

SEGMENTASI CITRA TULISAN TANGAN AKSARA BALI BERBASIS PROYEKSI VERTIKAL DAN HORIZONTAL

I Made Gede Sunarya¹, Made Windu Antara Kesiman², Ida Ayu Putu Purnami³

^{1,2}Jurusan Pendidikan Teknik Informatika, ³Jurusan Pendidikan Bahasa Bali

Universitas Pendidikan Ganesha

Jl. Udayana, Kampus Tengah Undiksha, Singaraja

Abstrak

Salah satu kekayaan budaya kita yang hampir punah adalah aksara Bali. Keadaannya memang sangat sulit. Penggunaannya semakin jarang dan lingkup pemakaiannya semakin sempit. Pada tingkatan dasar, pengenalan aksara Bali dalam kurikulum sekolah merupakan pondasi bagi pelestariannya. Dunia pendidikan memerlukan alat bantu dalam penerbitan literatur yang bermutu. Pada tingkat selanjutnya, para pakar budaya dan bahasa memerlukan alat bantu untuk mengkomunikasikan hasil kajiannya. Semakin canggih alat bantu, semakin terjamin kelancaran dan keruntutan roda pendidikan dan pendalaman budaya Bali ke masa depan. Alat bantu yang dimaksud adalah komputer dan dengan komputer bisa dilakukan analisis terhadap aksara Bali. Tujuan penelitian pada tahap ini adalah melakukan segmentasi pada citra dokumen tulisan tangan aksara Bali. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan perangkat lunak SDLC (System Development Life Cycle) pendekatan Waterfall. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses segmentasi telah berhasil melakukan segmentasi terhadap citra dokumen tulisan aksara Bali. Hasil berupa karakter-karakter (compound character) penyusun dokumen citra aksara Bali.

Kata Kunci : Segmentasi, Dokumen citra aksara Bali, Proyeksi vertikal dan horisontal

1. PENDAHULUAN

Aksara Bali merupakan sarana yang vital untuk dapat lebih mengenal budaya Bali secara mendalam, karena aksara Bali berfungsi sebagai sarana untuk menuliskan berbagai macam masalah keagamaan, adat-istiadat, sastra dan sebagainya. Tanpa mengenal dan mampu membaca serta menulis aksara Bali, sulit diharapkan seseorang akan mampu memahami informasi yang tersimpan dalam naskah-naskah yang berhuruf Bali. Banyak terdapat dokumen sejarah, kesusastraan kuno dan dokumen lainnya yang ditulis dengan aksara Bali [1]. Menulis dalam aksara Bali memerlukan keahlian khusus karena kebiasaan kita yang menggunakan dan menulis dalam huruf latin. Aksara Bali yang merupakan jenis aksara alfasilabis yaitu aksara segmental yang didasarkan pada konsonan dengan notasi vokal yang diwajibkan tapi bersifat sekunder juga menjadi kendala dalam penggunaan aksara Bali.

Salah satu kekayaan budaya kita yang hampir punah adalah aksara Bali. Keadaannya memang sangat sulit. Penggunaannya semakin jarang dan lingkup pemakaiannya semakin sempit. Kita semua tahu, banyak faktor yang menyebabkannya. Pustaka leluhur semakin ditinggalkan. Aksara Bali menjadi kian miskin dan rapuh, karena tidak sempat berkembang. Akibatnya menjadi sulit mengakomodasikan pemikiran-pemikiran baru menggunakan aksara Bali. Pada tingkatan dasar, pengenalan aksara Bali dalam kurikulum

sekolah merupakan pondasi bagi pelestariannya. Dunia pendidikan memerlukan alat bantu dalam penerbitan literatur yang bermutu. Pada tingkat selanjutnya, para pakar budaya dan bahasa memerlukan alat bantu untuk mengkomunikasikan hasil kajiannya. Semakin canggih alat bantunya, semakin terjamin kelancaran dan keruntutan roda pendidikan dan pendalaman budaya Bali ke masa depan [2]. Alat bantu yang dimaksud adalah komputer.

