



TESIS - TE142599

# **BINERISASI NASKAH KUNO MENGGUNAKAN LOCAL ADAPTIVE THRESHOLD**

YOGI DWI MAHANDI  
2215205010

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.  
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017





TESIS - TE142599

## **BINERISASI NASKAH KUNO MENGGUNAKAN LOCAL ADAPTIVE THRESHOLD**

YOGI DWI MAHANDI  
2215205010

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.  
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017



## LEMBAR PENGESAHAN

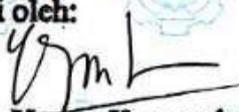
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Yogi Dwi Mahandi  
NRP. 2215205010

Tanggal Ujian : 13 Juni 2017  
Periode Wisuda : September 2017

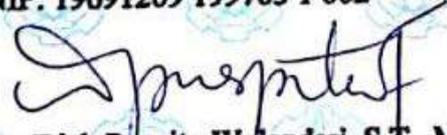
Disetujui oleh:

  
1. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc. (Pembimbing I)  
NIP: 19540925 197803 1 001

  
2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T. (Pembimbing II)  
NIP: 19680601 199512 1 009

  
3. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. (Penguji)  
NIP: 19690730 199512 1 001

  
4. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. (Penguji)  
NIP: 19691209 199703 1 002

  
5. Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T., M.Sc. (Penguji)  
NIP: 19801219 200501 2 001

Dekan Fakultas Teknologi Elektro

  
Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.  
NIP: 19700212 199512 1 001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“BINERISASI NASKAH KUNO MENGGUNAKAN LOCAL ADAPTIVE THRESHOLD”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 19 Juli 2017



Yogi Dwi Mahandi

NRP. 2215205010

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BINERISASI NASKAH KUNO MENGGUNAKAN LOCAL ADAPTIVE THRESHOLD**

Nama mahasiswa : Yogi Dwi Mahandi  
NRP : 2215205010  
Pembimbing : 1. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.  
2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Naskah kuno biasanya disimpan di perpustakaan dan museum. Dalam waktu penyimpanan yang lama, naskah tersebut memiliki resiko terjadinya kerusakan fisik yang dapat mengakibatkan hilangnya informasi yang terkandung di dalamnya. Kerusakan tersebut meliputi bercak merah dan kecoklatan, serat kertas yang lapuk, kertas yang berlubang dan tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya. Pencegahan secara fisik dapat memakan biaya dan waktu yang cukup banyak. Untuk itu, pencegahan secara non-fisik dapat dilakukan sebagai solusi biaya dan waktu.

Digitalisasi merupakan salah satu pencegahan secara non-fisik yang dapat dilakukan. Akan tetapi pada hasil digitalisasi, noise yang muncul pada naskah kuno masih ikut terambil dan mengganggu isi dari tulisan utama pada naskah. Oleh karena dilakukan proses binerisasi dimana noise-noise yang muncul dihilangkan dan yang tertinggal hanya tulisan utamanya saja. Binerisasi pada naskah kuno memiliki banyak metode salah satunya menggunakan metode local adaptive threshold, dimana nilai ambang yang digunakan untuk proses thresholding diambil dari nilai tetangga tiap pikselnya. Pada penelitian ini, diusulkan sebuah metode yang berfokus pada masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan pencarian nilai ambang berdasarkan nilai average dan standard deviasnya.

Dari beberapa pengujian berbasis ground-truth pada naskah kuno dengan masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya yang telah dilakukan, metode usulan memperoleh urutan pertama jika dibandingkan dengan metode Otsu, Bernsen, Niblack, Sauvola, Phansalkar dan Singh. Metode usulan memperoleh rata-rata pengukuran F-Measure sebesar 91,211 % dan PSNR sebesar 17,326 dB dengan DRD dan MSE nya sebesar 3,257 dan 1.227. Kedepannya, besar harapan agar metode usulan dapat membantu proses binerisasi pada sistem OCR beraksara jawa untuk perawatan dan pelestarian naskah kuno.

Kata kunci: Binerisasi Naskah Kuno, Local Adaptive Threshold, Tembusan Tinta Dari Halaman Sebaliknya, Pengolahan Citra Digital, Aksara Jawa

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **ANCIENT DOCUMENT BINARIZATION USING LOCAL ADAPTIVE THRESHOLD**

By : Yogi Dwi Mahandi  
Student Identity Number : 2215205010  
Supervisor(s) : 1. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.  
2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Ancient documents are usually stored in libraries and museums. In the long storage time, the document has a risk to loss the information by physical damage or degradation. The physical damages and degradations are red smear, rotted paper fibers, perforated paper and ink bleed-through. Physical prevention can consume much cost and time. Therefore, non-physical prevention can be done as the solution of it.

Digitalization is one of the non-physical prevention. But, in the digitalization, the noise that appears in the ancient documents are still taken up and interrupt the main article on the document. Therefore, the binarization is a process to remove the noise and left only the main article in the image. Ancient document binarization has many methods. One of them is local adaptive threshold where the threshold candidates are taken from the value of their neighborhood pixel. In this research, we proposed new method that focus on the ink bleed-through degradation using local adaptive threshold base on the average and the standard deviation.

From the ground-truth based tests on ancient document with ink bleed-through degradation, the proposed method achieves the first place if compared with Otsu's, Bernsen's, Niblack's, Sauvola's, Phansalkar's and Singh's method. The proposed method achieves the average score of F-Measure and PSNR that are: 91.211% and 17.326 dB with 3.257 DRD and 1,227 MSE. For advanced, the proposed method can contribute the binarization process in the OCR system of Javanese handwritten document for the maintenance and the preservation.

**Keywords:** Ancient Document Binarization, Local Adaptive Threshold, Ink Bleed-through Degradation, Image Processing, Javanese Handwritten

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **KATA PENGANTAR**

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini. Secara khusus penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc. dan Dr. Eko Mulyanto Yuniarno., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberikan koreksi, memberikan motivasi dan mendukung penulis sepenuhnya dalam pembuatan tesis ini.
2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno., S.T., M.T. selaku koordinator bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia.
3. Dewan penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam tesis ini.
4. Kedua orang tua penulis Suhariyanto dan Suyatiningsih juga Mas Yoga Mahardika yang telah memberikan dukungan sepenuhnya kepada penulis selama studi magister.
5. Teman-teman JCM senasib seperjuangan yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan tesis ini,
6. Teman-teman Lab Visi Komputer yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama pengerjaan tesis ini,
7. Beasiswa Unggulan yang telah memberikan dukungan biaya studi magister on-going,
8. Museum Negeri Mpu Tantular, Sidoarjo – Jawa Timur atas kerjasama dan koordinasinya yang telah mendukung penulis pada penelitian ini, dan
9. Semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karenanya masukan, saran dan kritik untuk perbaikan sangat diharapkan. Besar harapan tesis ini dapat bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Surabaya, 19 Juli 2017

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxiii
DAFTAR NOMENKLATUR .....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Kontribusi .....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....	7
2.1 Kajian Penelitian Terkait .....	7
2.2 Model Warna RGB .....	9
2.3 Model Warna Keabuan (Grayscale) .....	10
2.4 Pelebaran Citra .....	11
2.5 Binerisasi Citra .....	13
2.6 Adaptive Thresholding .....	15
2.6.1 Global Thresholding .....	15
2.6.2 Local Thresholding .....	15
2.7 Fitur Ketetangaan Citra .....	16
2.7.1 Rata-rata (Average) .....	17
2.7.2 Nilai Tengah (Median) .....	17
2.7.3 Nilai Terbesar (Maksimum) dan Terkecil (Minimum) .....	18
2.7.4 Nilai Tersering Muncul (Modus) .....	19
2.7.5 Simpangan Baku (Standard Deviasi) .....	19

2.7.6	Sebaran Nilai .....	19
2.7.7	Lebar Kelas.....	20
2.8	Pemotongan Citra.....	20
2.9	Pengukuran Evaluasi .....	21
2.9.1	Metode Pembuatan Ground-truth .....	21
2.9.2	Mean Square Error (MSE).....	22
2.9.3	Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) .....	23
2.9.4	F-Measure.....	23
2.9.5	Distance Reciprocal Distortion Metric (DRD).....	24
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>25</b>
3.1	Akuisisi Data .....	26
3.2	Pengubahan Model Warna .....	28
3.3	Pelebaran Ukuran Citra .....	28
3.4	Pencarian Kandidat Nilai Ambang.....	29
3.5	Bineriassi Menggunakan Kandidat Pengambangan .....	31
3.6	Pengembalian Ukuran Citra ke Ukuran Awal.....	32
3.7	Citra Hasil.....	33
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>35</b>
4.1	Evaluasi Visual.....	35
4.1.1	Metode Usulan.....	37
4.1.2	Metode Otsu .....	39
4.1.3	Metode Bernsen.....	42
4.1.4	Metode Niblack .....	45
4.1.5	Metode Sauvola .....	46
4.1.6	Metode Phansalkar .....	49
4.1.7	Metode Singh.....	51
4.2	Evaluasi Berbasis Ground-truth .....	53
4.3	Evaluasi Variasi Ukuran Citra.....	58
4.3.1	Evaluasi Visual pada Variasi Ukuran Citra.....	58
4.3.2	Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Variasi Ukuran Citra .....	62
4.4	Evaluasi Varasi Intensitas Cahaya pada Metode Usulan .....	66
4.5	Percobaan Masalah Lainnya.....	71
4.5.1	Bercak Kemerahan .....	71

4.5.2	Serat Kertas Lapuk.....	75
4.5.3	Kertas Berlubang.....	79
4.6	Percobaan Ukuran Window .....	81
4.7	Percobaan Ukuran k.....	84
4.8	Keunggulan dan Kelemahan Metode Usulan .....	85
BAB 5 PENUTUP .....		87
5.1	Kesimpulan .....	87
5.2	Saran .....	87
DAFTAR PUSTAKA .....		89
LAMPIRAN.....		91
BIODATA PENULIS .....		101

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Masalah yang muncul pada pada naskah kuno: (a) bercak kemerahan, (b) serat kertas yang lapuk, (c) kertas yang berlubang dan (d) tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya. ....	4
Gambar 2.1 Model Warna RGB.....	10
Gambar 2.2 Pengubahan Model Warna RGB ke Grayscale .....	10
Gambar 2.3 Citra Awal Sebelum Dilakukan Pelebaran Citra.....	11
Gambar 2.4 Pelebaran Citra Menggunakan Duplikat Nilai Tepi.....	12
Gambar 2.5 Pelebaran Citra Menggunakan Nilai Minimal atau Nol (0). ....	12
Gambar 2.6 Pelebaran Citra Menggunakan Nilai Maksimal atau 255. ....	13
Gambar 2.7 Binerisasi menggunakan metode thresholding dari citra awal (a) dengan nilai ambang: (b) <25, (c) <76, (d) <127, (e) <178, (f) <229.....	14
Gambar 2.8 Pencarian Fitur Ketetangaan Citra .....	16
Gambar 2.9 Pencarian Fitur Mean dari Ketetangaan Citra.....	17
Gambar 2.10 Pencarian Fitur Median dari Ketetangaan Citra.....	18
Gambar 2.11 Pencarian Fitur Maksimal dan Minimal dari Ketetangaan Citra.....	18
Gambar 2.12 Pencarian Fitur Modus dari Ketetangaan Citra.....	19
Gambar 2.13 Sebaran Nilai Normal.....	20
Gambar 2.14 Pembuatan Ground-truth Secara Manual Menggunakan Aplikasi Pengolahan Gambar.....	22
Gambar 2.15 Ground-truth Keseluruhan Citra Naskah Kuno.....	22
Gambar 3.1 Metode Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Metode Pengambilan Citra Naskah Kuno, (a) Rancangan, (b) Peletakan Penerangan, (c) Posisi Kamera dan (d) Proses Pengambilan Citra. ....	27
Gambar 3.3 Pemotongan Daerah Tulisan Pada Ketras Naskah Kuno: (a) Sebelum dan (b) Sesudah Pemotongan.....	27

Gambar 3.4 Pengubahan Model Warna (a) RGB ke Model Warna (b) Grayscale. .....	28
Gambar 3.5 Pelebaran Citra Grayscale (a) Menjadi Citra Baru (b). ....	29
Gambar 3.6 Standard Distribusi Normal. ....	30
Gambar 3.7 Binerisasi Menggunakan Kandidat Pengembangan Metode Penelitian. .....	32
Gambar 3.8 Pengembalian Ukuran Citra Ke Ukuran Awal. ....	32
Gambar 3.9 Binerisasi Menggunakan Metode Penelitian. ....	33
Gambar 4.1 Data Uji Evaluasi Visual: (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) Data Uji Keempat. ....	36
Gambar 4.2 Binerisasi Menggunakan Metode Usulan pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	39
Gambar 4.3 Binerisasi Menggunakan Metode Otsu pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	41
Gambar 4.4 Binerisasi Menggunakan Metode Bernsen pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	43
Gambar 4.5 Binerisasi Menggunakan Metode Niblack pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	46
Gambar 4.6 Binerisasi Menggunakan Metode Sauvola pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	48
Gambar 4.7 Binerisasi Menggunakan Metode Phansalkar pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	50
Gambar 4.8 Binerisasi Menggunakan Metode Singh pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	52
Gambar 4.9 Ground-truth yang Digunakan untuk Pengukuran: (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat. ....	54
Gambar 4.10 Data Uji Variasi Ukuran Citra pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5%. ....	59
Gambar 4.11 Binerisasi Data Uji Variasi Ukuran Citra Menggunakan Metode Usulan pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5%. ....	60

Gambar 4.12 Binerisasi Data Uji Variasi Ukuran Citra Menggunakan Metode Sauvola pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5% . . . . .	62
Gambar 4.13 Ground-truth Data Uji Variasi Ukuran Citra pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5% . . . . .	63
Gambar 4.14 Data Uji Variasi Intensitas Cahaya pada Penambahan Brightness: (a) 10, (b) 20, (c) 30, (d) 40, (e) 50 dan (f) 100. . . . .	69
Gambar 4.15 Data Uji Variasi Intensitas Cahaya pada Pengurangan Brightness: (a) 10, (b) 20, (c) 30, (d) 40, (e) 50 dan (f) 100. . . . .	69
Gambar 4.16 Binerisasi Menggunakan Metode Usulan pada Data Uji dengan Penambahan Brightness: (a) 10, (b) 20, (c) 30, (d) 40, (e) 50 dan (f) 100. . . . .	70
Gambar 4.17 Binerisasi Menggunakan Metode Usulan pada Data Uji dengan Pengurangan Brightness: (a) 10, (b) 20, (c) 30, (d) 40, (e) 50 dan (f) 100. . . . .	70
Gambar 4.18 Masalah Pada Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	72
Gambar 4.19 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan Menggunakan Metode Usulan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	73
Gambar 4.20 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan Menggunakan Metode Sauvola: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	73
Gambar 4.21 Ground-truth Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan : (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	73
Gambar 4.22 Masalah Pada Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	77
Gambar 4.23 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk Menggunakan Metode Usulan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	77
Gambar 4.24 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk Menggunakan Metode Phansalkar: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	77
Gambar 4.25 Ground-truth Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	78
Gambar 4.26 Masalah Pada Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. . . . .	80

Gambar 4.27 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang Menggunakan Metode Usulan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. ....	80
Gambar 4.28 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang Menggunakan Metode Phansalkar: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. ....	80
Gambar 4.29 Ground-truth Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua. ....	81
Gambar 4.30 Data Uji pada Percobaan Ukuran Window dan Percobaan Ukuran k. ....	82
Gambar 4.31 Ground-truth Percobaan Ukuran Window dan Ukuran k. ....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengukuran Berbasis Ground-truth.....	55
Tabel 4.2 Pengukuran Berbasis Ground-truth pada Variasi Ukuran Citra.....	66
Tabel 4.3 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Data Uji dengan Variasi Intensitas Cahaya Menggunakan Metode Usulan. ....	71
Tabel 4.4 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan .....	74
Tabel 4.5 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk.....	78
Tabel 4.6 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang.....	81
Tabel 4.7 Hasil Percobaan Ukuran Window pada Range 3 Sampai 203.....	83
Tabel 4.8 Hasil Percobaan Ukuran k.....	84

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Pertama Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Pertama. ....	91
Lampiran 2 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Kedua.....	92
Lampiran 3 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Ketiga .....	93
Lampiran 4 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Keempat.....	93
Lampiran 5 Hasil Binerisasi (a) Data Bercak Kemerahan Pertama Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Bercak Kemerahan Pertama .....	94
Lampiran 6 Hasil Binerisasi (a) Data Bercak Kemerahan Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Bercak Kemerahan Kedua .....	95
Lampiran 7 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Lapuk Pertama Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Lapuk Pertama.....	96
Lampiran 8 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Lapuk Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Lapuk Kedua.....	97
Lampiran 9 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Berlubang Pertama Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Berlubang Pertama .....	98
Lampiran 10 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Berlubang Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Berlubang Kedua.....	99

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR NOMENKLATUR

1	$Th_{(x,y)}$	: Nilai ambang pada piksel (x,y) untuk dilakukan pengambangan
2	$\mu_{(x,y)}$	: Nilai rata-rata (Average) dari pembacaan nilai ketetangaan
3	$k$	: Konstanta pada metode yang digunakan
4	$\sigma_{(x,y)}$	: Simpangan baku (standard deviasi) dari pembacaan nilai ketetangaan
5	$I_{\max}$	: Maksimal nilai yang muncul pada anggota ketetangaan
6	$I_{\min}$	: Nimimal nilai yang muncul pada anggota ketetangaan
7	$R$	: Nilai setengah dari nilai maksimal pada citra yang digunakan (128 jika 8 bit warna, atau 0.5 jika menggunakan skala warna 0-1)
8	$\partial_{(x,y)}$	: Rata-rata deviasi pada piksel (x,y)
9	$M$	: Ukuran baris citra yang akan diproses
10	$N$	: Ukuran kolom citra yang akan diproses
11	$m$	: Ukuran baris ketetangaan pada analisa nilai ketetangaan
12	$n$	: Ukuran kolom ketetangaan pada analisa nilai ketetangaan
13	$m'$	: Ukuran baris pada proses pelebaran citra
14	$n'$	: Ukuran kolom pada proses pelebaran citra
15	$f_{(x,y)}$	: Citra awal sebelum dilakukan proses binersasi
16	$g_{(x,y)}$	: Citra hasil binerisasi
17	$p_{(i,j)}$	: Anggota piksel ketetangaan
18	$Me_{(x,y)}$	: Nilai tengah (Median) dari pembacaan nilai ketetangaan
19	$K$	: Urutan data dari anggota piksel ketetangaan
20	$Max_{(x,y)}$	: Nilai maksimum (terbesar) dari pembacaan nilai ketetangaan
21	$Min_{(x,y)}$	: Nilai minimum (terkecil) dari pembacaan nilai ketetangaan
22	$e_{(x,y)}$	: Error yang muncul pada piksel (x,y) antara ground-truth dan hasil binerisasi
23	$gt_{(x,y)}$	: Piksel (x,y) pada citra ground-truth
24	$MSE$	: Mean Square Error
25	$PSNR$	: Peak Signal to Noise Ratio

26	$C$	:	Nilai maksimum yang muncul pada citra
27	$TP$	:	True Positive
28	$FP$	:	False Positive
29	$FN$	:	False Negative
30	$FM$	:	F- Measure
31	$DRD$	:	Distance Reciprocal Distortion Metric
32	$NUBN$	:	Nonuniform 8x8 piksel pada citra ground-truth
33	$gray_{(x,y)}$	:	Citra hasil perubahan citra RGB ke Grayscale
34	$W_R$	:	Bobot citra merah
35	$W_G$	:	Bobot citra hijau
36	$W_B$	:	Bobot citra biru

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 2014 Pasal 1 ayat 6 (“PP No. 24 Th. 2014,” 2014), Naskah Kuno adalah semua dokumen tertulis yang tidak dicetak atau tidak diperbanyak dengan cara lain, baik yang berada di dalam negeri maupun di luar negeri yang berumur paling rendah 50 (lima puluh) tahun, dan yang mempunyai nilai penting bagi kebudayaan nasional, sejarah, dan ilmu pengetahuan. Naskah kuno juga dapat mengandung pemikiran-pemikiran terdahulu tentang peradaban, sejarah dan asal-usul suatu negara. Maka dari itu, keutuhan dan keaslian naskah kuno menjadi penting untuk masa sekarang dan masa mendatang.

