau vertikal.

Proyeksi profil horisontal akan mempunyai puncak yang lebarnya sama dengan tinggi karakter, dan lembah yang lebarnya sama dengan spasi antar baris teks. Untuk dokumen yang tersusun dalam

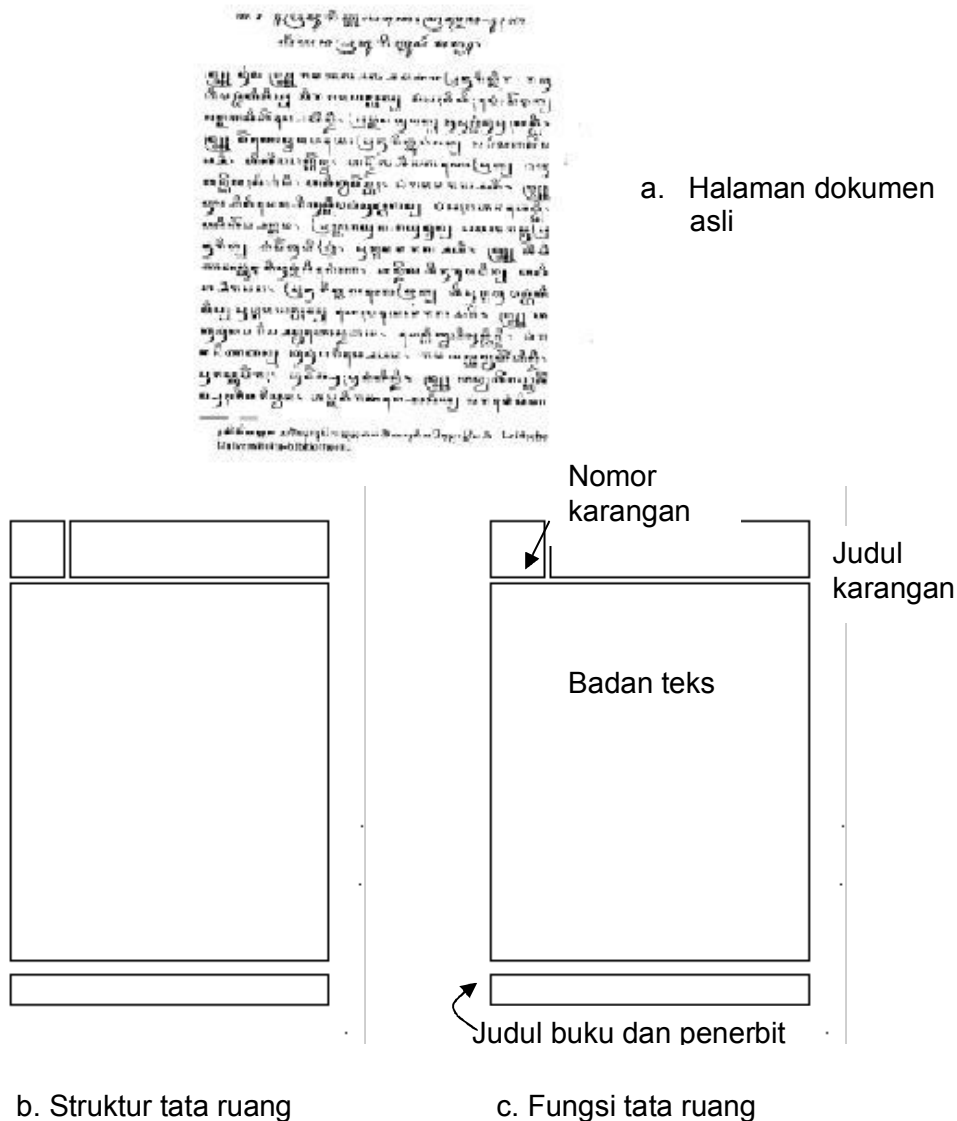
kolom-kolom, proyeksi profil vertikal akan mempunyai puncak di setiap kolom yang dipisahkan dengan lembah-lembah yang menyatakan jarak antar kolom dan spasinya.

Setelah proyeksi profil diperoleh, maka kita akan dapat menghitung sudut orientasi dokumen sehingga kita dapat mengaturnya agar diperoleh sudut orientasi yang seperti kita harapkan. Di setiap sudut kita ukur variasi tinggi profil dan variasi maksimum sudut kecondongan. Untuk memperbaiki sudut kecondongan, karena proses pembacaan baris dilakukan secara lurus untuk baris teks, maka proyeksi profilnya harus mempunyai puncak berupa tinggi maksimum dari teks, dan lembah berupa spasi antar baris. Salah satu metode yang dapat dipergunakan untuk memperbaiki sudut kecondongan dokumen adalah dengan transformasi Hough (Srihari dan Govindaraju, 1989).