Salah satu usaha yang dilakukan untuk melestarikan aksara Bali adalah mengadakan lomba-lomba menulis aksara Bali. Dinas Pendidikan, Pemuda dan Olahraga Pemerintah Kabupaten Gianyar, Bali, menggencarkan lomba menyalin huruf latin ke aksara Bali dengan tujuan untuk melestarikan kekayaan budaya bangsa yang saat ini kian dijauhi oleh anak-anak muda. Kepala Dinas, Pendidikan, Pemuda dan Olahraga Gianyar, I Gusti Ngurah Wijana mengungkapkan bahwa mereka saat ini terus menggencarkan lomba menyalin huruf latin dengan aksara Bali [3]. Beliau juga menyebutkan bahwa lomba menyalin huruf latin ke aksara Bali sering dilakukan untuk merangsang anak-anak sekolah mencintai bahasa ibunya, yakni bahasa Bali. Pada tingkat SD, SMP, SMA sampai pada Perguruan Tinggi (Khususnya Jurusan Bahasa Bali) mendapatkan materi pelajaran tentang menulis aksara Bali. Dalam melakukan asesmen terhadap hasil tulisan aksara Bali, penilai sering menggunakan penilaian subjektif, karena tidak dipungkiri bahwa tulisan aksara Bali mengandung nilai-nilai estetika. Penilaian yang subjektif ini dapat memberikan penilaian yang berbeda terhadap suatu hasil tulisan Aksara Bali.

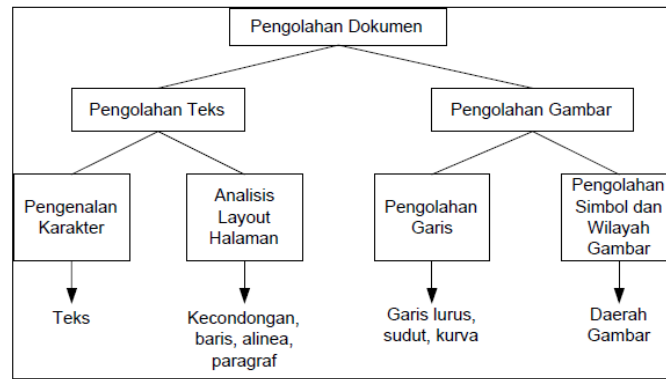
Komputer sebagai suatu alat yang banyak memiliki pengaruh dalam berbagai segi kehidupan, karena komputer memiliki kecepatan dan sifat yang baku (objektif). Pada bidang komputer khususnya bidang citra digital, pengolahan suatu dokumen teks disebut dengan OCR (Optical Character Recognition). Bidang OCR ini dapat dimanfaatkan untuk mengolah hasil tulisan aksara Bali dan kemudian memberikan penilaian yang baku berdasarkan data aksara Bali yang dipakai acuan. Untuk dapat memberikan penilaian terhadap hasil tulisan tersebut, perlu dilakukan pengenalan terhadap dokumen aksara Bali tersebut. Dalam melakukan pengenalan dokumen tersebut diperlukan segmentasi atau pemisahan antar karakter dalam dokumen tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan penelitian tentang segmentasi pada citra dokumen tulisan tangan aksara Bali.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Analisis Citra Dokumen

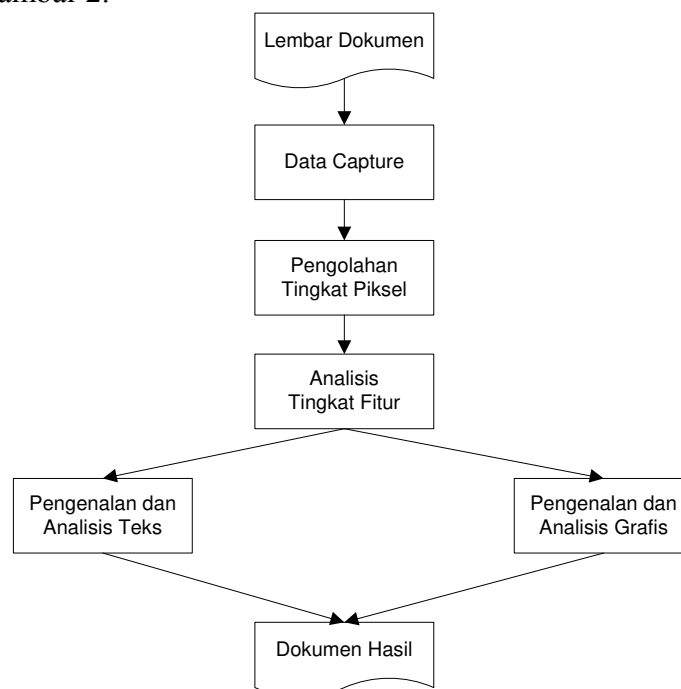
Banyak dokumen yang memiliki format karakter yang berbeda dengan format karakter karakter latin, misal dokumen yang ditulis dalam format karakter Cina, India, Thailand, Jawa dan sebagainya. Akibatnya dokumen tersebut hanya dapat dibaca oleh orang yang memahami format karakter tersebut. Untuk kepentingan 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 dalam [4]).