Naskah kuno biasanya disimpan di perpustakaan dan museum. Dalam waktu penyimpanan yang lama, naskah tersebut memiliki resiko terjadinya kerusakan fisik yang dapat mengakibatkan hilangnya informasi yang terkandung di dalamnya. Kerusakan tersebut meliputi bercak merah dan kecoklatan, serat kertas yang lapuk, kertas yang berlubang dan tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya. Pencegahan secara fisik dapat memakan biaya dan waktu yang cukup banyak. Untuk itu, pencegahan secara non-fisik dapat dilakukan sebagai solusi biaya dan waktu. Pencegahan non-fisik dapat dilakukan dengan mengubah dokumen kuno menjadi bentuk citra digital. Selain bentuk citra digital dapat bertahan lama, utuh, dan jelas, juga dapat mempermudah pembaca dalam mempelajari informasi di dalamnya.

Pembentukan naskah kuno menjadi citra digital dapat dilakukan dengan menggunakan *scanner* atau menggunakan kamera digital. Namun, ketika sebuah naskah telah menjadi bentuk citra digital, noise pada kertas akan ikut terlihat. Noise tersebut dapat berupa bekas lipatan kertas, serat kertas yang kusut, tinta yang mulai pudar, bercak tetesan tinta dan tembusnya tinta dari halaman sebelumnya. Untuk itu, perlu adanya binerisasi citra digital. Yaitu pengubahan citra digital menjadi citra biner hitam dan putih (0 dan 1) yang dapat membedakan antara tulisan dengan latar

belakangnya sehingga membantu mempermudah pembaca untuk memahami informasinya.

Ada beberapa metode untuk membersihkan noise-noise yang muncul pada naskah kuno, semisal menggunakan metode LBP (Adak et al., 2015), Mean Shift Filtering (Mysore et al., 2016), Contrast Enhancement (Lu et al., 2016), Inpainting (Ntirogiannis et al., 2014), Bilateral Filter (Mustafa and Yazid, 2016), Moving Averages (Kumar, 2016), SVM (Chen et al., 2016), Conditional Random Fields (CRFs) (Ahmadi et al., 2015), dan Thresholding (Bernsen, 1986; Niblack, 1985; Otsu, 1975; Phansalkar et al., 2011; Reddi et al., 1984; Sauvola and Pietikäinen, 2000; Singh et al., 2012). Namun, metode yang populer digunakan adalah thresholding atau pengambangan. Metode thresholding ini ada dua jenis yang penggolongannya berdasarkan bagaimana cara mencari nilai ambangnya, yaitu global thresholding dan local thresholding. Global thresholding merupakan proses pencarian nilai ambang atau threshold candidates dari seluruh citra untuk seluruh piksel pada citra. Sedangkan local thresholding merupakan pencarian nilai ambang dari nilai-nilai anggota ketetangaan dari pusat piksel yang akan dicari nilai ambangnya.

Metode global thresholding yang sering digunakan adalah metode Otsu (Otsu, 1975). Metode ini baik untuk membinerkan citra dengan pencahayaan yang rata tanpa adanya perubahan intensitas cahaya pada citra. Namun pada pembinerkan naskah kuno dengan masalah tinta tertembus, metode ini meninggalkan banyak noise. Selain itu, Reddi (Reddi et al., 1984) memodifikasi metode otsu dengan memaksimalkan interclass variasinya, namun metode ini masih meninggalkan noise pada citra naskah yang tertembus. Oleh karenanya, pada citra yang memiliki variasi pencahayaan, metode local thresholding dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan global thresholding.

Wayne Niblack (Niblack, 1985) mengajukan metode local thresholding untuk binerisasi naskah berdasarkan nilai rata-rata dan standard deviasi dari nilai anggota ketetangannya. Metode ini dapat membinerkan citra dengan dimensi tiap karakter yang kecil. Namun pada binerisasi naskah kuno dengan masalah tembusan tinta yang ukuran tiap karakternya besar, metode ini meninggalkan banyak noise.

John Bernsen (Bernsen, 1986) juga mengajukan metode local thresholding berdasarkan kontras pada anggota nilai ketetanggaannya. Metode ini dapat membinerkan dengan baik dokumen dengan masalah tinta yang tersamarkan namun meninggalkan banyak noise ketika citra yang dibinerkan mengalami masalah tembusan tinta dari halaman sebelumnya.

Jaakko Sauvola dan Matti Pietikäinen (Sauvola and Pietikäinen, 2000) mengembangkan metode baru dari metode Niblack. Metode yang diajukan menggunakan nilai rata-rata dan nilai standard deviasi dari nilai ketetanggaannya, namun adanya nilai pembagi dari setengah nilai maksimal yang digunakan pada citra. Metode ini dapat dengan baik membinerkan citra dengan perbedaan intensitas cahaya. Namun pada binerisasi citra naskah yang tertembus tinta, metode ini dapat membersihkan noise dengan baik dan masih meinggalkan beberapa noise.

Pengembangan metode Sauvola diajukan oleh Neerad Phansalkar (Phansalkar et al., 2011) dengan menambahkan nilai exponential pada rumusan pencarian nilai ambangnya. Metode ini bekerja dengan baik pada citra dengan masalah tulisan yang tersamarkan, namun meninggalkan banyak noise pada binerisasi citra dengan masalah tinta yang tertembus.

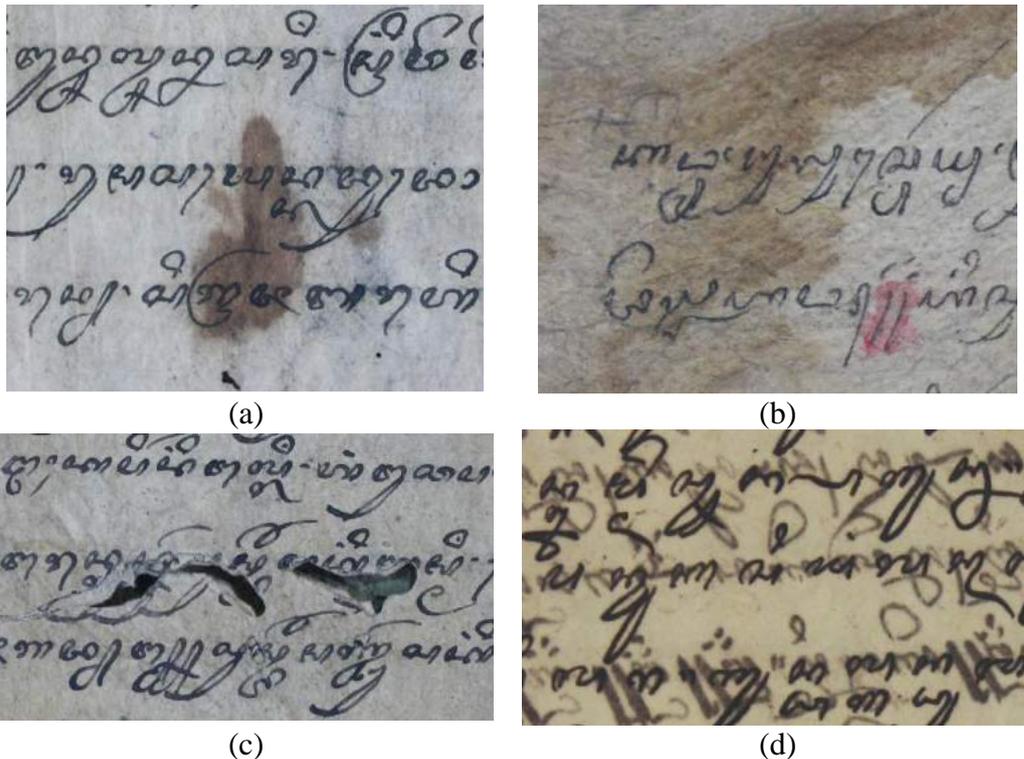
T. Romen Singh (Singh et al., 2012) mengajukan sebuah rumusan pencarian nilai ambang menggunakan local adaptive threshold menggunakan nilai rata-rata dan variasi rerata dari anggota piksel ketetangaan. Metode ini mampu membinerkan naskah dengan masalah tinta yang tersamarkan namun tidak pada naskah dengan masalah tinta yang tertembus.

Dari rumusan diatas, peneliti mengajukan sebuah rumusan baru menggunakan local thresholding berdasarkan nilai rata-rata dan standard deviasi yang dikombinasikan menjadi nilai besaran kelas distribusi pada nilai anggota ketetanggaannya. Metode yang diajukan dikhususkan pada citra naskah kuno dengan masalah tinta yang tertembus ke halaman sebaliknya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Digitalisasi naskah kuno menggunakan scanner atau kamera digital masih memiliki noise seperti bercak merah dan kecoklatan, serat kertas yang lapuk, kertas yang berlubang dan tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya yang

menyulitkan pembaca dalam memahami informasi yang terkandung didalamnya. Gambar 1.1 menunjukkan masalah yang muncul pada naskah kuno. Selain itu, dari berapa metode binerisasi menggunakan metode thresholding, masalah yang tersisa adalah binerisasi naskah kuno pada naskah dengan tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya.



Gambar 1.1 Masalah yang muncul pada pada naskah kuno: (a) bercak kemerahan, (b) serat kertas yang lapuk, (c) kertas yang berlubang dan (d) tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membenerisasi naskah kuno dan mengurangi adanya noise yang muncul terutama pada kasus tertembusnya tinta dari halaman sebaliknya. Binerisasi dan pengurangan noise tersebut dapat memudahkan pembaca atau peneliti untuk memahami informasi yang terkandung di dalam naskah kuno.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini berbatas pada permasalahan yang muncul yaitu tertembusnya tinta dari halaman sebaliknya yang mengganggu tulisan utama. Adapun masalah-masalah lain yang muncul pada data yang diujikan, merupakan variasi percobaan pada masalah pada naskah kuno yang ada.

#### **1.5 Kontribusi**

Kontribusi yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah dapat mempermudah pembaca dan peneliti naskah kuno pada museum-museum dalam membaca isi dari naskah kuno yang memiliki masalah tinta tertembus pada halaman sebaliknya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Penelitian Terkait**

Penelitian terkait tentang binerisasi pada dokumen atau naskah kuno telah menjadi objek teliti oleh banyak peneliti. Metode binerisasi yang diajukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya baik global thresholding maupun local thresholding memiliki runtutan proses yang berkembang. Merujuk dari (Stathis et al., 2008), penelitian tentang binerisasi naskah kuno menggunakan metode pengembangan dapat dibagi menjadi 3 jenis metode pengembangan yaitu global thresholding, local thresholding dan hybrid thresholding.

Pada metode global thresholding, Nobuyuki Otsu (Otsu, 1975) mengajukan metode global thresholding yang mengklasifikasikan antara latar depan dan latar belakangnya dari nilai thresholding yang diambil dari variasi keseluruhan gambar yang dijadikan kelas-kelas sehingga ditemukan nilai bobot tiap kelasnya. Metode ini bekerja lebih cepat dibanding metode yang menggunakan local adaptive threshold dalam membinerisasi citra, namun untuk citra dengan perbedaan warna (semisal bayangan pada citra) metode ini masih meninggalkan noise pada bagian bayangan tersebut. Selain itu pada masalah tinta yang tertembus pada halaman sebaliknya, metode ini masih meninggalkan noise yang lumayan banyak terutama pada bagian tembusan tintanya.

Pada metode local thresholding, Wayne Niblack (Niblack, 1985) mengajukan sebuah metode yang menggunakan metode local thresholding dimana penentuan nilai thresholdingnya  $Th_{(x,y)}$  berdasarkan nilai dari ketetangannya. Penentuan nilai thresholdingnya didapat dari nilai rata-rata dari anggota ketetangaan yang di tambahkan dengan nilai standard deviasi yang dikalikan dengan konstanta  $k$ . Nilai konstanta ini bernilai  $-0.2$  dengan ukuran ketetangaan  $15 \times 15$ . Nilai thresholding yang dirumuskan oleh Wayne Niblack sesuai pada Persamaan 2.1. Metode ini dapat membinerisasi citra dokumen dengan bagus pada ukuran citra yang kecil, namun pada ukuran citra yang relatif besar, metode ini meninggalkan noise pada tiap blok ketetangannya pada ukuran window yang kecil, namun pada

ukuran window yang besar, metode ini dapat membinaerkan tulisan utama namun masih meninggalkan banyak noise pada bagian latar belakangnya.

$$Th_{(x,y)} = \mu_{(x,y)} + k \cdot \sigma_{(x,y)} \quad 2.1$$

Dipihak lain, John Bernsen (Bernsen, 1986) mengajukan penentuan nilai thresholding yang didapat dari nilai kontras anggota piksel ketetangaan yang dibagi dua. Nilai kontras ini merupakan nilai tertinggi  $I_{max}$  dan nilai terendah  $I_{min}$  dan nilai kontras tersebut harus lebih dari atau samadengan nilai 15. Persamaan 2.2 menunjukkan perhitungan dalam menentukan nilai ambang yang diajukan oleh John Bernsen. Metode ini bekerja dengan baik pada citra naskah kuno dengan masalah tinta yang tersamarkan atau memiliki kontras yang tinggi. Metode ini meninggalkan banyak noise pada citra naskah kuno dengan masalah tinta yang tertembus pada halaman sebaliknya atau pada citra dengan nilai kontras yang rendah.

$$Th_{(x,y)} = \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \quad 2.2$$

Mengembangkan dari metode Niblack, Jaakko Sauvola dan Matti Pietikäinen (Sauvola and Pietikäinen, 2000) mengajukan penentuan nilai thresholding menggunakan nilai rata-rata dan standard deviasi. Namun pada metode yang diajukan, ditambahkan faktor pembagi dari setengah nilai maksimal citra (128 jika 8 bit warna, atau 0.5 jika menggunakan skala warna 0-1) yang dikalikan dengan nilai konstanta k yang bernilai positif antara 0.2 – 0.5. pada metode ini menyarankan untuk menggunakan nilai k=0.5. Perumusan nilai ambang pada metode ini ditunjukkan pada Persamaan 2.3. Metode ini dapat membersihkan noise pada citra dokumen dengan masalah tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya, namun masih meninggalkan beberapa noise pada beberapa bagian.

$$Th_{(x,y)} = \mu_{(x,y)} \cdot \left[ 1 + k \cdot \left( \frac{\sigma_{(x,y)}}{R} - 1 \right) \right] \quad 2.3$$

Neerad Phansalkar (Phansalkar et al., 2011) mengajukan modifikasi dari metode Sauvola dimana nilai eksponensial yang diajukan berdampak pada model filter binerisasi yang disesuaikan dengan langkah pada pre-prosesing-nya yaitu perubahan model warna dari RGB ke model cieLAB. Proses binerisasi pada metode ini dilakukan dua kali pada model warna RGB dan model warna cieLab

yang nantinya dilakukan proses OR pada hasil kedua citra binerisasi. Metode ini dikhususkan pada deteksi nuclei pada citra microscopy bakteri. Oleh karenanya, pada penggunaan citra naskah kuno, hanya rumusan penentuan nilai ambang yang digunakan untuk membinerisasi dari citra grayscale. Rumusan nilai ambang pada metode ini ditunjukkan pada Persamaan 2.4. Metode ini bekerja dengan baik pada proses pembineran citra naskah kuno dengan masalah tinta pada tulisan utama yang tersamarkan atau remang-remang. Namun pada naskah kuno dengan masalah tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya, metode ini masih meninggalkan banyak noise.