6.3. Analisis Tata Ruang (*Layout*) Dokumen

Setelah dilakukan deteksi kecondongan, citra biasanya kemudian

dirotasikan untuk memperoleh sudut kecondongan 0, untuk kemudian dilakukan analisis tata ruang dokumen. Struktur analisis tata ruang dilakukan untuk mendapatkan bentuk fisik dari komponen suatu kelompok di dalam dokumen. Sesuai dengan format dokumen, bentuk fisik dapat berupa kata, baris-baris teks, dan blok suatu struktur teks, misalnya paragraph. Analisis fungsi tata ruang menggunakan informasi keterikatan domain teks, yang di dalamnya memuat aturan-aturan tata ruang bagian suatu halaman. Sebagai hasil dari analisis tata ruang adalah label-label untuk setiap struktur tata ruang yang diperoleh. Sebagai contoh hasil pelabelan pada halaman pertama dari suatu artikel atau jurnal ilmiah adalah judul karangan, nama pengarang, abstrak, kata kunci, paragraph dari badan teks, dan lain sebagainya. Contoh lain, gambar 7 memperlihatkan struktur dan fungsi tata ruang sebuah dokumen dari sebuah buku sastra Jawa yang relatif sederhana.



Gambar 7. Contoh struktur dan fungsi tata ruang dokumen sebuah buku sastra jawa

Analisis struktur tata ruang dapat dibentuk baik secara *top-down* (Pavlidis dan Zhon, 1991) ataupun *bottom-up* (O’Gorman, 1993). Metode *top-down* dilakukan dengan cara memecah bagian besar dari halaman menjadi sub-sub bagian yang lebih kecil. Contohnya, satu

halaman vertikal dokumen dipecah menjadi satu atau lebih blok kolom teks, kemudian setiap blok kolom dipecah menjadi paragraf-paragraf, kemudian setiap paragraf dipecah lagi menjadi baris-baris teks, dan seterusnya. Sedangkan dalam pendekatan metode *bottom-up*, setiap komponen-komponen bagian

halaman yang saling berhubungan digabung. Karakter-karakter penyusun kata digabung menjadi satu blok kata, kemudian blok-blok kata digabung menjadi baris-baris teks, dan seterusnya. Dalam kenyataannya sering terjadi bahwa kedua metode dilakukan secara bergantian.

7. PENUTUP

Perkembangan ilmu analisis citra dokumen membuka peluang besar untuk dimanfaatkan bagi penyelamatan naskah-naskah kuno yang banyak ditemukan di Yogyakarta dan merupakan warisan budaya yang tak ternilai harganya. Apabila naskah-naskah tersebut dapat dikonversikan ke dalam format digital, akan banyak manfaat yang bisa diraih.

Persoalan muncul karena naskah kuno di Yogyakarta kebanyakan ditulis dengan menggunakan karakter Jawa, sementara komputer umumnya hanya mengenal dan merepresentasikan karakter Latin. Oleh karena itu, terbuka lebar peluang untuk membuat suatu perangkat lunak yang mampu mengenali dokumen berkarakter Jawa tersebut dan selanjutnya merepresentasikannya dalam komputer. Mengingat tidak semua orang mengenal karakter Jawa, maka akan lebih bermanfaat lagi apabila kemudian naskah berkarakter Jawa tersebut dapat direpresentasikan pula dengan karakter Latin tanpa kehilangan maknanya. Semoga tulisan ini dapat menjadi inspirasi bagi pembaca untuk mengembangkan lebih lanjut kegunaan lain dari analisis citra dokumen.

KEPUSTAKAAN

- Brown, Eric W., 2000, *Character Recognition by Feature Point Extraction*, www.ccs.neu.edu/home/feneric/papers/charrec.pdf, diakses tanggal 20 Juni 2004.
- Duda, Richard O., Hart, Peter E., Stork, David G., 2000, *Pattern Classification*, Wiley Interscience, USA.
- Gonzalez, Rafael C., 1992, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., USA.
- O’Gorman, 1993, *The document spectrum for structural page layout analysis*, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intelli
- O’Gorman, Lawrence., Kasturi, Rachangar., 1997, *Executive briefing: documen image analysis*, IEEE Computer Society Press., USA.
- Pavlidis T, Zhou J, 1991, *Page segmentation by white streams. Proc. Ist Int.Conf.on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, St. Malo France, pp 945-953.

Srihari S N, Govindaraju V, *Analysis of textual images using the Hough Transform.*
Machine Vision Appl. 2:141-153.