Gambar 1. Hirarki Pemrosesan Dokumen

Pengolahan teks berkaitan 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 pengenalan karakter (OCR). Sementara pengolahan grafik berkaitan 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 2. Langkah-langkah proses analisis dokumen

2.2 Preprocessing Citra Digital

2.2.1 Grayscale

Citra *grayscale* merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain nilai bagian $Red = Green = Blue$. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan dan putih. Tingkatan keabuan di sini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga putih.

Nilai $I(x,y)$ adalah level keabuan pada suatu kopordinat yang diperoleh dengan membagi komponen warna R (merah), G (hijau), B (biru) [5].

2.2.2 Binerisasi

Binarization adalah langkah awal dari kebanyakan proses dalam sistem analisis dokumen citra dan mengacu pada konversi dari gambar *grayscale* menjadi gambar biner. Dalam literatur, *binarization* biasanya dilaporkan dilakukan baik secara global maupun lokal. Metode global (*thresholding* global) menggunakan nilai ambang tunggal untuk mengklasifikasikan piksel gambar ke kelas objek atau latar belakang sedangkan skema lokal (*adaptive thresholding*) dapat menggunakan beberapa nilai yang dipilih sesuai dengan informasi daerah setempat. Sebagian besar algoritma yang diusulkan untuk binerisasi gambar yang optimal bergantung pada metode statistik, tanpa memperhitungkan sifat khusus dari dokumen gambar [6]

Citra biner adalah citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan yaitu hitam (0) dan putih (1). Citra biner merupakan citra yang banyak dimanfaatkan untuk keperluan *pattern recognition* seperti pengenalan angka, huruf maupun tandatangan. Piksel-piksel objek bernilai 1 dan piksel-piksel latar belakang bernilai 0.

Pengkonversian citra *grayscale* menjadi citra biner dilakukan untuk alasan-alasan sebagai berikut.

1. Untuk mengidentifikasi keberadaan objek, yang direpresentasikan sebagai daerah (*region*) di dalam citra. Misalnya ingin memisahkan objek dengan latar belakangnya. Piksel-piksel objek dinyatakan dengan nilai 1 sedangkan piksel lainnya dengan 0.
2. Untuk memfokuskan pada analisis bentuk morfologi, yang dalam hal ini piksel tidak terlalu penting dibandingkan bentuknya.
3. Untuk menampilkan citra pada piranti keluaran yang hanya mempunyai resolusi satu bit, yaitu piranti penampil biner seperti pencetak (*printer*).
4. Mengkonversi citra yang telah ditingkatkan kualitas tepinya ke penggambaran garis-garis tepi [7].

2.2.3 Pengurangan *noise*

Pengurangan *noise* merupakan suatu proses untuk mereduksi atau mengurangi *noise* pada sebuah citra digital. *Noise* atau dalam bahasa Indonesia sering disebut derau dalam dunia fotografi dan *image processing* merupakan gangguan yang disebabkan oleh menyimpangnya data digital yang diterima oleh alat penerima data gambar. Alat penerima gambar ini bisa berbentuk berbagai macam, mulai dari kamera, baik itu jenis kamera analog maupun jenis kamera digital dan juga *scanner*. *Median filter* dapat digunakan untuk mengurangi *noise*. *Median filter* menghitung nilai dari setiap piksel baru, yaitu nilai pada piksel pada pusat koordinat *sliding window*. Nilai tengah dari piksel di dalam *window* tergantung pada ukuran *sliding window*. Untuk ukuran *window* m baris dan n kolom maka banyaknya piksel dalam *window* adalah $(m \times n)$. Akan lebih baik ukuran *window* adalah bilangan ganjil karena piksel pada posisi tengahnya lebih pasti diperoleh, yaitu piksel pada posisi $(m \times n + 1)/2$. Semua piksel tetangga harus diurut sebelum menentukan piksel pada posisi tengah [8].