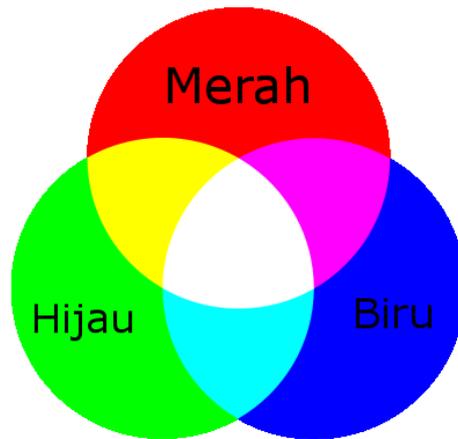
$$Th_{(x,y)} = \mu_{(x,y)} \cdot \left[ 1 + p e^{-q \cdot \mu_{(x,y)}} + k \cdot \left( \frac{\sigma_{(x,y)}}{R} - 1 \right) \right] \quad 2.4$$

T. Romen Singh, dkk.(Singh et al., 2012) mengajukan metode baru dalam mencari nilai ambang dalam binerisasi dokumen atau naskah. Metode ini menggunakan nilai rata-rata dan nilai deviasi rerata yang dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 2.5. Nilai simpangan rerata merupakan jarak antara nilai pusat piksel dengan nilai reratanya. Metode ini dapat membersihkan dokumen dengan masalah tulisan yang tersamarkan, akan tetapi metode ini meninggalkan banyak noise pada saat membinerkan naskah dengan masalah tembusan tinta pada halaman sebelahnya.

$$Th_{(x,y)} = \mu_{(x,y)} \cdot \left[ 1 + k \cdot \left( \frac{\sigma_{(x,y)}}{1 - \sigma_{(x,y)}} - 1 \right) \right] \quad 2.5$$

## 2.2 Model Warna RGB

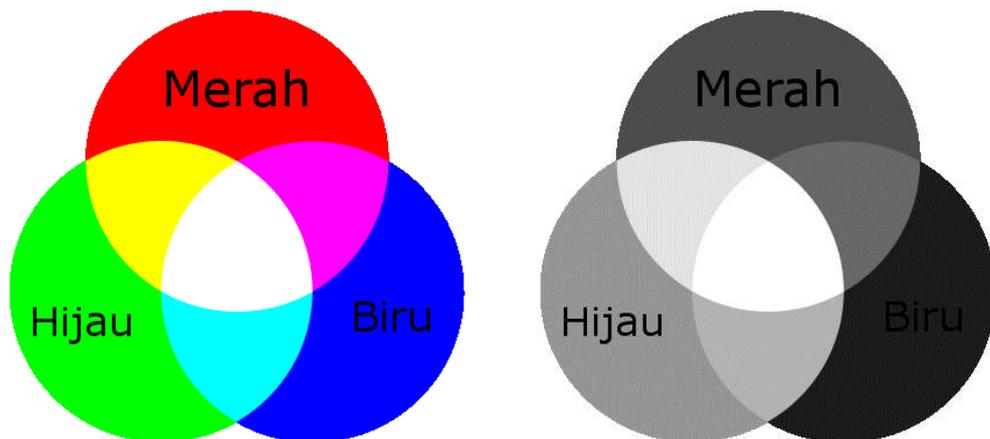
Model warna RGB (lihat Gambar 2.1) merupakan model warna yang paling umum digunakan pada pengolahan citra digital. Citra RGB disusun dari tiga buah kanal warna primer yaitu Merah (Red), Hijau (Green) dan Biru (Blue). Setiap kanal penyusun warna RGB berisikan intensitas warnanya dalam skala 8 bit atau range nilai antara 0 hingga 255. Pada tiap piksel elemen sebuah citra, berisikan perpaduan ketiga warna tersebut. Semisal untuk warna putih, perpaduan ketiganya adalah pada nilai maksimal (255,255,255) sedangkan untuk warna hitam, perpaduan warna ketiganya berada pada nilai minimal (0,0,0). Dari ketiga perpaduan warna ini didapatkan 16 juta warna variasi.



Gambar 2.1 Model Warna RGB.

### 2.3 Model Warna Keabuan (Grayscale)

Model warna keabuan (Grayscale) merupakan warna dengan skala 8 bit atau range nilai antara 0 hingga 255. Warna keabuan bisa dikatakan sebagai warna dengan satu kanal warna, yaitu kanal warna 8 bit. Untuk mendapatkan citra dengan skala keabuan ini, dapat dilakukan pengubahan dari citra RGB ke grayscale (lihat Gambar 2.2). Hal yang paling umum dilakukan adalah dengan membagi tiga komposisi warna RGB tersebut (Gonzalez and Wintz, 1977). Masing-masing warna memiliki bobot 0.33.



Gambar 2.2 Pengubahan Model Warna RGB ke Grayscale

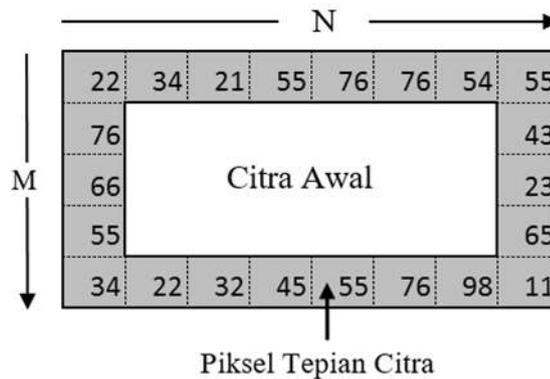
## 2.4 Pelebaran Citra

Pelebaran citra berfungsi sebagai pencegahan terhadap hilangnya sebagian tulisan akibat proses thresholding. Hal ini dikarenakan besarnya ukuran window pengambilan sampel ketetanggaannya. Sehingga, pada bagian piksel tepi gambar, setidaknya setengah dari sampel yang diambil, berisikan angka nol yang berdampak pada tidak seimbangannya nilai thresholding pada piksel tersebut. Oleh karena itu, dilakukan pelebaran citra.

Proses pelebaran citra dilakukan pada citra awal dengan dimensi  $M \times N$  (lihat Gambar 2.3). Citra tersebut nantinya akan diperlebar sejumlah  $m'$  dan  $n'$  dimana  $m'$  merupakan jumlah perpanjangan untuk baris pada citra awal dan  $n'$  merupakan jumlah perpanjangan untuk kolom pada citra awal. Nilai perpanjangan ini dapat diambil dari setengah panjang lebar window pada proses pencarian fitur ketetangaan citra (lihat Gambar 2.8). Dari sini didapatkan Persamaan 2.6 dan Persamaan 2.7 untuk menghitung  $m'$  dan  $n'$  nya.

$$m' = \frac{m - 1}{2} \quad 2.6$$

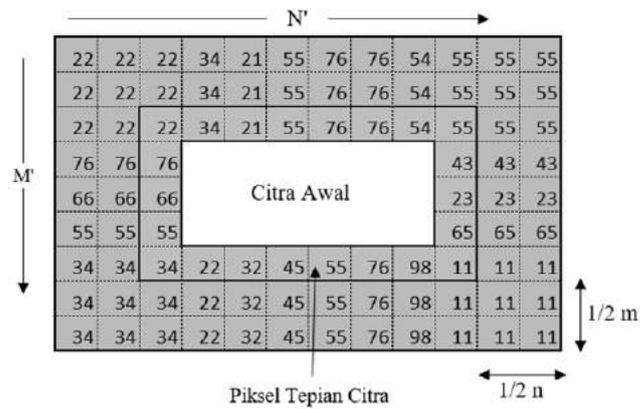
$$n' = \frac{n - 1}{2} \quad 2.7$$



Gambar 2.3 Citra Awal Sebelum Dilakukan Pelebaran Citra.

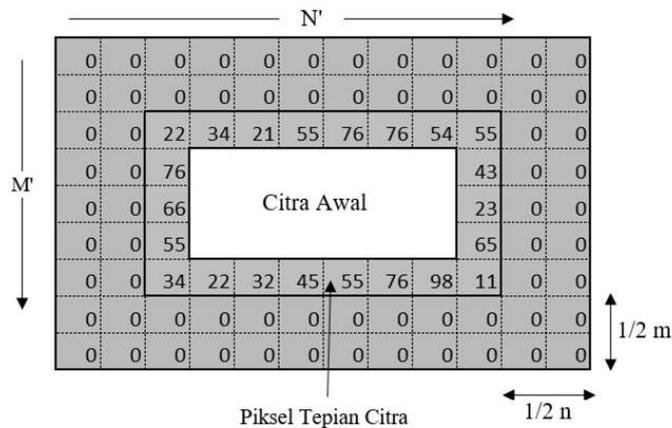
Ada tiga metode pelebaran citra secara umum, yaitu menurunkan nilai menjadi nol, menaikkan nilai ke angka maksimal, dan menduplikat piksel paling tepi. Tiga metode ini memiliki fungsi tersendiri. Namun pada penelitian ini digunakan metode duplikat piksel paling tepi seukuran dengan setengah lebar

window yang digunakan (lihat Gambar 2.4). Pemilihan metode ini pada penelitian yang dilakukan, bertujuan untuk menghilangkan dampak ukuran window yang lumayan lebar yang akan menjadikan nilai kandidat nilai ambang pada tepian citra menjadi kecil atau cenderung ke nol (0). Keadaan ini menjadikan objek pada tepian citra tersebut dianggap sebagai non-objek atau noise dan akan berubah menjadi putih ketika dilakukan thresholding.



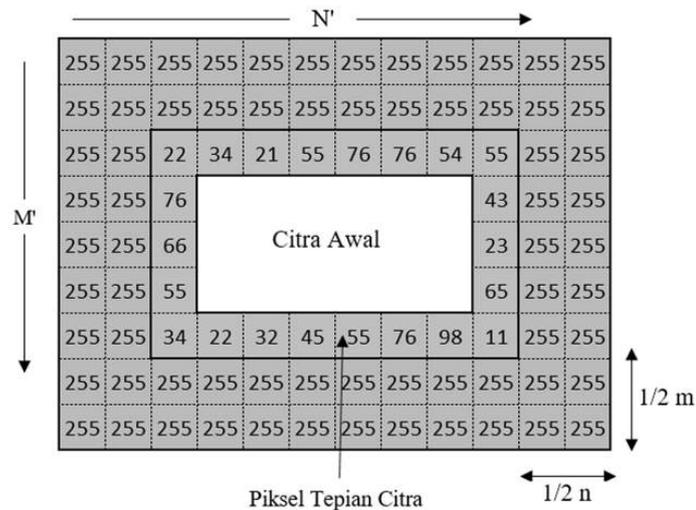
Gambar 2.4 Pelebaran Citra Menggunakan Duplikat Nilai Tepi.

Metode pelebaran citra menggunakan nilai minimum atau nol (lihat Gambar 2.5) merupakan metode yang sering digunakan pada metode local adaptive threshold pada umumnya. Metode ini baik digunakan pada metode local adaptive threshold yang tahan terhadap perbedaan ukuran window ketetanggaan.



Gambar 2.5 Pelebaran Citra Menggunakan Nilai Minimal atau Nol (0).

Metode pelebaran citra menggunakan nilai maksimal atau 255 (lihat Gambar 2.6) merupakan metode pelebaran yang mengubah piksel yang dilebarkan bernilai 255 atau nilai maksimal pada piksel. Metode ini baik digunakan pada metode local adaptive threshold yang tahan terhadap perbedaan ukuran window ketetangaan.



Gambar 2.6 Pelebaran Citra Menggunakan Nilai Maksimal atau 255.

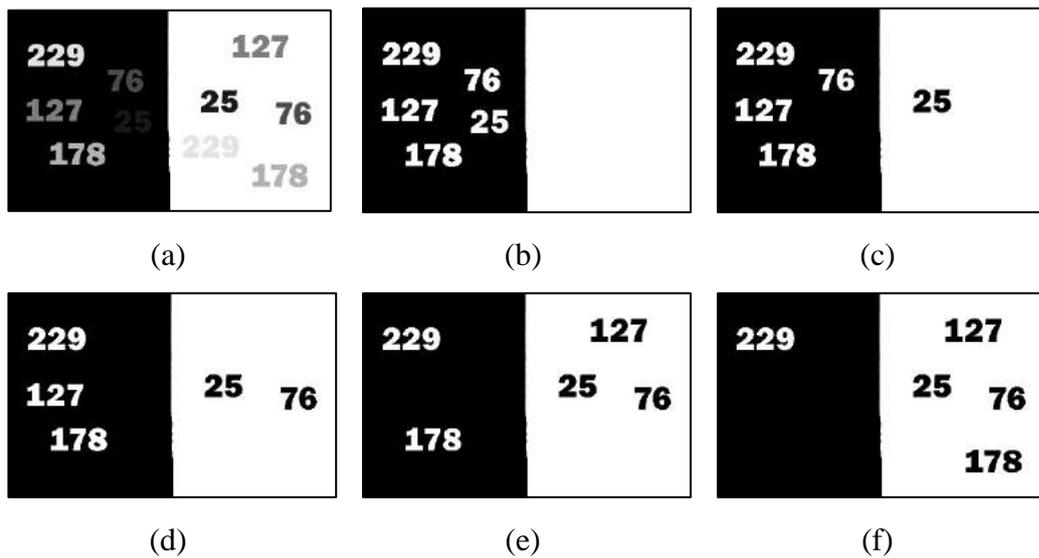
## 2.5 Binerisasi Citra

Binerisasi citra merupakan proses perubahan model warna citra awal ke model warna biner atau hanya ada dua warna saja, yaitu hitam dan putih atau 0 dan 1. Sebelum melakukan perubahan model warna ke model warna biner, biasanya citra masukan yang dibutuhkan adalah citra dengan model warna keabuan atau grayscale. Untuk melakukan binerisasi citra  $f_{(x,y)}$ , sering dilakukan metode pengambangan. Metode pengambangan (thresholding) yaitu pemilihan nilai batas ambang  $Th_{(x,y)}$  untuk menentukan kapan sebuah piksel berubah menjadi hitam atau putih. Dari metode pengambangan ini akan menghasilkan citra baru  $g_{(x,y)}$  dengan pilihan warna hitam atau putih.

Nilai ambang yang digunakan, dapat secara manual yang dilakukan oleh pengguna atau beradaptasi dari nilai-nilai di dalam citra tersebut. Biasanya untuk nilai ambang secara manual, digunakan acuan pembacaan nilai histogram oleh pengguna dan secara manual ditentukan nilai ambangnya yang nantinya akan

mengubah citra menjadi biner. Sedangkan untuk pengambilan nilai ambang yang dapat beradaptasi dari nilai citra, nilai ambangnya dapat beradaptasi secara otomatis terhadap variable apa yang menjadi acuannya. Semisal beracuan pada nilai rata-rata, nilai penentuan ambangnya berdasarkan nilai rata-rata yang berubah sesuai dengan nilai piksel ketetanggannya. Dari sini lah nilai ambang yang beradaptasi dapat diperoleh. Persamaan 2.8 menunjukkan rumus binerisasi citra menggunakan skala warna 0 sampai 1.

$$g_{(x,y)} = \begin{cases} 1, & f_{(x,y)} \geq Th_{(x,y)} \\ 0, & f_{(x,y)} < Th_{(x,y)} \end{cases} \quad 2.8$$



Gambar 2.7 Binerisasi menggunakan metode thresholding dari citra awal (a) dengan nilai ambang: (b)  $< 25$ , (c)  $< 76$ , (d)  $< 127$ , (e)  $< 178$ , (f)  $< 229$ .

Metode binerisasi dengan satu nilai tetap yang telah ditentukan sebelumnya sebagai nilai ambang seperti pada Gambar 2.7 dimana nilai warna yang melebihi nilai ambang akan menjadi putih dan apabila dibawah nilai ambang akan menjadi hitam. Citra awal (lihat Gambar 2.7 (a)) yang semula memiliki variasi warna grayscale sesuai dengan angka yang tertera pada citranya yang akan dibinerisasi menggunakan metode thresholding dengan nilai ambang  $Th_{(x,y)}$ nya sesuai dengan angka yang tertera pada citranya. Untuk hasil binerisasinya dapat dilihat pada Gambar 2.7 (b) sampai (f).

## **2.6 Adaptive Thresholding**

Dari metode pengambangan sebuah citra dalam mengubah model warna ke model warna biner, adaptive threshold merupakan salah satu metode yang umum digunakan. Nilai pengambangan yang dapat beradaptasi dari ciri-ciri sebuah citra merupakan definisi dari adaptive itu sendiri. Oleh karenanya, untuk adaptive thresholding merupakan nilai pengambangan yang diambil dari proses adaptasi pembacaan ciri-ciri sebuah citra yang nantinya akan dijadikan citra biner baru dari proses pemngambangan. Ada dua jenis adaptive threshold berdasarkan cara mencari ciri-cirinya, yaitu global adaptive thresholding dan local adaptive threshold.

### **2.6.1 Global Thresholding**

Global thresholding merupakan salah satu metode pembacaan ciri-ciri citra secara keseluruhan piksel dan digunakan untuk semua piksel (global). Global thresholding bagus untuk digunakan pada citra dengan iluminasi yang merata untuk keseluruhan pikselnya. Oleh karenanya, proses thresholding yang dilakukan pada seluruh piksel membutuhkan waktu yang sedikit. Proses waktu yang sedikit ini dikarenakan pencarian nilai ambang, sudah ditentukan dahulu satu nilai ambangnya untuk keseluruhan piksel yang berbeda dengan metode local threhsolding.

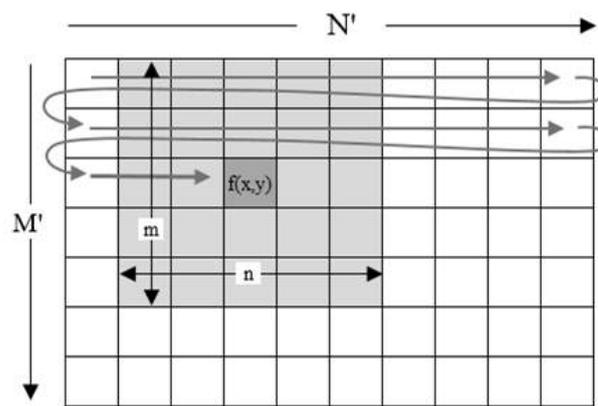
### **2.6.2 Local Thresholding**

Metode local thresholding merupakan metode pembacaan ciri-ciri citra secara parsial atau perbagian citra sesuai dengan berapa lebar dimensi ketetanggannya yang nantinya dijadikan nilai ambang untuk proses thresholding. Oleh karena metode ini membaca tiap parsial citra, metode dini disebut local thresholding. Local thresholding dapat beradaptasi pada citra dengan perubahan iluminasi pada piksel citranya. Hal ini dikarenakan pada metode local thresholding nilai ambang tiap pikselnya berbeda satu sama lainnya. Proses untuk mencari nilai ambang tiap piksel, satu-persatu dicari sesuai dengan ciri-ciri nilai ketetanggannya. Proses ini membutuhkan waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan metode global thresolding yang sudah ditentukan satu nilai ambang untuk kesemua piksel pada citra.

## 2.7 Fitur Ketetangaan Citra

Fitur ketetangaan pada pengolahan citra merupakan fitur yang nantinya akan diolah dan menunjukkan ciri-ciri suatu piksel dalam suatu citra. Dalam fitur ketetangaan ini, fitur-fitur yang dicari adalah fitur didalam cakupan tetangga (neighborhood) dari titik pusat atau piksel pusatnya. Beberapa fitur ketetangaan yang dapat digunakan untuk mengambil ciri-ciri dari suatu piksel dalam sebuah citra diantaranya: rata-rata (mean), nilai tengah (median), nilai teratas (maksimum), nilai terkecil (minimum), nilai tersering muncul (modus), simpangan baku (standard deviasi), distribusi angka, lebar kelas, dsb. Lebar ketetangaan dari suatu titik pusat piksel dapat diatur sebelumnya dan direkomendasikan menggunakan lebar ketetangaan dalam jumlah ganjil. Dengan demikian, pada proses pencarian fitur ketetangaan suatu piskel mudah dicari.

Pada proses pencarian fitur ini (lihat Gambar 2.8), titik pusat piksel  $f_{(x,y)}$  bergerak atau bergeser dari pusat piksel kiri atas  $f_{(1,1)}$  menuju ke kanan hingga mencapai kolom paling kanan  $f_{(1,N')}$ . Setelah mencapai kolom paling kanan, pencarian fitur pada titik pusat, berganti ke baris selanjutnya  $f_{(2,N')}$  hingga baris paling terakhir sampai pada piksel kanan bawah  $f_{(M',N')}$ .



Gambar 2.8 Pencarian Fitur Ketetangaan Citra

### 2.7.1 Rata-rata (Average)

Fitur rata-rata (Average)  $\mu_{(x,y)}$  pada piksel pusat  $f_{(x,y)}$  merupakan fitur yang didapat dari menjumlah nilai semua anggota piksel ketetanggaan  $p_{(i,j)}$  pada window size  $m \times n$  dan dibagi dengan jumlah anggotanya dimana fitur rata-rata ini dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.9. Gambar 2.9 menunjukkan pencarian fitur mean dari ketetanggaan citra.

$$\mu_{(x,y)} = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{(i,j)} \quad 2.9$$

100	70	50	60	250
50	155	156	76	10
220	251	69	23	33
90	234	111	123	54
99	232	155	80	80

Mean = 125

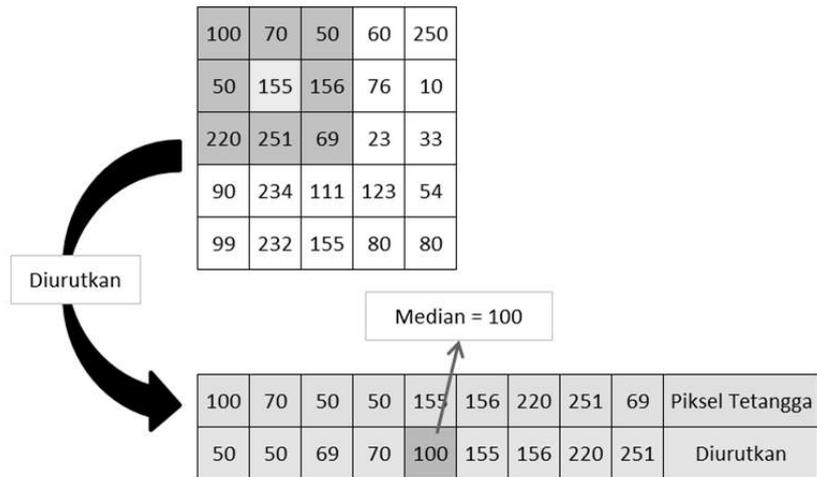
Gambar 2.9 Pencarian Fitur Mean dari Ketetanggaan Citra.

### 2.7.2 Nilai Tengah (Median)

Fitur median  $Me_{(x,y)}$  pada piksel pusat  $f_{(x,y)}$  merupakan fitur yang didapat dari mencari urutan data ke  $K$  yang berada pada posisi tengah dari kumpulan data  $m \times n$  yang nilainya sudah diurutkan dari kecil ke besar. Pada jumlah data ganjil dapat digunakan Persamaan 2.10 dan Persamaan 2.11 untuk jumlah data genap. Gambar 2.10 menunjukkan pencarian fitur median dari ketetanggaan citra.

$$Me_{(x,y)} = K_{\frac{(m.n)+1}{2}} \quad 2.10$$

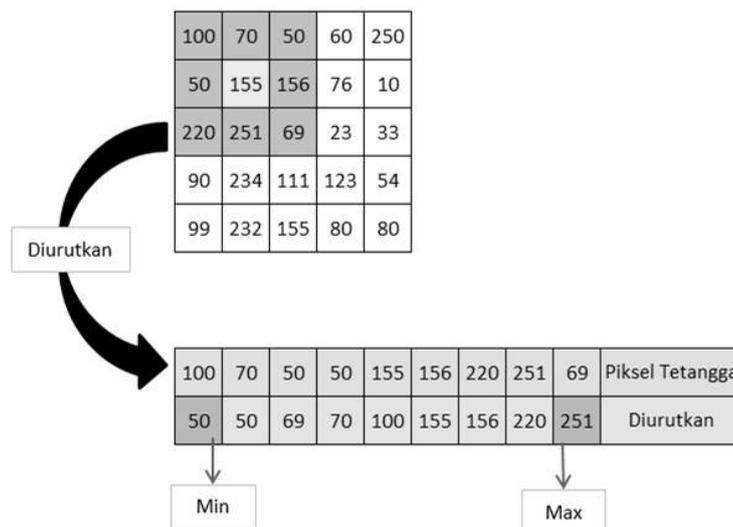
$$Me_{(x,y)} = \frac{\left( K_{\frac{m.n}{2}} + K_{\frac{(m.n)+1}{2}} \right)}{2} \quad 2.11$$



Gambar 2.10 Pencarian Fitur Median dari Ketetangaan Citra.

### 2.7.3 Nilai Terbesar (Maksimum) dan Terkecil (Minimum)

Fitur maksimum  $Max_{(x,y)}$  dan minimum  $Min_{(x,y)}$  pada piksel pusat  $f_{(x,y)}$  merupakan fitur yang diperoleh dari pencarian nilai paling besar dan paling kecil dalam kumpulan data  $m \times n$  dimana sebelum dilakukan pencarian nilai max dan min, dilakukan pengurutan semua anggota kumpulan data. Gambar 2.11 menunjukkan pencarian fitur maksimal dan minimal dari ketetangaan citra.



Gambar 2.11 Pencarian Fitur Maksimal dan Minimal dari Ketetangaan Citra.

### 2.7.4 Nilai Tersering Muncul (Modus)

Fitur modus merupakan fitur yang diperoleh dari pencarian nilai yang sering muncul pada kumpulan data kelompok  $m \times n$  dimana nilai ini menandakan adanya distribusi nilai yang mendominasi pada kelompok data tersebut. Gambar 2.12 menunjukkan pencarian fitur modus dari ketetanggan citra.

100	70	50	60	250
50	155	156	76	10
220	251	69	23	33
90	234	111	123	54
99	232	155	80	80

Modus = 50

Gambar 2.12 Pencarian Fitur Modus dari Ketetangaan Citra.

### 2.7.5 Simpangan Baku (Standard Deviasi)

Fitur simpangan baku  $\sigma_{(x,y)}$  pada piksel pusat  $f_{(x,y)}$  merupakan fitur yang didapat dari mengakarkan nilai variasi yang didapatkan dari pengurangan nilai rata-rata  $\mu_{(x,y)}$  dengan nilai tiap anggota ketetanggan  $p_{(i,j)}$  pada ukuran  $m \times n$  dimana nilai simpangan baku ini menggambarkan seberapa besar nilai simpangan sebuah sebaran nilai dari nilai rata-ratanya. Semakin kecil nilai simpangan, semakin merata nilai pada suatu kelompok data. Nilai simpangan baku ini dapat dihitung dengan Persamaan 2.12.

$$\sigma_{(x,y)} = \sqrt{\frac{1}{(m \times n) - 1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |\mu_{(x,y)} - p_{(i,j)}|^2} \quad 2.12$$

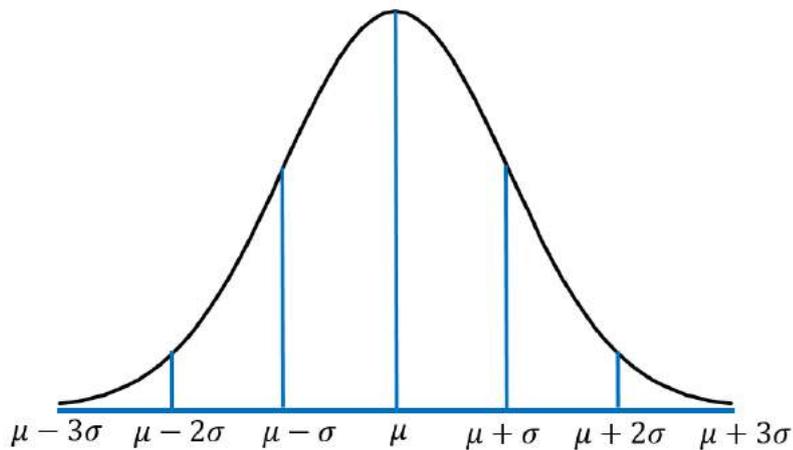
### 2.7.6 Sebaran Nilai

Fitur sebaran nilai data berkelompok biasanya digunakan untuk melihat seberapa besar jumlah dari data berkelompok tersebar menurut nilai datanya. Sebaran nilai ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai ambang dalam metode thresholding. Pada umumnya fitur sebaran nilai ini mencari dimana

nilai yang dapat membedakan bagian mana yang termasuk objek dan bagian mana yang bukan objek.

### 2.7.7 Lebar Kelas

Fitur lebar kelas merupakan ciri-ciri yang dapat diambil dari sebuah sebaran nilai kelompok data. Dari sebaran tersebut, didapatkan sebuah lebar kelas yang diambil dari jarak dua buah batas kelas yaitu batas atas dan batas bawah. Pada sebaran nilai normal (lihat Gambar 2.13), nilai tengah, nilai median dan nilai modus setara dengan nilai rata-ratanya (average) dimana nilai rata-rata tersebut diperlebar dengan faktor standard deviasi hingga 3 faktor. Tiap faktor deviasi memiliki persentase sebaran dari keseluruhan anggota yang berbeda. Untuk lebar kelas 1 faktor, merepresentasikan 68%, 2 faktor merepresentasikan 95% dan 3 faktor merepresentasikan 99,7% sebaran dari keseluruhan anggotanya.



Gambar 2.13 Sebaran Nilai Normal

### 2.8 Pemotongan Citra

Metode pemotongan citra merupakan metode yang digunakan untuk memotong citra yang besar menjadi kecil. Biasanya pemotongan citra ini digunakan untuk mencari ROI (Region of Interest) atau bagian yang dikhususkan atau ditonjolkan untuk dijadikan objek fokus dalam pengolahan citra digital. Selain itu

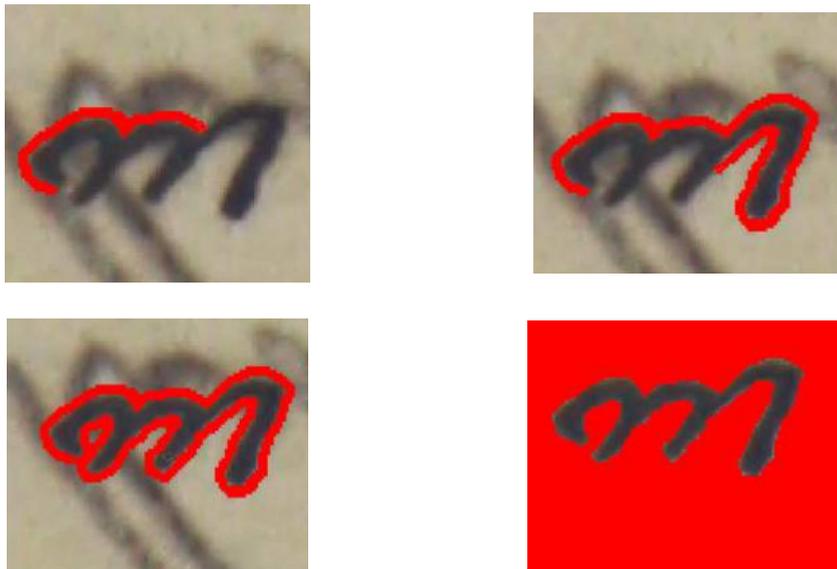
pada metode pemotongan citra ini, dapat juga digunakan untuk mengembalikan ukuran citra ke ukuran awal setelah dilakukan pelebaran ukuran citra.

## **2.9 Pengukuran Evaluasi**

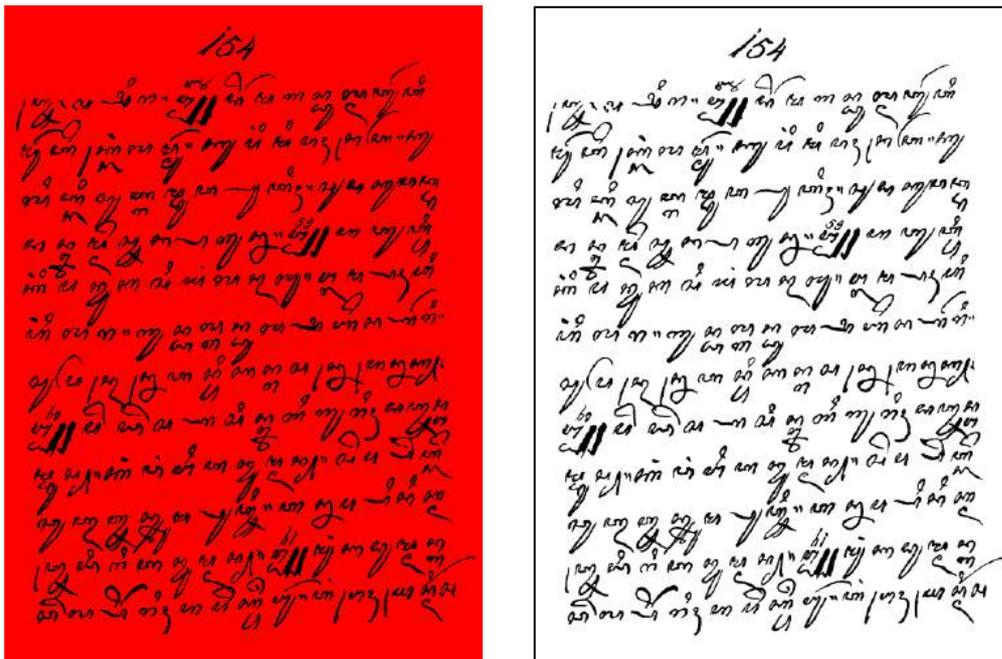
Pengukuran evaluasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar performa dari metode usulan beserta metode pembanding didalam binerisasi naskah kuno. Dalam pengukuran ini digunakan beberapa pengukuran yang sering digunakan pada evaluasi citra biner yang menggunakan ground-truth sebagai citra biner acuannya. Pengukuran yang digunakan diantaranya: Mean Square Error (MSE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), F-Measure, dan Distance Reciprocal Distortion Metric (DRD). Ground-truth yang digunakan untuk acuan pengukuran, dibuat secara manual menggunakan aplikasi pengolah citra digital.

### **2.9.1 Metode Pembuatan Ground-truth**

Pembuatan ground-truth dilakukan secara manual menggunakan aplikasi pengolahan gambar seperti GIMP (GNU Image Manipulation Program). Langkah pertama adalah membuat layer baru yang digunakan untuk proses pembuatan masking daerah yang dianggap noise. Dengan menggunakan pencil tool berwarna merah, secara manual menutup daerah yang dianggap sebagai daerah bukan objek. Proses penutupan daerah ini satu persatu setiap karakter tulisan hingga semua daerah bukan objek disekitar tulisan tertutupi dengan warna merah. Setelah semua daerah bukan objek tertutupi warna merah, sisa daerah yang tidak tertutupi dapat dianggap sebagai objek atau karakter tulisan. Dari sini dilakukan pembuatan layer baru dibawah layer daerah bukan objek dan mewarnai layer baru dengan warna hitam. Sehingga didapatkan sebuah citra baru dengan dua warna, merah dan hitam, yang telah terbagi antara daerah objek dan bukan objek. Langkah selanjutnya adalah mengubah warna merah menjadi warna putih pada tiap pikselnya. Sehingga didapatkan citra baru dengan warna hitam dan putih. Warna merah dimaksudkan agar pada saat pembuatan masking bukan objek, penutupan dapat terdeteksi dan mudah dimengerti karena secara keseluruhan piksel citra awal cenderung tidak memiliki warna merah (255,0,0). Warna merah dapat diubah dengan warna hijau atau biru sesuai dengan warna yang dominan kontras dengan citra awal.



Gambar 2.14 Pembuatan Ground-truth Secara Manual Menggunakan Aplikasi Pengolahan Gambar.



Gambar 2.15 Ground-truth Keseluruhan Citra Naskah Kuno.

## 2.9.2 Mean Square Error (MSE)

MSE merupakan nilai kuadrat dari nilai error yang muncul dari keseluruhan piksel yang diamati. Oleh karenanya, semakin besar nilai error, semakin besar pula nilai MSE nya. Sebaliknya semakin kecil nilai error dari sebuah

pengukuran, semakin kecil pula nilai MSE nya. Nilai MSE dapat digunakan sebagai pengukuran sebuah citra dengan ukuran  $M \times N$  dari citra referensi atau ground-truth. MSE melambangkan error  $e_{(x,y)}$  yang muncul antara citra referensi  $gt_{(x,y)}$  dan citra uji  $g_{(x,y)}$ . Nilai error dapat dirumuskan dengan Persamaan 2.13 dan Persamaan 2.14 merupakan perhitungan MSE nya.

$$e_{(x,y)} = gt_{(x,y)} - g_{(x,y)} \quad 2.13$$

$$MSE = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (e_{(x,y)})^2}{MN} \quad 2.14$$

### 2.9.3 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

PSNR merupakan perbandingan antara nilai maksimum dari sebuah signal yang diukur dengan besarnya noise yang muncul pada signal tersebut. PSNR digunakan untuk mengetahui keseragaman suatu signal dengan signal acuannya. Pada pengolahan citra, PSNR dapat digunakan untuk mengukur tingkat keseragaman suatu citra dengan citra acuannya. Semakin tinggi nilai PSNR nya semakin mirip citra tersebut kepada citra acuannya. Pada PSNR digunakan satuan decibel (dB). Untuk mendapatkan perhitungan PSNR, diperlukan nilai MSE dari signal yang diujikan, sehingga PSNR dapat dihitung dengan Persamaan 2.15 dengan  $C$  merupakan nilai maksimum yang muncul pada citra.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{C^2}{MSE} \right) \quad 2.15$$

### 2.9.4 F-Measure

F-Measure merupakan pengukuran uji akurasi yang berdasarkan nilai precision dan recallnya. Nilai precision dan recall dipengaruhi oleh nilai True Positive ( $TP$ ), False Positive ( $FP$ ) dan False Negative ( $FN$ ). Dimana precision dan recall dapat dirumuskan pada Persamaan 2.16 dan Persamaan 2.17.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad 2.16$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad 2.17$$

Pengukuran F-Measurenya dapat dihitung dengan Persamaan 2.18.

$$FM = \frac{2 \times Recall \times Precision}{Recall + Precision} \quad 2.18$$

Nilai F-Measure dalam bentuk persentase 0% sampai 100%. Semakin tinggi nilai persentasenya semakin banyak kesamaan citra hasil binerisasi dengan citra ground-truthnya.