2.2.4 Perangkaan/*Thinning*

Thinning merupakan suatu operasi morfologi. *Thinning* mengubah bentuk asli citra biner menjadi citra yang menampilkan batas-batas objek/*foreground* hanya setebal satu piksel. Sepintas, *thinning* mempunyai kemiripan dengan deteksi tepi dalam hal *output* dari citra yang dihasilkan. Deteksi tepi merubah gray level atau intensitas citra menjadi citra yang menampilkan batas-batas obyek berdasarkan kontras warna antar piksel sedangkan *thinning* mereduksi piksel pada obyek biner menjadi piksel yang bernilai sama dengan nilai piksel pada *background*. Keluaran berupa citra biner dengan informasi berupa batas-batas

obyek berdasarkan piksel dengan ketebalan satu piksel. Tujuan *thinning* adalah untuk menghilangkan piksel objek pada citra biner [8].

Thinning merupakan proses pengurangan komponengambar dalam rangka untuk memperoleh informasi yang paling dasar tentang gambar-pembentukan atau untuk mendapatkan gambar tanpa merusak kerangka informasi dari bentuk aslinya. Hasil dari proses penipisan disebut kerangka. Beberapa manfaat yang akan diperoleh jika proses *thinning* dikelola dengan baik:

1. Ukuran menjadi lebih kecil karena data akan menghasilkan informasi penting saja, dan juga mengurangi penggunaan memori.
2. Memfasilitasi analisis struktural dari suatu obyek.
3. Kerangka yang dihasilkan dapat digunakan untuk klasifikasi dalam proses pengenalan pola.

2.2.5 Segmentasi

Segmentasi citra merupakan suatu proses yang membagi citra ke dalam beberapa bagian, yaitu bagian yang diperlukan dan bagian yang tidak diperlukan oleh sistem [9]. Segmentasi karakter perlu dilakukan sebelum proses pengenalan karakter. Biasanya citra yang akan disegmentasi sudah berupa citra biner (hitam-putih) untuk memudahkan pemisahan karakter.

Untuk mensegmentasi aksara Bali akan digunakan metode *Projection Profile-Based Histogram* dengan menjadikan huruf atau objek kedalam bentuk garis-garis histogram vertikal dan horisontal [10]. Metode *Projection Profile Histogram* ini berdasarkan pada penggunaan profil histogram yang telah tercipta dan diproporsikan oleh suatu citra. Profil dari proyeksi merupakan sebuah struktur data yang digunakan untuk menyimpan sejumlah piksel hitam yang merupakan objek ketika suatu citra diproyeksikan melalui sumbu x maupun sumbu y. Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung jumlah piksel hitam pada suatu citra secara mendatar (horisontal) dan juga secara menurun (vertikal). Metode ini dapat digunakan dalam segmentasi karakter pada tulisan latin. Berikut ini ditunjukkan persamaan yang digunakan untuk melakukan proyeksi histogram dengan mengambil jumlah piksel yang terkait [10].

2.2.6 Normalisasi

Normalisasi pada pengolahan citra berarti mentransformasikan citra ke bentuk citra normal yang sesuai dengan kebutuhan. Besar dan kecil ukuran pada citra normalisasi tidak sesuai ukuran yang diambil dari citra semula. Penulis menggunakan penskalaan dari citra semula ke bentuk citra normalisasi. Penskalaan ini tergantung besar dan kecil ukuran pada citra semula artinya tidak berarti apakah citra membesar atau mengecil tergantung ukuran citra semula.

2.2.7 Operasi *Closing*

Operasi *closing* merupakan penggabungan antara dua operasi, yaitu erosi dan dilasi. Operasi dilasi dilakukan terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan operasi erosi. Hasil operasi *closing* adalah memperbesar batas luar dari objek *foreground* dan juga menutup lubang kecil yang terletak di tengah objek.

2.3. Pengenalan Pola

Secara umum, pengenalan pola (*patternrecognition*) adalah suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur (ciri) atau sifat utama dari suatu objek. Pola sendiri adalah suatu entitas yang terdefinisi dan dapat diidentifikasi serta diberi nama. Pola bisa merupakan kumpulan hasil pengukuran atau pemantauan dan bisa dinyatakan dalam notasi vektor atau matriks. Fitur (*feature*) adalah

semua hasil pengukuran yang bisa diperoleh dan merupakan karakteristik pembeda dari objek. Fitur dapat berupa simbol seperti warna, numerik seperti berat, atau gabungan keduanya. Vektor fitur (*features vector*) adalah gabungan atau kombinasi dari beberapa fitur dan dinyatakan sebagai vektor kolom. Banyaknya fitur pembentuk vektor fitur disebut dengan dimensi dari vektor fitur [8].

2.4 Aksara Bali

Aksara Bali memiliki bentuk umum Anacaraka berjumlah 18 buah konsonan (aksara wianjana).



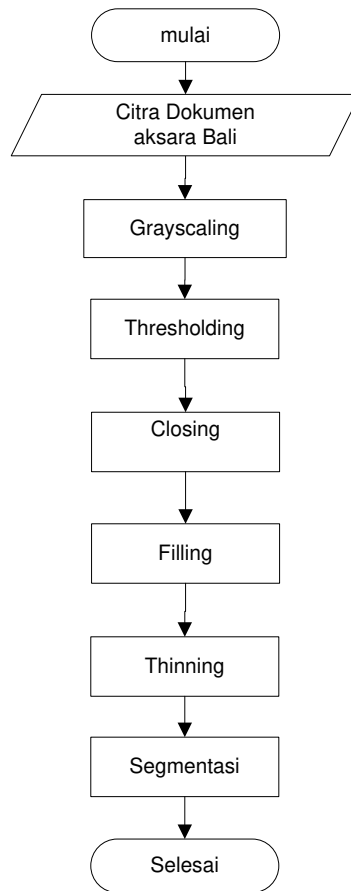
Gambar 3 Aksara Bali (sumber : Sawabi, 2009)

Aksara Bali berbeda bentuk sesuai dengan bunyinya dan posisinya. Aksara Bali yang diletakkan secara normal (sebagai *pengawak*) akan berbeda jika diletakkan di bawah (sebagai *gantungan*). Di samping itu perbedaa mendasar antara aksara Bali dengan aksara Latin adalah aksara Latin melambangkan satu phonem sedangkan aksara Bali melambangkan satu buah suku kata atau dikenal sebagai huruf sylabis. Pada penulisannya, satu kata atau kalimat yang menggunakan aksara bali dapat menempati tiga baris, yaitu [12]:

- Baris I : Biasanya ditempati oleh *pengangge/sandang* sastra yaitu pakaian yang dikenakan pada sebuah aksara yang menyebabkan perubahan bunyi dari aksara yang memakai. Untuk selanjutnya baris pertama ini disebut dengan baris/posisi sandang sastra.
- Baris II : Merupakan tempat menuliskan *pengawak* (badan) dari aksara tersebut, yang dalam abjad jawa dikenal sebagai aksara pokok. Selanjutnya posisi ini kita sebut sebagai posisi *pengawak*.
- Baris III : Merupakan tempat memasang *gantungan*, yaitu aksara yang digantungkan pada aksara *pengawak* tadi. *Gantungan* ini gunanya untuk membuat aksara yang digantungi mati (menjadi konsonan). Selanjutnya posisi ini disebut dengan posisi *gantungan*. Posisi *gantungan* ini ada kalanya dibagi menjadi dua bagian jika terpaksa harus menuliskan tiga buah konsonan (aksara wianjana) secara berjajar/berurutan. Biasanya *gantungan* yang pertama dibuat lebih besar dan posisinya agak ke atas sedangkan *gantungan* kedua dibuat lebih kecil dan agak ke bawah. Untuk memudahkan pemanggilan maka gantungan yang pertama disebut dengan istilah *gantungan tegeh* yang artinya posisinya agak ke atas sedangkan yang kedua disebut sebagai *gantungan endep* yang artinya posisinya agak ke bawah, dan gantungan yang menempati posisinya sendirian saja disebut sebagai *gantungan* saja.