### 2.9.5 Distance Reciprocal Distortion Metric (DRD)

DRD (Lu et al., 2004) merupakan pengukuran jarak perbedaan dua buah citra biner. Jarak yang diukur adalah penyimpangan antara citra hasil binerisasi dengan citra ground-truthnya. Semakin besar nilai DRD, semakin tidak mirip citra hasil binerisasi dengan citra ground-truth nya. Sebaliknya, semakin kecil nilai DRD, semakin mirip citra hasil binerisasi dengan citra ground-truth nya. Nilai DRD dapat dihitung dengan Persamaan 2.19.

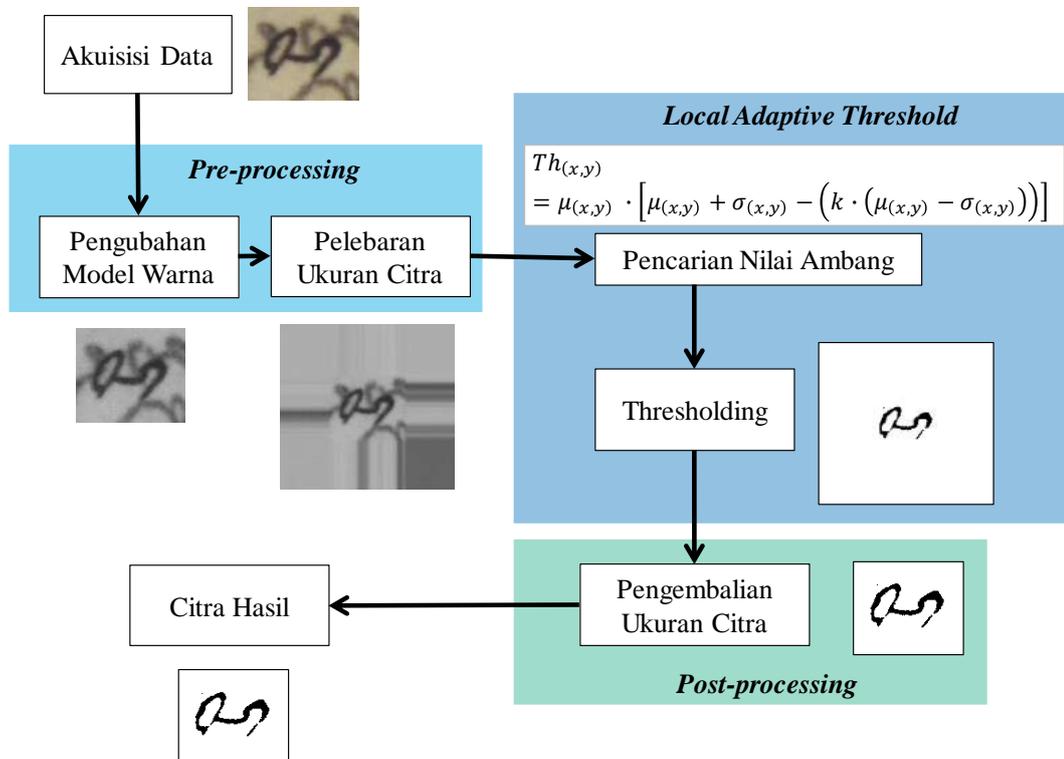
$$DRD = \frac{\sum_{k=1}^S DRD_k}{NUBN} \quad 2.19$$

Dimana  $NUBN$  adalah nonuniform 8x8 blok piksel pada citra ground-truth dan  $DRD_k$  merupakan total bobot yang sama dengan 5x5 blok piksel pada citra ground-truth.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metode pengembangan, kunci utamanya adalah bagaimana cara kita menemukan sebuah nilai untuk dijadikan kandidat nilai ambangnya. Pencarian ini bisa diambil berdasarkan nilai seluruh populasi atau juga disebut global ataupun pada sampel atau ketetanggaan atau lokal. Pencarian tersebut mengambil nilai-nilai statistiknya. Pada metode penelitian ini, nilai statistik yang diambil berdasarkan nilai rata-rata dan standard deviasinya.



Gambar 3.1 Metode Penelitian.

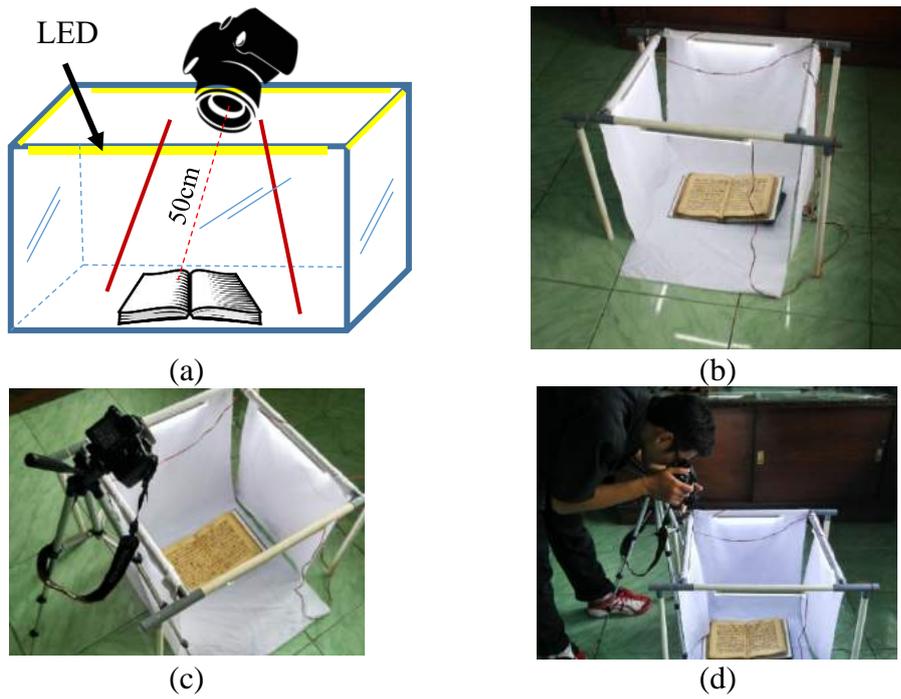
Metode penelitian yang digunakan melalui tiga tahap proses utama, yaitu pre-processing, thresholding dan post-processing. Citra awal setelah dilakukan akuisisi data menggunakan kamera, dilakukan tahap pre-processing yaitu pengubahan model warna dari RGB ke Grayscale. Setelah itu, dilakukan pelebaran ukuran citra sesuai dengan lebar windownya. Setelah citra dilebarkan, barulah masuk pada tahap thresholding. Yaitu pencarian nilai ambang yang disusul dengan proses thresholdingnya yang membagi citra grayscale menjadi dua, hitam dan putih.

Untuk tahap post-processing, dilakukan pengembalian ke ukuran semula dengan melakukan pemotongan citra sebesar ukuran nilai window pada proses pelebaran citra. Setelah citra dikembalikan ke ukuran awal, citra tersebut menjadi hasil binerisasi naskah menggunakan metode penelitian yang digunakan. Gambar 3.1 menunjukkan metode penelitian yang digunakan.

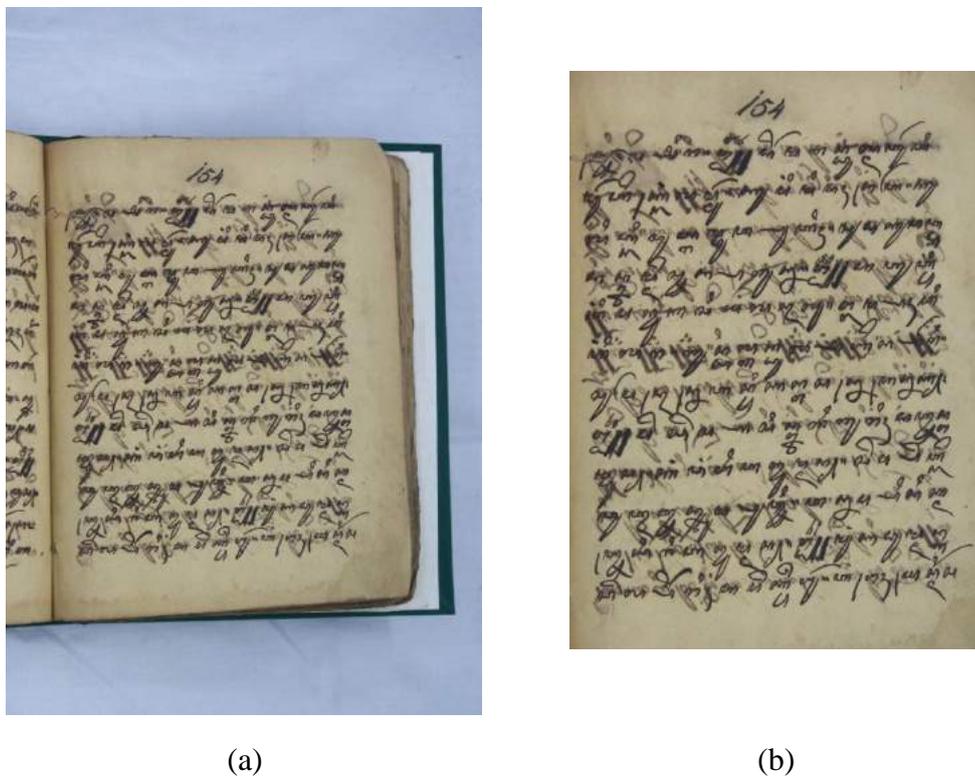
### **3.1 Akuisisi Data**

Citra awal berupa citra hasil pengambilan potret halaman kertas naskah kuno menggunakan kamera DSLR Canon EOS 1000D dengan resolusi pengambilan citra sebesar  $3888 \times 2592$  dalam model warna RGB. Metode pengambilan citra naskah kuno menggunakan kotak kubus dengan pencahayaan berbentuk kotak pada tiap sisi atas kubusnya. Pencahayaan bersumber dari lampu LED strip dengan difuser pada permukaannya, sehingga cahaya yang dipancarkan dapat lebih lembut saat mencapai pada objek yang akan dipotret. Selain itu, untuk dapat memantulkan cahaya dengan baik, digunakan reflektor berupa kain putih pada tiap sisi kubus tersebut. Reflektor dan pencahayaan ini digunakan untuk mengurangi adanya perbedaan intensitas cahaya yang muncul pada hasil pengambilan citra. Oleh karenanya, pengambilan citra tidak menggunakan blitz atau lampu flash.

Pengambilan citra dilakukan dari atas kertas atau tegak lurus dengan posisi halaman kertas naskah kuno. Untuk jarak pengambilan citra yang konstan, digunakan sebuah tripod. Sedangkan jarak pengambilan citra bervariasi, bergantung pada ukuran buku dan ukuran huruf tulisannya. Namun, jarak pengambilan tiap halamannya sama pada tiap jenis naskah. Untuk naskah kitab babok kalamadi digunakan jarak sekitar 50 cm dari naskah ke kamera. Setelah pengambilan citra naskah kuno didapatkan, dilakukan pemotongan pada daerah yang diinginkan, yaitu daerah citra yang merepresentasikan daerah tulisan pada kertas naskah kuno. Daerah hasil pemotongan ini merupakan citra baru yang akan diproses selanjutnya. Gambar 3.2 menunjukkan rancangan kubus untuk pengambilan citra naskah kuno dan Gambar 3.3 menunjukkan pemotongan daerah tulisan pada kertas naskah kuno.



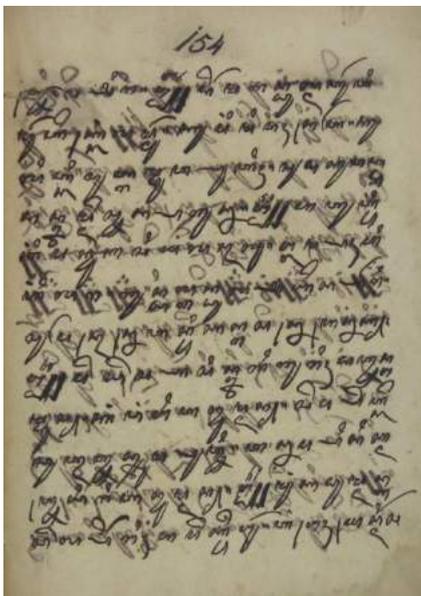
Gambar 3.2 Metode Pengambilan Citra Naskah Kuno, (a) Rancangan, (b) Peletakan Penerangan, (c) Posisi Kamera dan (d) Proses Pengambilan Citra.



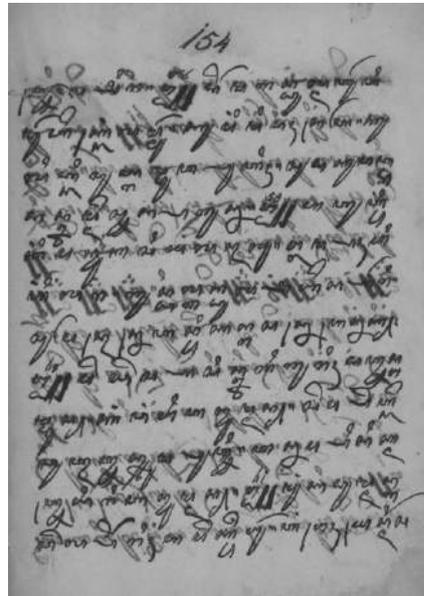
Gambar 3.3 Pemotongan Daerah Tulisan Pada Ketrans Naskah Kuno: (a) Sebelum dan (b) Sesudah Pemotongan.

### 3.2 Pengubahan Model Warna

Pengubahan model warna dilakukan sebagai langkah awal untuk mempersiapkan citra agar dapat dilakukan pemineran menggunakan metode thresholding atau pengambangan. Model warna awal berupa RGB (Red, Green, Blue) dimana masih terdapat 3 buah kanal warna pada tiap pikselnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengubahan model warna ke model skala keabuan (Grayscale) dimana hanya terdapat satu kanal warna saja yang berupa tingkat keabuan pada tiap pikselnya. Gambar 3.4 menunjukkan pengubahan model warna RGB ke model warna Grayscale.



(a)



(b)

Gambar 3.4 Pengubahan Model Warna (a) RGB ke Model Warna (b) Grayscale.

### 3.3 Pelebaran Ukuran Citra

Setelah citra berubah dari model warna RGB ke Grayscale dengan ukuran  $M \times N$ , dilakukan pelebaran citra dengan menduplikat piksel paling tepi citra sejumlah  $m'$  untuk baris dan  $n'$  untuk kolom. Nilai  $m'$  dan  $n'$  bergantung pada jumlah ukuran window ketetanggaannya, dimana:

$$m' = \frac{m - 1}{2} \quad 3.1$$

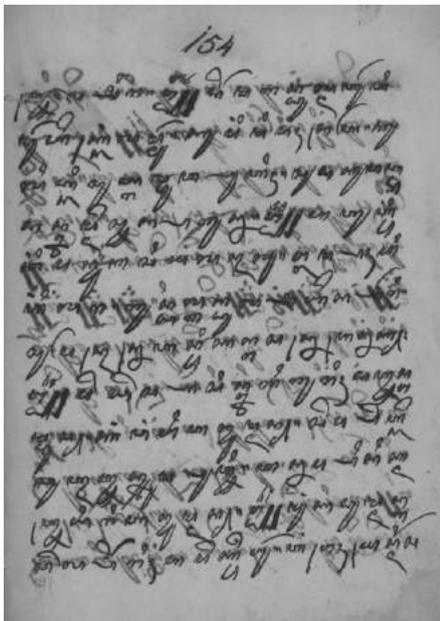
$$n' = \frac{n - 1}{2} \quad 3.2$$

Pada metode ini digunakan ukuran window ketetangaan  $m \times n$  sejumlah  $143 \times 143$ , sehingga pelebaran ukuran citra menghasilkan citra baru dengan ukuran  $M' \times N'$  sebesar:

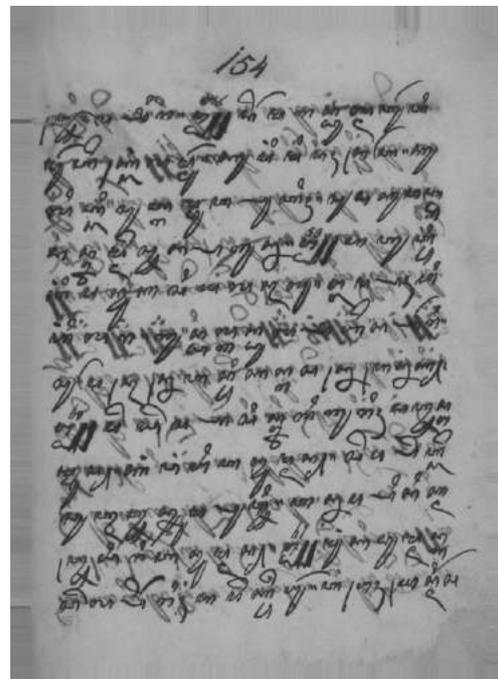
$$M' = M + 2m' \quad 3.3$$

$$N' = N + 2n' \quad 3.4$$

Citra baru yang telah dilebarkan ukurannya ditunjukkan pada Gambar 3.5.



(a)



(b)

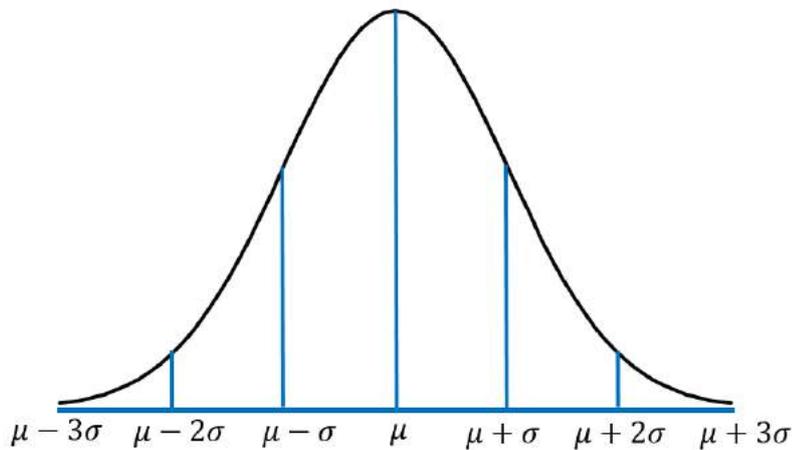
Gambar 3.5 Pelebaran Citra Grayscale (a) Menjadi Citra Baru (b).

### 3.4 Pencarian Kandidat Nilai Ambang

Kandidat nilai ambang yang diambil mengacu pada standard distribusi normal sebuah sebaran data. Standard distribusi normal merupakan kemungkinan (probabilitas) variabel-variabel natural yang tidak diketahui sebaran datanya. Oleh

karenanya, digunakan standart distribusi normal sebagai acuan dalam mengetahui perkiraan sebaran data yang dijadikan kandidat nilai ambang.