3. METODOLOGI PENELITIAN

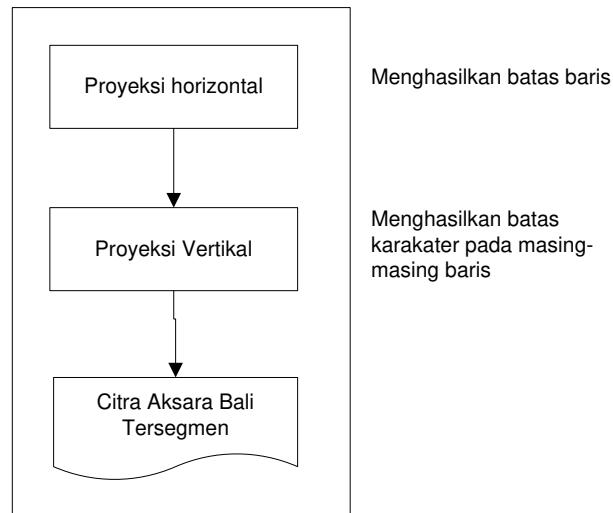
Bagan umum penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan umum proses

Berdasarkan Gambar 4, proses diawali dengan input citra dokumen Aksara Bali. Citra dokumen Aksara Bali diperoleh dari proses pemindaian (scan) dari dokumen aksara Bali. Setelah dilakukan proses input citra kemudian dilakukan proses grayscale, thresholding menggunakan metode Otsu, proses Closing, Filling, Thinning kemudian dilakukan segmentasi menggunakan proyeksi vertikal dan proyeksi horisontal. Hasil dari proses segmentasi adalah citra karakter penyusun dari dokumen Aksara Bali.

Pada proses segmentasi, dilakukan proses proyeksi secara horisontal kemudian dilanjutkan dengan proses proyeksi secara horisontal.



Gambar 5. Bagan Proses Segmentasi

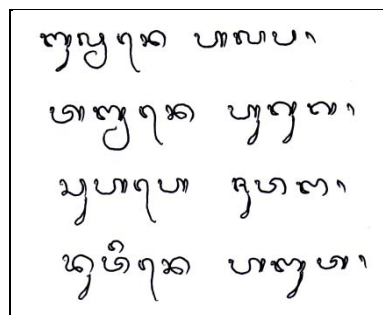
Proses segmentasi dilakukan melalui 2 tahap yaitu proyeksi secara horisontal dan proyeksi secara vertikal. Proyeksi secara horisontal akan menghasilkan batas baris dan proyeksi secara vertikal akan menghasilkan batas karakter pada masing-masing baris dari citra dokumen Aksara Bali

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

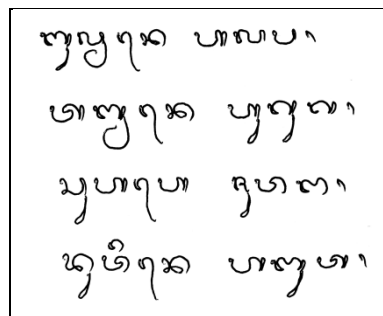
Secara umum, proses yang dikembangkan menerima input citra dokumen Aksara Bali yang diperoleh melalui proses pemindaian (scan) dokumen. Citra yang diinput diproses dengan preprocessing grayscale, thresholding, closing, filling, thinning. Citra input merupakan merupakan tulisan tangan Aksara Bali yang terdiri dari variasi gabungan karakter (pengangge, pengawak, gantungan). Hasil dari proses preprocessing kemudian dilakukan segmentasi secara horisontal dan secara vertikal.

Hasil eksekusi modul ditunjukkan sebagai berikut:

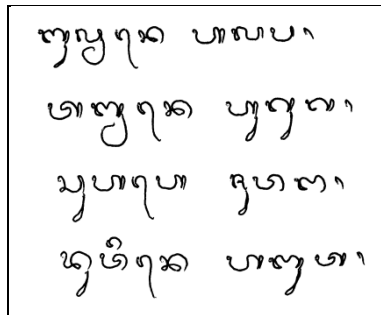
Proses Input Citra



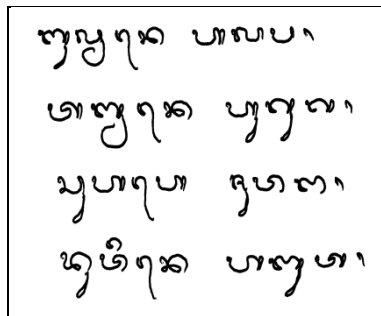
Proses Grayscale



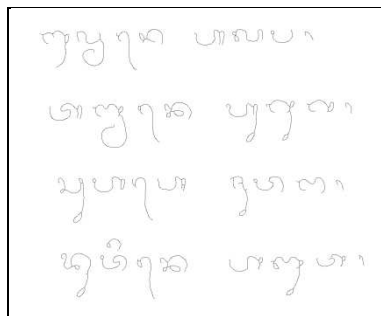
Proses Thresholding



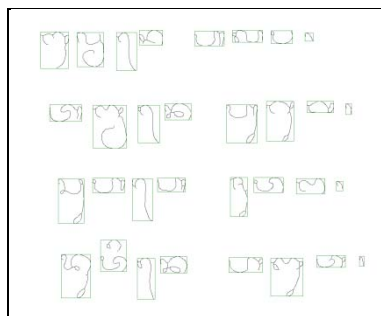
Proses Closing



Proses Thinning



Proses Segmentasi



Hasil segmentasi untuk masing-masing karakter terinci sebagai berikut:

Info SEGMENTASI

- jumlah baris = 4
- jml karakter baris ke-1 = 8
- jml karakter baris ke-2 = 8
- jml karakter baris ke-3 = 8
- jml karakter baris ke-4 = 8
- jumlah total karakter = 32

Hasil dari proses segmentasi menghasilkan citra tersegmen dari citra dokumen Aksara Bali. Berikut hasil dari citra tersegmen dari citra input.

Tabel 1 Citra Tersegmen

Baris/ Kolom	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2								
3								
4								

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Proses preprosesing terdiri dari proses proses *grayscaleing*, *thresholding*, *closing*, *filling*, *thinning*
2. Proses segmentasi telah berhasil melakukan segmentasi terhadap citra dokumen tulisan aksara Bali. Hasil berupa karakter-karakter (*compound character*) penyusun dokumen citra aksara Bali.

Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan perbandingan beberapa metode segmentasi khususnya dalam segmentasi karakter (*script*).Metode proyeksi vertikal dan horisontal memiliki keterbatasan pada posisi tulisan relatif lurus (tidak miring).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wendra, I.W., 2007, Strategi Guru Dalam Pembelajaran Membaca Teks Bahasa Bali Berhuruf Bali Di Sekolah Dasar Laboratorium Ikip Negeri Singaraja, Jurnal Pendidikan dan Pengajaran UNDIKSHA, No. 4 TH. XXXX Oktober 2007, ISSN 0215 – 8250
- [2] Yayasan Bali Galang, 2013, Pelestarian Aksara Bali, http://www.babadbali.com/aksarabali/aksara_bali.htm (diakses tanggal 2 April 2014)
- [3] IANN, 2010, Diknas Gianyar Gencarkan Lomba Aksara Bali, http://www.babadbali.com/aksarabali/aksara_bali.htm (diakses tanggal 4 April 2014)
- [4] Widiarti, A.R., 2006, Pengenalan Citra Dokumen Sastra Jawa Konsep dan Implementasinya, Tesis, S2 Ilmu Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [5] Putra, D.I.K.G. dan Suarjana, I.G., 2010, Segmentasi Citra Retina Digital Retinopati Diabetes Untuk Membantu Pendeteksian Mikroaneurisma, Teknologi Elektro Vol. 40 9 No.1 Januari – Juni 2010.
- [6] Perantonis, S., Gatos, B., Ntzios, K., Pratikakis, L.,Vrettaros, L., Drigas, A., Emmanouilidis, C., Kesidis, A., Kalomirakis, D., tt, Digitisation Processing And Recognition Of Old Greek Manuscripts (The D-Scribe Project), International Journal "Information Theories & Applications" Vol.11, 232-240

- [7] Wardoyo, S., 2009, Identifikasi Tandatangan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, Tesis, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [8] Putra, D., 2010, Pengolahan Citra Digital, Penerbit Andi, Yogyakarta
- [9] Munir, Rinaldi., 2004.,Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik, Informatika, Bandung.
- [10] Rodrigues, R., Thome, G., Carlos, A. 2000. Cursive character recognition – a character segmentation method using projection profile-based technique, Brasil
- [11] Sawabi, IGN, 2009, Pengembangan Aksara Bali Kebutuhan Mendesak, <http://edukasi.kompas.com/read/2009/11/15/09153783/Pengembangan.Aksara.Bali.Kebutuhan.Mendesak>, diakses tanggal 20 Juni 2014
- [12] Widiartha,I.B.K., 2001, Pembuatan Perangkat Lunak Transliterasi Aksara Latin Ke Aksara Bali Dan Aksara Bali Ke Aksara Latin, Tesis, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.