Pada standard distribusi normal (lihat Gambar 3.6), nilai rata-rata (average) merupakan titik tengah dari distribusi. Sedangkan standard deviasi merupakan faktor yang melebarkan sebaran data dari distribusi normal ini. Pada kandidat nilai ambang yang digunakan, diambil lebar kelas sebesar 1 (satu) standard deviasi. Lebar kelas 1 standard deviasi merepresentasikan sebaran 68.27% dari data keseluruhan. Dimana jika dilihat dari total variable yang ada (antara 0 hingga 1), nilai tersebut berisikan mayoritas derau atau non-obyek yang akan dihilangkan.



Gambar 3.6 Standard Distribusi Normal.

Nilai ambang yang berpusat pada piksel  $f_{(x,y)}$  didapatkan dari pencarian kandidat nilai ambang pada ukuran window ketetanggaan  $m \times n$  pada citra yang berukuran  $M' \times N'$ . Pada daerah ketetanggan ini dicari nilai rata-ratanya  $\mu_{(x,y)}$  dan standard deviasi  $\sigma_{(x,y)}$  dari piksel elemen  $p_{(i,j)}$  nya dimana:

$$\mu_{(x,y)} = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{(i,j)} \quad 3.5$$

$$\sigma_{(x,y)} = \sqrt{\frac{1}{(m \times n) - 1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |\mu_{(x,y)} - p_{(i,j)}|^2} \quad 3.6$$

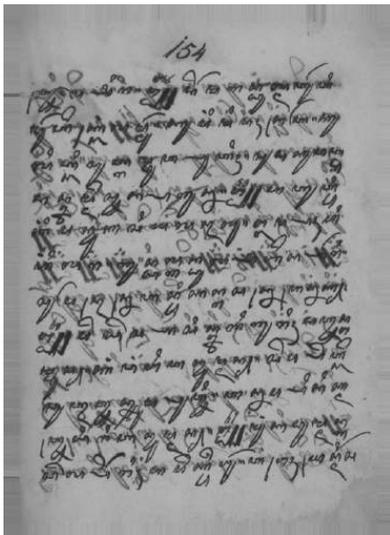
Nilai rata-rata dan standard deviasi yang didapatkan, menentukan kandidat nilai pengambangan, dimana kandidat ini diambil dari komponen lebar kelas satu deviasi. Lebar kelas satu deviasi ini nantinya akan dikali dengan konstanta  $k$ , lalu ketiganya dikali dengan nilai rata-ratanya. Untuk batas atas dan batas bawahnya berturut-turut adalah  $\mu_{(x,y)} + \sigma_{(x,y)}$  dan  $\mu_{(x,y)} - \sigma_{(x,y)}$ . Sehingga kandidat nilai pengambangannya dapat dihitung dengan Persamaan 3.7 dengan nilai  $k$  antara -1 hingga 1. Pada metode penelitian ini, nilai  $k = 0.5$  untuk memperoleh hasil yang baik.

$$Th_{(x,y)} = \mu_{(x,y)} \cdot \left[ \mu_{(x,y)} + \sigma_{(x,y)} - \left( k \cdot (\mu_{(x,y)} - \sigma_{(x,y)}) \right) \right] \quad 3.7$$

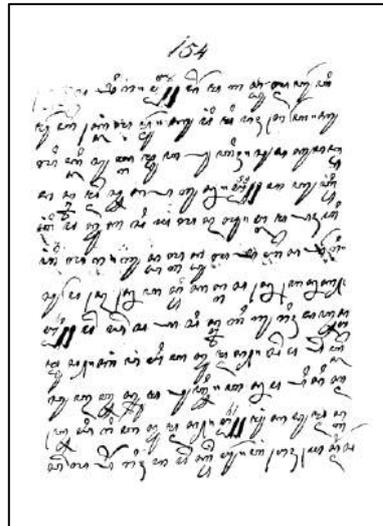
### 3.5 Binerisasi Menggunakan Kandidat Pengambangan

Setelah kandidat nilai pengambangan  $Th_{(x,y)}$  didapat, maka dilakukan pengambangan terhadap piksel citra grayscale  $gray_{(x,y)}$  sehingga mendapatkan citra biner  $Bi_{(x,y)}$ . Binerisasi yang dilakukan menggunakan Persamaan 3.8 dan Gambar 3.7 menunjukkan hasil binerisasi menggunakan kandidat pengambangan  $Th_{(x,y)}$ .

$$Bi_{(x,y)} = \begin{cases} 1, & gray_{(x,y)} \geq Th_{(x,y)} \\ 0, & gray_{(x,y)} < Th_{(x,y)} \end{cases} \quad 3.8$$



(a)

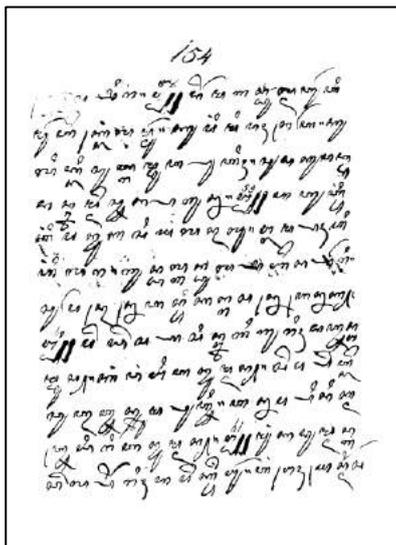


(b)

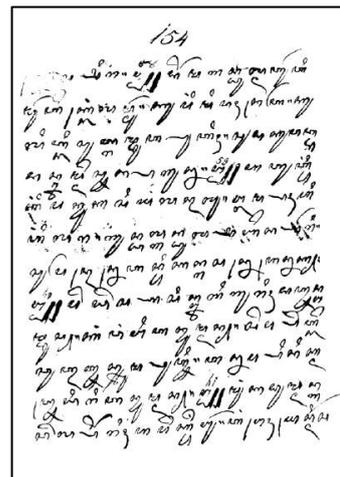
Gambar 3.7 Binerisasi Menggunakan Kandidat Pengembangan Metode Penelitian.

### 3.6 Pengembalian Ukuran Citra ke Ukuran Awal

Sebagai proses akhir, dilakukan pengembalian ukuran citra biner  $B_{i(x,y)}$  ke ukuran awal  $M \times N$  dengan melakukan pemotongan sejumlah  $m'$  piksel pada kedua sisi kolom dan  $n'$  piksel pada kedua sisi barisnya. Gambar 3.8 menunjukkan hasil pengembalian ukuran citra ke ukuran awal.



(a)

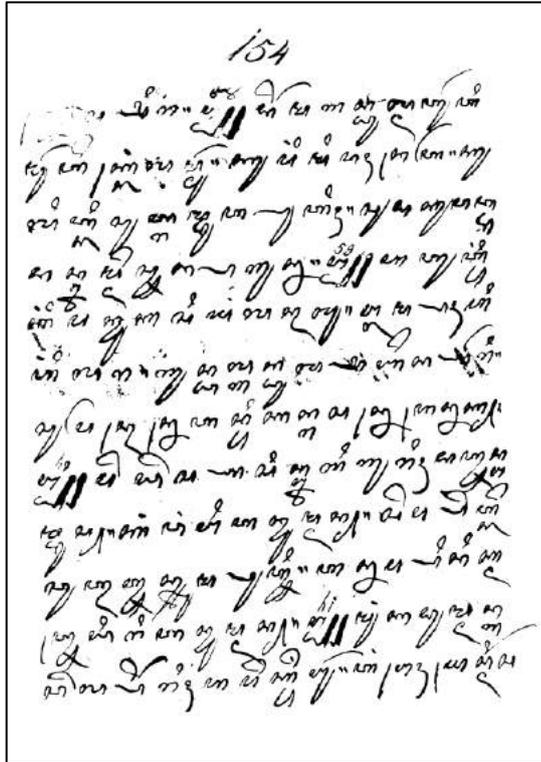


(b)

Gambar 3.8 Pengembalian Ukuran Citra Ke Ukuran Awal.

### 3.7 Citra Hasil

Citra hasil merupakan citra biner  $Bi_{(x,y)}$  dengan noise yang sudah dibersihkan dengan ukuran yang sama dengan ukuran citra awal yaitu  $M \times N$ . Gambar 3.9 menunjukkan citra hasil dari binerisasi menggunakan metode penelitian.



Gambar 3.9 Binerisasi Menggunakan Metode Penelitian.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil binerisasi citra naskah kuno dari metode yang digunakan akan dilakukan beberapa evaluasi, diantaranya: evaluasi visual, evaluasi berbasis ground-truth, evaluasi performa pada variasi ukuran citra, evaluasi pada variasi intensitas cahaya yang nantinya akan dibandingkan dengan metode-metode pembanding diantaranya: Metode Otsu, Bernsen, Niblack, Sauvola, Phansalkar dan Singh.

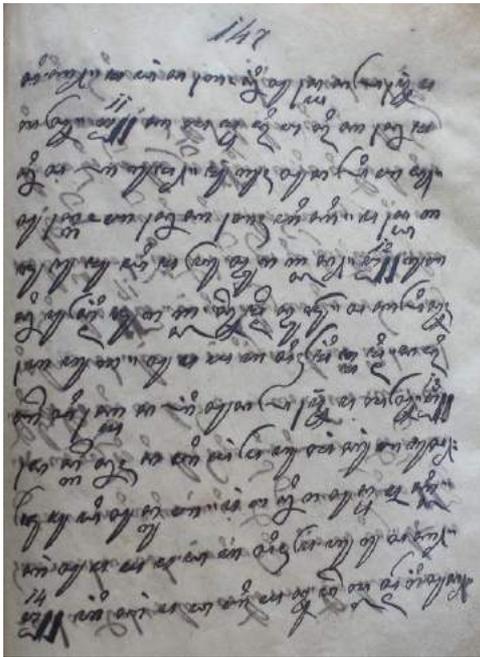
#### **4.1 Evaluasi Visual**

Pengujian secara visual dilakukan pada data uji yang telah dipersiapkan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat keterbacaan hasil binerisasi dan tingkat noise yang tertinggal secara visual. Percobaan ini dilakukan pada metode yang digunakan serta metode pembanding. Metode pembanding ini dipilih karena metode-metode tersebut memiliki metode yang sama yaitu menggunakan thresholding baik global thresholding maupun local thresholding.

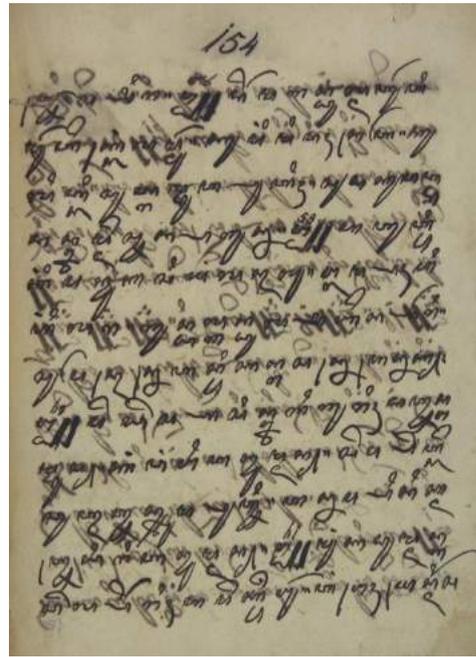
Data uji pada pengujian secara visual ini digunakan 4 buah data uji dengan permasalahan tembusan tinta yang berbeda. Data uji pertama (lihat Gambar 4.1 (a)) merupakan citra naskah kuno dengan tembusan tinta yang kurang pekat atau masih terlihat berbeda dengan tulisan utama (kontrasnya lumayan besar) dan sebaran cahaya pada data uji pertama yang kurang merata yang berdampak munculnya semacam bayangan pada permukaan kertasnya. Data uji kedua (lihat Gambar 4.1 (b)) merupakan citra naskah kuno dengan tembusan tinta yang pekat yang hampir menyerupai tulisan utama (kontras yang kecil) dan sebaran cahaya pada data uji kedua yang merata sehingga tidak ada bayangan yang muncul akibat tidak meratanya pencahayaan.

Data uji ketiga (lihat Gambar 4.1 (c)) merupakan potongan bagian naskah kuno dengan masalah tembusan tinta dengan warna tembusan yang sedikit tidak menyerupai warna tinta pada tulisan utama (kontras yang lumayan besar), namun terdapat bagian dengan tembusan yang tebal dari halaman sebaliknya. Data uji

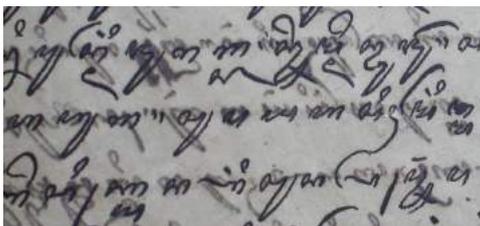
ketiga ini memiliki warna tembusan tinta yang terlihat berbeda dengan warna tulisan utama. Sedangkan untuk data uji keempat (lihat Gambar 4.1 (d)) merupakan potongan bagian naskah kuno dengan masalah tembusan tinta dengan warna tembusan yang mirip dengan warna tulisan utama (kontras yang rendah). Pada data uji keempat ini, terdapat beberapa tembusan tinta yang tercetak tebal dan membuat sulit terbacanya tulisan utama pada bagian tembusan tersebut.



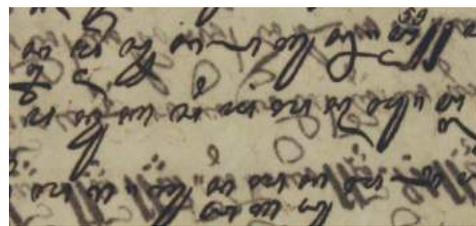
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.1 Data Uji Evaluasi Visual: (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) Data Uji Keempat.

#### 4.1.1 Metode Usulan

Secara visual, metode usulan berhasil membersihkan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan meninggalkan sedikit noise. Pada binerisasi data uji pertama (lihat Gambar 4.2 (a)), metode usulan berhasil menghilangkan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan baik. Namun pada beberapa bagian, semisal pada bagian pojok kiri bawah, masih ada noise tembusan yang bersisa dan gagal untuk di binerisasi menjadi latar belakang atau non objek atau berwarna putih. Selain itu untuk binerisasi pada tulisan utama yang memiliki ketebalan guratan tulisan yang tipis, objek tersebut ikut sedikit terbinerisasi menjadi non-objek atau berwarna putih. Semisal pada baris tulisan ketiga dari bawah sebelah kiri, terdapat guratan tulisan tipis yang seharusnya menjadi objek dan tidak ikut dianggap sebagai non-objek pada saat proses binerisasi menggunakan metode usulan. Sedangkan untuk perbedaan sebaran cahaya yang tidak merata, metode usulan mampu membinaerisasi bayangan yang muncul tersebut menjadi non-objek dan berwarna putih. Pada bagian kanan atas citra awal (lihat Gambar 4.1(a)) terdapat bayangan akibat sebaran cahaya yang tidak merata. Dan bayangan ini dapat terbinerkan menjadi non-objek.

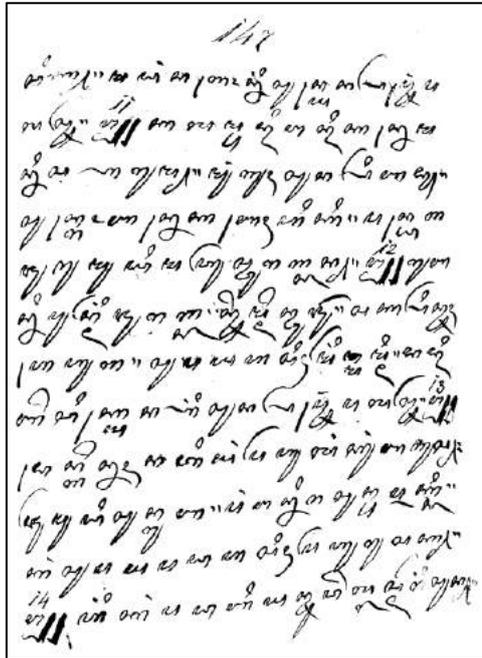
Pada binerisasi data uji kedua, metode usulan berhasil membersihkan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan baik. Namun ada beberapa bagian citra dengan masalah yang spesifik belum ikut terbinerisasi. Semisal pada bagian atas kiri citra hasil binerisasinya (lihat Gambar 4.2 (b)), pada bagian tersebut masih gagal membinaerkan tulisan utama. Hal ini dimungkinkan adanya noise lain yang memudahkan tulisan utama menjadi tidak begitu berwarna hitam. Noise tersebut berupa air yang menetes dan meninggalkan bercak tetesan pada bagian tetesannya (lihat Gambar 4.1 (b)). Selain itu, pada data uji kedua yang memiliki sebaran cahaya yang merata, metode usulan dapat membersihkan noise dengan baik. Pertanda metode ini masih dapat membinaerkan pada kondisi pencahayaan yang merata.

Untuk binerisasi data uji ketiga, metode usulan dapat membinaerisasi citra data uji ketiga dengan baik secara garis besar. Namun, binerisasi menggunakan metode usulan masih meninggalkan beberapa titik-titik yang berasal dari noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Tampak pada Gambar 4.2 (c), beberapa

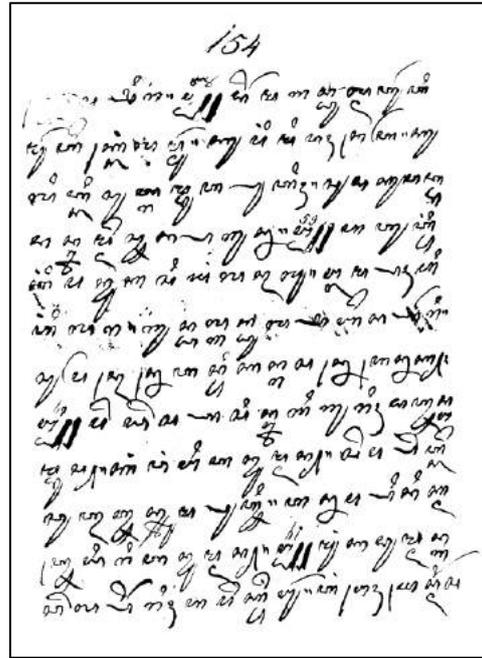
titik noise yang tertinggal pada bagian atas citra. Juga pada bagian tembusan tinta yang bercetak tebal pada bagian kiri atas citra (lihat Gambar 4.1 (c)), tembusan tebal ini dapat terbinerisasi menjadi non-objek, namun masih meninggalkan sedikit noise tersebut yang masih dianggap sebagai objek atau tulisan utama. Beberapa tulisan utama dengan guratan yang tipis, juga masih ikut terbinerisasi sebagai non-objek dan menjadikan guratan tipis tersebut sedikit hilang pada bagian samping-sampingnya atau metode usulan mengurangi sedikit bagian atau mengikis guratan tulisan pada bagian guratan terluarnya. Namun, pengikisan ini masih dalam sifat wajar dan tulisan utama masih dapat terbaca dengan baik.

Pada binerisasi data uji keempat (lihat Gambar 4.2 (d)), metode usulan dapat membinerisasi data uji dengan baik secara garis besar. Metode usulan dapat membersihkan noise tembusan tinta yang muncul yang pada data uji keempat ini, tembusan tinta memiliki warna yang hampir menyerupai warna pada tulisan utama dengan tembusan tinta yang bercetak tebal hampir menyerupai ukuran tulisan utama (lihat Gambar 4.1 (d)). Namun, pada binerisasi menggunakan metode usulan, ada beberapa noise tembusan yang masih tertinggal. Yaitu pada bagian tulisan bagian bawah pada citra. Masih ada noise titik tiga yang tertinggal. Jika dilihat kembali pada citra uji, memang titik tiga tersebut memiliki kemiripan warna dengan tulisan utama dibawahnya. Juga pada bagian kanan bawah, beberapa noise yang tertinggal berupa bintik-bintik yang masih dianggap sebagai objek oleh metode usulan. Noise yang tertinggal pada bagian ini, berasal dari noise tembusan tinta dengan ukuran yang besar dan memiliki warna noise yang hampir menyerupai warna pada tulisan utama.

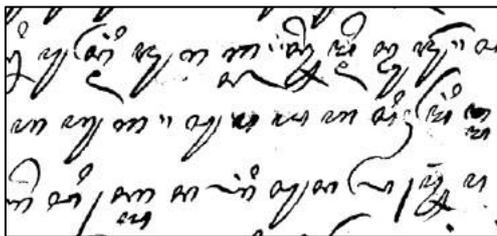
Dari keempat data uji yang diujikan, binerisasi menggunakan metode usulan berhasil membinerkan data uji dengan baik. Meskipun ada beberapa noise yang masih tertinggal, noise tersebut berupa titik-titik kecil yang tidak begitu mengganggu tulisan utama saat akan dibaca (lihat Gambar 4.2). Kebanyakan noise-noise tembusan yang masih tertinggal saat dibinerisasi menggunakan metode usulan, merupakan noise dengan tembusan tinta yang berukuran besar dan memiliki warna yang menyerupai warna tinta utama. Selain itu, guratan dengan tinta yang tipis, terkikis sedikit pada bagian luarnya, namun tulisan utama tersebut masih dapat terbaca dan masih sama seperti tulisan aslinya.



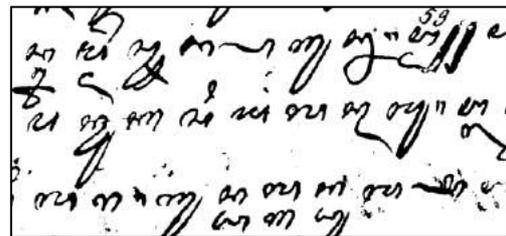
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.2 Binerisasi Menggunakan Metode Usulan pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

#### 4.1.2 Metode Otsu

Secara visual, metode Otsu dapat membinerkan citra naskah kuno yang dujikan. Namun noise-noise yang muncul menandakan metode ini masih belum bisa membinerkan data uji dengan baik. Noise-noise yang masih tertinggal berupa perbedaan sebaran intensitas cahaya pada kertas yang menimbulkan efek bayangan pada kertas naskah. Selain itu, noise yang muncul adalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya yang seharusnya dihilangkan dan dihapuskan oleh metode binerisasi menggunakan metode ini.

Pada binerisasi data uji pertama menggunakan metode Otsu (lihat Gambar 4.3 (a)), metode Otsu masih meninggalkan noise yang besar pada bagian pojok kiri

bawah. Jika dilihat pada data uji pertama pada Gambar 4.1 (a), bagian tersebut merupakan dampak yang ditimbulkan oleh persebaran intensitas cahaya yang kurang merata yang menimbulkan efek bayangan pada citra yang menimbulkan binerisasi menggunakan metode ini masih kurang baik pada data uji dengan sebaran intensitas cahaya yang kurang merata. Selain itu, untuk noise berupa tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode Otsu ini masih gagal menghapus noise tembusan tersebut dengan baik. Terlihat hampir semua pada bagian noise tembusan tinta, masih tertinggal noise tembusan yang masih dianggap sebagai tulisan utama. Sehingga pada binerisasi menggunakan metode ini, Tulisan utama masih sulit untuk dibaca. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (a)), metode Otsu ini masih meninggalkan noise lebih banyak dari pada metode usulan terutama pada bagian sebaran cahaya yang kurang merata pada data uji pertama pada bagian kiri bawah.

Untuk binerisasi data uji kedua menggunakan metode Otsu (lihat Gambar 4.3(b)), metode ini dapat membinerisasi latar belakang kertas dengan sebaran intensitas cahaya yang merata. Berbeda dengan hasil pada data uji pertama yang memiliki pencahayaan dengan sebaran intensitas yang kurang merata yang meninggalkan banyak noise pada bagian yang memiliki efek bayangan. Namun pada metode ini, masih gagal membinerisasi noise yang berupa tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan baik karena masih banyak noise yang muncul pada setiap tembusan tinta yang muncul. Jika dilihat dari data uji kedua pada Gambar 4.1 (b), tembusan tinta tersebut memiliki warna yang menyerupai warna tinta utamanya. Juga ketika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan, metode Otsu ini masih meninggalkan lebih banyak noise terutama pada noise yang berasal dari tembusan tinta dari halaman sebaliknya (lihat Gambar 4.2 (b)).

Binerisasi data uji ketiga menggunakan metode Otsu, masih meninggalkan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya terutama pada tembusan tinta dengan ukuran yang besar. Jika dilihat pada hasil binerisasi pada data uji ketiga menggunakan metode ini (lihat Gambar 4.3 (c)), pada bagian kiri atas masih ada noise yang berasal dari tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan ukuran yang besar yang masih dianggap sebagai objek atau tulisan utama. Juga pada bagian kiri

bawah, masih banyak tertinggal noise yang dianggap sebagai objek. Jika dibandingkan dengan binerisasi data uji ketiga menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (c)), metode usulan masih meninggalkan lebih sedikit noise tembusan daripada metode Otsu ini terutama pada bagian tembusan tinta dengan ukuran yang besar pada bagian kiri atas.



Gambar 4.3 Binerisasi Menggunakan Metode Otsu pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

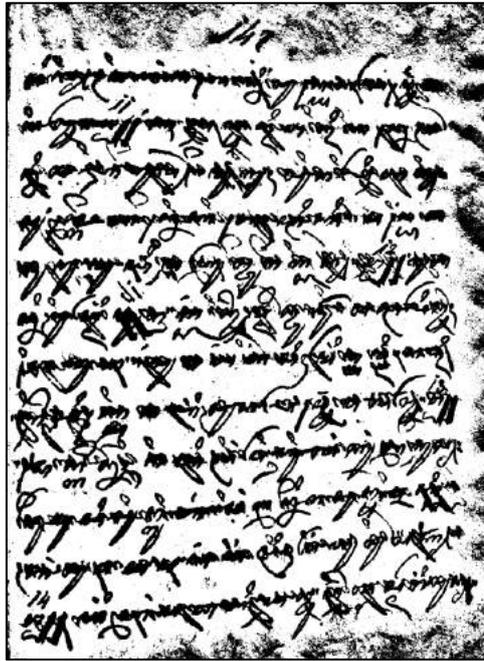
Untuk binerisasi pada data uji keempat menggunakan metode Otsu, juga masih banyak meninggalkan noise berupa tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Jika dilihat dari data uji keempat pada Gambar 4.1 (d) yang memiliki tembusan tinta dengan ukuran yang besar dengan warna yang menyerupai warna pada tulisan

utama, metode ini masih meninggalkan hampir semua noise yang muncul dan menyulitkan pembaca untuk membaca tulisan utamanya. Terutama pada bagian kiri bawah, noise yang tertinggal hampir menutupi seluruh bagian tulisan utama yang membuat tulisan utama susah untuk dibaca. Selain itu, jika dibandingkan dengan binerisasi data uji keempat menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (d)), metode Otsu ini masih meninggalkan noise tembusan tinta lebih banyak daripada metode usulan. Terutama pada tembusan tinta yang berukuran besar pada daerah baris terbawah data ujinya.

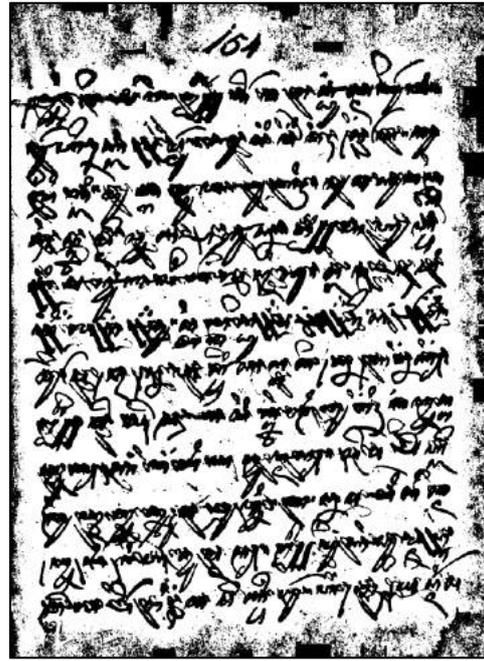
#### **4.1.3 Metode Bernsen**

Secara visual, metode Bernsen dapat membinaerisasikan naskah kuno pada data yang diujikan dengan banyak meninggalkan noise. Noise yang muncul tersebar pada tiap bagian samping kertas. Diman pada bagian samping kertas ini, tidak ada tulisan utama yang muncul. Justru hanya bagian kertas yang seharusnya menjadi latar belakang tulisan utama. Namun pada binerisasi data uji dengan sedikit bagian yang kosong dari tulisan utamanya, metode ini berhasil membinaerisasi latar belakang tersebut menjadi bagian non objek.

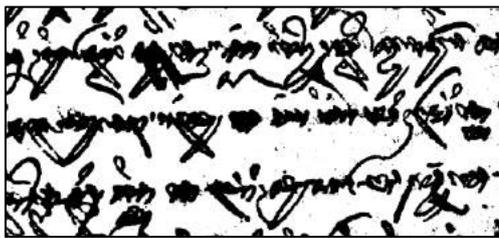
Pada data uji pertama dengan pencahayaan sebaran intensitas cahaya yang kurang merata, metode Bernsen dapat membinaerisari perbedaan sebaran intensitas cahaya tersebut dengan baik. Namun untuk bagian yang tidak ada tulisan utamanya, metode ini meninggalkan banyak noise pada bagian tersebut yaitu pada bagian sampingnya (lihat Gambar 4.4 (a)). Selain itu, untuk noise yang berupa tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode ini gagal menghapus noise yang ada. Akibatnya pada binerisasi yang dilakukan pada data uji pertama, tulisan utama masih sulit untuk dibaca dan sulit untuk dibedakan antara tulisan utama dan latar belakangnya. Jika metode Bensen ini dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (a)), metode bernsen ini masih meninggalkan noise yang lebih banyak daripada metode usulan. Terutama pada bagian samping kertas yang tidak memiliki tulisan utama juga pada noise yang muncul dari tembusan tinta dari halaman sebaliknya.



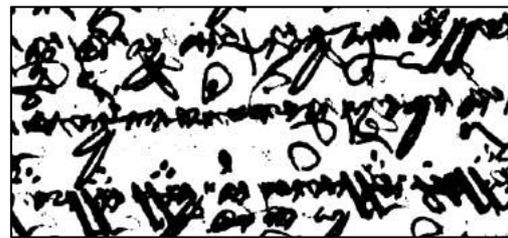
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.4 Binerisasi Menggunakan Metode Bernsen pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

Untuk binerisasi pada data uji kedua (lihat Gambar 4.4 (b)), metode ini berhasil membinerisasi naskah kuno dengan sebaran pencahayaan yang merata. Namun pada bagian yang tidak ada tulisan utamanya, metode ini meninggalkan banyak noise terutama pada bagian samping dan atas data uji. Jika dilihat lagi pada data uji kedua ini pada Gambar 4.1 (b), bagian tersebut merupakan bagian latar belakang tulisan atau bagian kertas tanpa tulisan atau guratan tinta. Metode ini justru menganggap bagian tersebut sebagai objek yang seharusnya latar belakang. Untuk noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode ini gagal membersihkan noise tersebut dengan baik. Terlihat hampir semua bagian tembusan tinta dari halaman sebaliknya, masih tertinggal dan dianggap sebagai objek pada

data uji tersebut. Akibatnya tulisan utama dan noise tembusan tersebut sama-sama dianggap sebagai objek dan menyatu yang menimbulkan susahya pembacaan tulisannya. Ketika metode ini dibandingkan dengan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (b)), metode Bernsen ini masih meninggalkan lebih banyak noise terutama pada bagian samping kanan yang tidak memiliki tulisan utaman. Juga pada noise berupa tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode Bernsen meninggalkan banyak noise daripada binerisasi menggunakan metode usulan.

Binerisasi pada data uji ketiga (lihat Gambar 4.4 (c)), metode Bernsen berhasil membenerisasi latar belakang tulisan dengan baik. Tidak seperti pada dara uji pertama dan kedua yang meninggalkan noise pada pinggiran tulisan yang tidak ada tulisan utamanya. Selain itu, beberapa bagian pada noise yang muncul di kertas, noise tersebut ikut dibersihkan oleh metode ini. Namun, pada noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode ini gagal membersihkan noise tersebut. Terlihat pada hasil binerisasinya masih banyak noise yang tertinggal dan menjadi satu dengan tulisa utama. Sehingga tulisan utama susah untuk dibedakan dengan noisenya yang menimbulkan susahya membaca tulisan utama pada data uji ketiga ini. Selain itu, untuk tembusan tinta dengan ukuran besar (terletak pada bagian kiri atas), metode ini gagal membersihkan noise tersebut. Jika hasil binerisasi pada data uji ketiga metode Bernsen dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (c)), metode Bernsen masih meninggalkan lebih banyak noise dibandingkan metode usulan terutama pada noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya.

Untuk binerisasi data uji keempat (lihat Gambar 4.4 (d)), metode Bernsen berhasil memberishkan noise yang muncul pada latar belakang tulisan atau kertas. Berbeda dengan hasil binerisasi pada data uji pertama dan kedua yang meninggalkan noise pada bagian kertas yang tidak ada tulisan utamanya. Sedangkan untuk noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode Bernsen ini masih gagal dalam melakukan binerisasi. Noise tersebut masih tertinggal dan menyatu dengan tulisan utama sehingga susah untuk membedakan mana tulisan utama dana mana yang noise atau latar belakangnya yang berdampak pada susahya pembacaan tulisan yang ada. Jika metode Bernsen ini dibandingkan dengan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (d)), metode bernsen meninggalkan noise lebih banyak

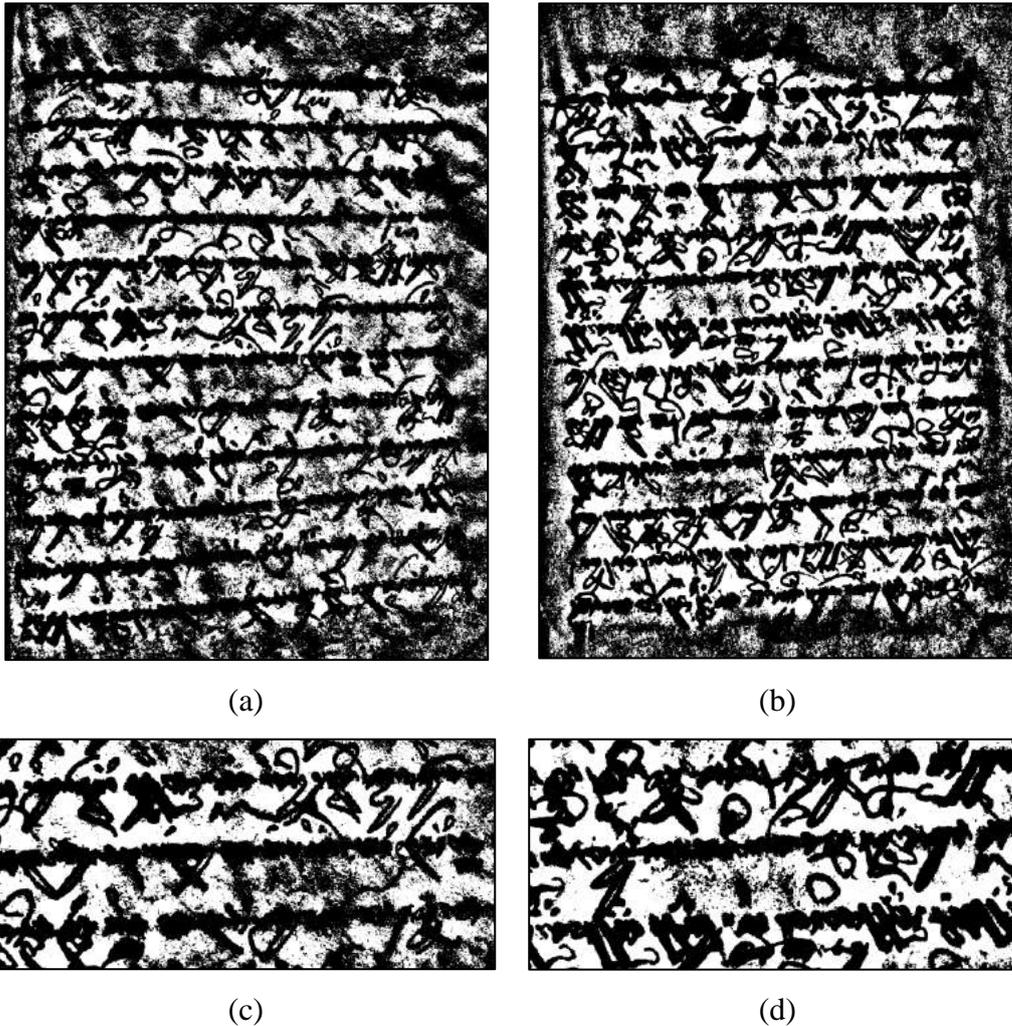
daripada metode usulan, terutama pada noise yang berupa tembusan tinta dari halaman sebaliknya.

#### **4.1.4 Metode Niblack**

Metode niblack secara visual lebih banyak meninggalkan noise pada data uji pertama dan kedua (lihat Gambar 4.5 (a) dan (b)). Pada hasil binerisasi tersebut, noise paling banyak muncul pada bagian diluar area tulisan utama dimana area tersebut merupakan daerah pinggiran kertas yang memiliki perbedaan warna akibat tidak rata permukaan kertas. Namun pada daerah tengah citra yaitu daerah tulisan utama, metode ini lebih sedikit meninggalkan noise jika dibandingkan dengan bagian samping citra. Selain itu, pada masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode ini belum berhasil membersihkan noise tersebut. Masih banyak noise yang tersisa pada daerah sekitaran tulisan utama. Jika binerisasi metode Niblack ini dibandingkan dengan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (a) dan (b)), binerisasi menggunakan metode ini masih meninggalkan lebih banyak noise terutama pada tembusan tinta dan bagian samping kertasnya.

Sedangkan binerisasi pada data uji ketiga (lihat Gambar 4.5 (c)) yang memiliki perbedaan sebaran cahaya, metode ini meninggalkan noise pada bagian-bagian yang memiliki perbedaan cahaya terutama pada bagian kertas sekitar tulisan utama. Noise yang tersisa lumayan banyak sehingga sangat sulit untuk membedakan mana yang tulisan utama dan latar belakangnya. Untuk masalah tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya, metode ini meninggalkan noise yang membuat tulisan utama sulit untuk dibaca seolah tulisan utama menyatu dengan latar belakangnya. Juga pada data uji keempat (lihat Gambar 4.5 (d)) yang memiliki sebaran cahaya yang merata, metode ini dapat membersihkan daerah sekitaran tulisan utama lebih baik daripada binerisasi pada data uji ketiga. Namun metode ini masih meninggalkan lumayan banyak noise pada sekitar tulisan utama yaitu pada noise tembusan tinta pada halaman sebaliknya. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (c) dan (d)), metode ini masih meninggalkan lebih banyak noise daripada metode usulan. Yaitu pada bagian sekitaran tulisan utama dan pada noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya.

Dari keempat data yang diujikan, metode ini masih gagal dalam membersihkan noise pada kertas, noise akibat perbedaan sebaran cahaya, juga noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Namun pada beberapa bagian binerisasi, noise yang muncul dari kertas pada beberapa bagian sekitar tulisan utama, dapat dibersihkan dengan baik.



Gambar 4.5 Binerisasi Menggunakan Metode Niblack pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

#### 4.1.5 Metode Sauvola

Metode Sauvola secara visual sudah dapat membinerkan citra naskah kuno dengan baik dan dapat membersihkan noise-noise yang muncul seperti perbedaan sebaran cahaya pada data yang diujikan. Namun, metode ini masih meninggalkan

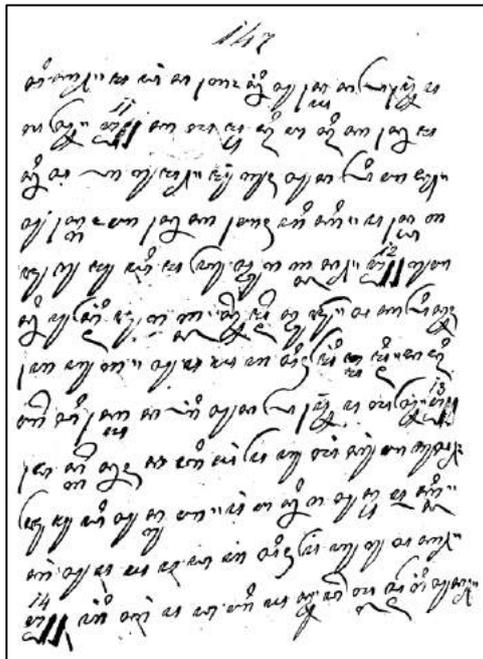
sedikit noise pada bagian tembusan tinta yang berwarna agak mirip dengan tulisan utamanya dan berukuran cukup besar.

Pada binerisasi data uji pertama (lihat Gambar 4.6 (a)), metode ini sudah bisa membinerkan noise-noise secara baik, namun masih meninggalkan beberapa noise yang berasal dari tembusan tinta sebaliknya terutama pada bagian sebelah kiri bawah, terdapat sisa-sisa noise yang seharusnya dihilangkan. Jika kita mengacu pada data uji pertama sebelum dilakukan binerisasi (lihat Gambar 4.1 (a)), pada bagian pojok kiri bawah terdapat noise tembusan tinta yang masih di anggap sebagai objek oleh metode Sauvola. Namun jika dibandingkan dengan binerisasi metode usulan (lihat Gambar 4.2 (a)), pada bagian ini metode usulan lebih sedikit meninggalkan noise tembusan tersebut dibandingkan dengan metode Sauvola. Namun keduanya masih meninggalkan noise tembusan tinta tersebut.

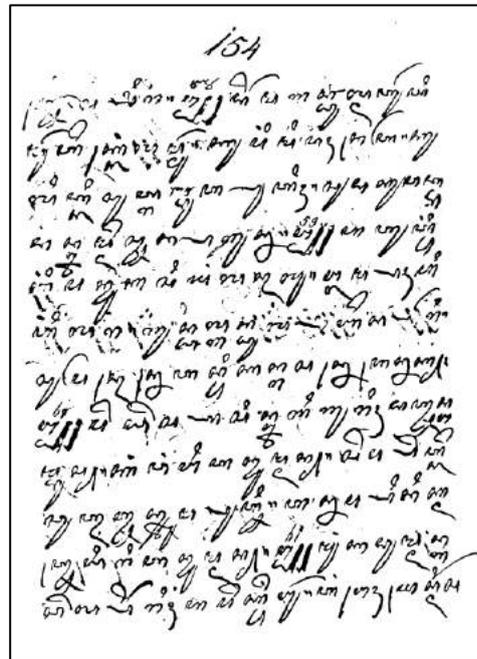
Selain itu, pada binerisasi data uji kedua (lihat Gambar 4.6 (b)) metode ini sudah membersihkan noise-noise yang muncul, namun pada bagian atas kiri citra ada beberapa bagian noise tembusan tinta yang masih tertinggal, terutama pada bagian sekitar tulisan utama baris kedua. Selain itu pada baris kelima masih banyak tembusan tinta yang tertinggal dan belum dibersihkan dengan sempurna. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (b)), metode usulan masih meninggalkan lebih sedikit noise dibandingkan dengan metode Sauvola. Namun kedua metode ini, baik metode usulan dan metode Sauvola masih meninggalkan sedikit noise tembusan pada data uji kedua bagian tulisan baris kelima.

Untuk binerisasi pada data uji ketiga (lihat Gambar 4.6 (c)), metode Sauvola masih meninggalkan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Ada beberapa bagian noise yang masih tertinggal dari proses binerisasi menggunakan metode ini. Selain itu, pada bagian kiri atas (lihat Gambar 4.1 (c)) yaitu pada bagian tembusan tinta yang berukuran besar, metode Sauvola dapat membersihkan noise tersebut dengan baik namun masih meninggalkan beberapa noise disekitarnya. Jika binerisasi metode Sauvola ini dibandingkan dengan binerisasi metode usulan (lihat Gambar 4.2 (c)), metode ini sedikit lebih banyak meninggalkan noise yang berupa titik-titik pada sekitaran tulisan utama daripada metode usulan. Keduanya sama-

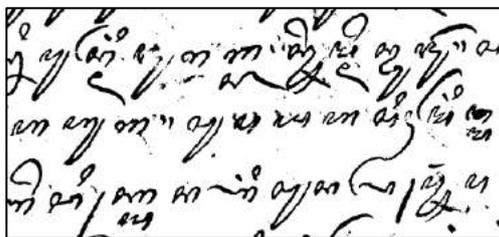
sama meninggalkan noise berupa titik-titik, namun tulisan utama masih dapat terbaca dengan baik.



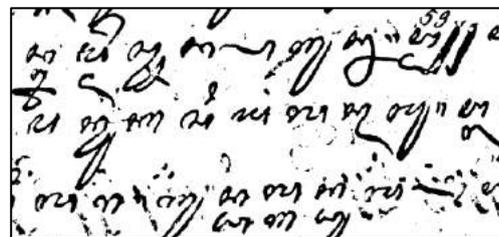
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.6 Binerisasi Menggunakan Metode Sauvola pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

Sedangkan untuk binerisasi data uji keempat (lihat Gambar 4.6 (d)) yang memiliki sebaran cahaya yang merata, metode ini sudah dapat membinerkan citra dengan baik. Akan tetapi, pada bagian tembusan tinta yang berupa titik tiga pada bagian atas tulisan terbawah, masih tertinggal dan belum terbinerisasi dengan baik oleh metode ini. Titik-titik tersebut seharusnya dianggap sebagai noise, namun masih dianggap sebagai tulisan utama oleh metode Sauvola. Begitu juga pada bagian sebelah kanan bawah, masih tertinggal titik-titik tembusan tinta. Mungkin

karena bagian titik-titik tersebut memiliki warna yang mirip dengan tulisan utama. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (d)), metode usulan lebih sedikit meninggalkan noise tembusan tersebut daripada metode Sauvola ini. Keduanya masih meninggalkan noise berupa titik-titik, tapi tulisan utama masih dapat terbedakan dengan baik dari latar belakang dan noisenya.

#### **4.1.6 Metode Phansalkar**

Metode Phansalkar secara visual dapat membinerkan naskah kuno dengan baik. Secara keseluruhan, metode ini sudah dapat membersihkan noise yang muncul pada bagian latar belakang atau kertas. Sedangkan pada binerisasi data uji pertama (lihat Gambar 4.7(a)) dengan sebaran cahaya yang kurang merata dengan baik, metode ini dapat membinerisasi data uji tersebut dengan baik, menghilangkan noise yang berasal dari perbedaan intensitas cahaya tersebut dan menyisakan tulisannya. Namun, untuk noise yang berasal dari tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode ini masih gagal membersihkan noise tembusan tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 4.7 (a) bahwa noise tembusan yang masih bersisa menyatu dengan tulisan utama yang berdampak sulitnya tulisan utama dibedakan dengan noisenya dan ketika tulisan utamanya ingin dibaca. Ketika metode Phansalkar ini dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (a)), metode usulan masih lebih sedikit meninggalkan noise akibat tembusan tinta dari halaman sebaliknya.

Untuk binerisasi data uji kedua (lihat Gambar 4.7 (b)), metode ini sudah dapat membersihkan noise pada kertas yang muncul dengan baik. Selain itu pada sebaran cahaya yang merata, metode ini juga dapat membersihkan noise tersebut dengan baik. Namun untuk noise yang berasal dari tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode ini gagal membersihkan noise tersebut dengan baik. Dapat dilihat pada hasil binerisasinya pada Gambar 4.7 (b), noise dari tembusan tinta masih banyak tertinggal. Belum lagi noise tembusan dengan ukuran yang besar yang menyatu dengan tulisan utama yang menyulitkan pembacaan tulisan utama dan sulit untuk membedakan mana yang tulisan utama dan mana yang noise tembusan. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan pada data uji kedua

ini (lihat Gambar 4.2 (b)), metode usulan meninggalkan lebih sedikit noise tembusan dibandingkan metode Phansalkar.



Gambar 4.7 Binerisasi Menggunakan Metode Phansalkar pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

Pada binerisasi data uji ketiga (lihat Gambar 4.7 (c)), metode Phansalkar sudah bisa membersihkan noise pada sampingan tulisan utama yang berasal dari latar belakang atau kertas naskah tersebut. Namun pada noise yang berasal dari tembusan tinta dari halaman sebaliknya, metode Phansalkar ini gagal membersihkan noise tersebut dengan baik. Selain itu, untuk tembusan tinta yang berukuran besar, metode ini masih meninggalkan noise tembusan dan membuatnya

menyatu dengan tulisan utama. Menyatunya tembusan ini dengan tulisan utama, membuat sulitnya tulisan utama untuk dibaca. Sedangkan ketika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan pada data uji ketiga (lihat Gambar 4.2 (c)), metode usulan masih lebih sedikit meninggalkan noise yang berasal dari tembusan tinta dari pada metode Phansalkar.

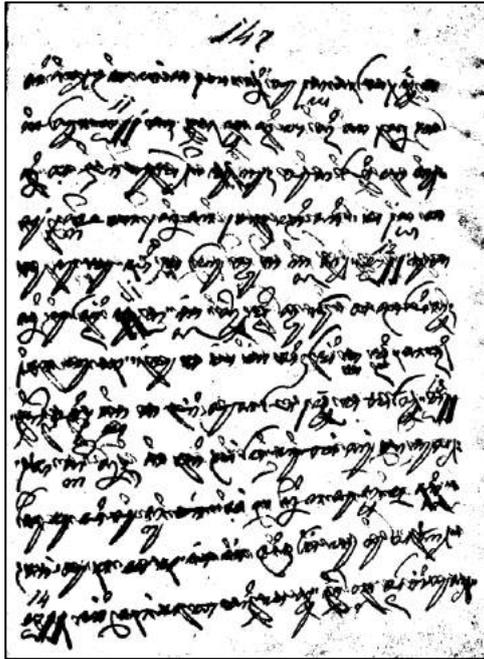
Untuk binerisasi pada data uji keempat menggunakan metode Phansalkar (lihat Gambar 4.7 (d)), metode phansalkar masiih meninggalkan banyak noise yang berasal dari tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Terutama pada tembusan tinta yang berukuran besar pada data uji keempat ini, metode Phansalkar masih gagal dalam membersihkannya. Namun, pada noise yang berasal dari kotoran yang timbul pada kertas, noise ini masih bisa dibersihkan dengan baik. Selain itu, jika dibandingkan dengan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (d)), metode Phansalkar ini masih meninggalkan lebih banyak noise pada binerisasi data uji keempat.

#### **4.1.7 Metode Singh**

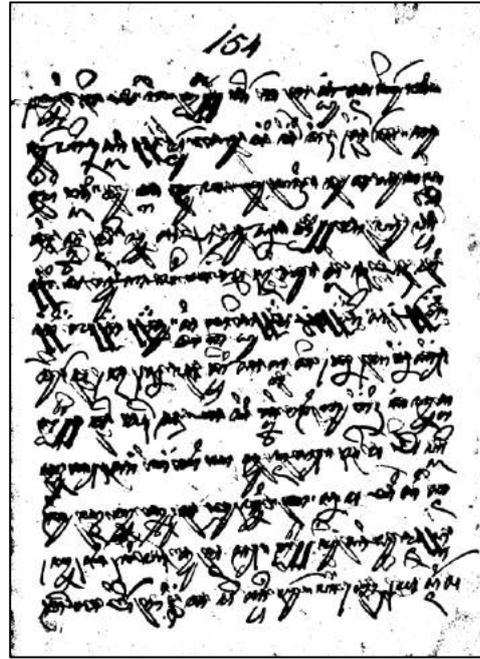
Secara visual metode Singh masih meninggalkan noise pada beberapa bagian yang memiliki perbedaan warna yang lebih mencolok seperti permukaan kertas yang kurang merata dan memiliki sebaran cahaya yang kurang merata. Pada binerisasi data uji pertama (lihat Gambar 4.8 (a)) yang memiliki persebaran cahaya yang tidak merata, metode Singh masih meninggalkan noise pada bagian samping citranya. Juga pada bagian noise yang tertembus tinta dari halaman sebaliknya, metode ini masih meninggalkan noise yang lumayan banyak dan mengganggu tulisan utama saat akan dibaca. Jika dibandingkan dengan binerisasi metode usulan (lihat Gambar 4.2 (a)), metode Singh ini masih meninggalkan lebih banyak noise daripada metode usulan terutama pada noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya.

Sedangkan binerisasi pada data uji kedua (lihat Gambar 4.8 (b)), metode Singh masih meninggalkan beberapa noise yang muncul karena adanya kotoran pada kertas di bagian samping-samping naskah. Selain itu pada noise tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya, metode ini masih meninggalkan noise tersebut yang berdekatan dengan tulisan utama yang berdampak pada sulitnya pembacaan tulisan utamanya. Untuk metode perbandingan metode Singh ini yaitu metode

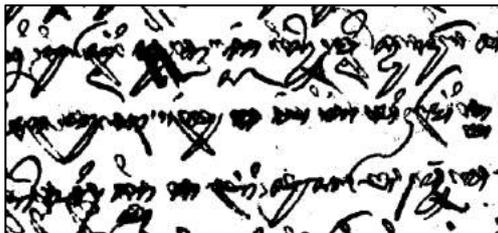
usulan, binerisasi metode Singh pada data uji kedua, meninggalkan lebih banyak noise daripada metode usulan. Tampak pada Gambar 4.8 (b) noise yang tersisa masih pada tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya. Berbeda dengan metode usulan yang meninggalkan noise pada data uji kedua (lihat Gambar 4.2 (b)) lebih sedikit daripada metode Singh.



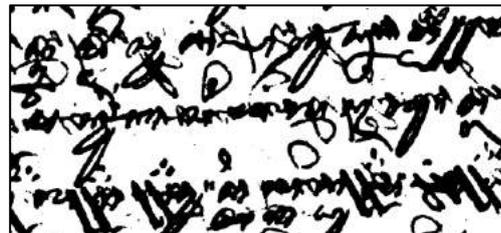
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.8 Binerisasi Menggunakan Metode Singh pada (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

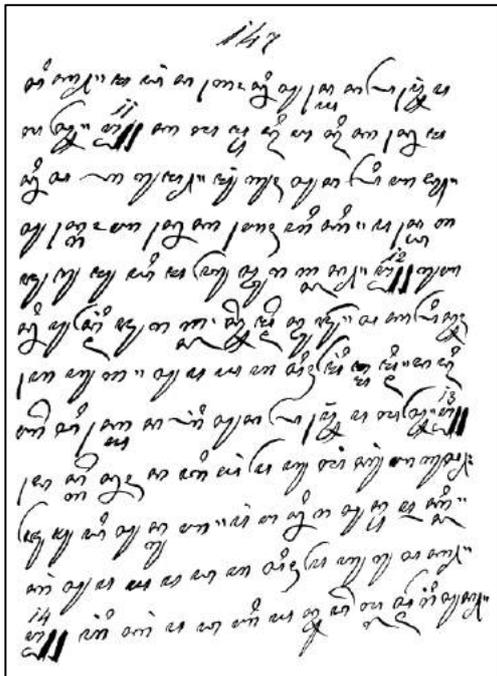
Untuk binerisasi data uji ketiga menggunakan metode Singh (lihat Gambar 4.8 (c)), binerisasi menggunakan metode ini masih meninggalkan noise yang lumayan banyak. Yaitu pada bagian-bagian samping tulisan utama juga pada bagian noise yang tertembus dari halaman sebaliknya. Akibatnya saat tulisan utamanya

akan dibaca, pembacanya akan kesulitan membedakan mana yang noise dan tulisan utama. Selain itu, jika dibandingkan dengan binerisasi metode usulan pada data uji ketiga (lihat Gambar 4.2 (c)), metode Singh masih meninggalkan lebih banyak noise daripada metode usulan terutama pada bagian tembusan tinta dengan ukuran yang besar yaitu pada bagian kiri atas.

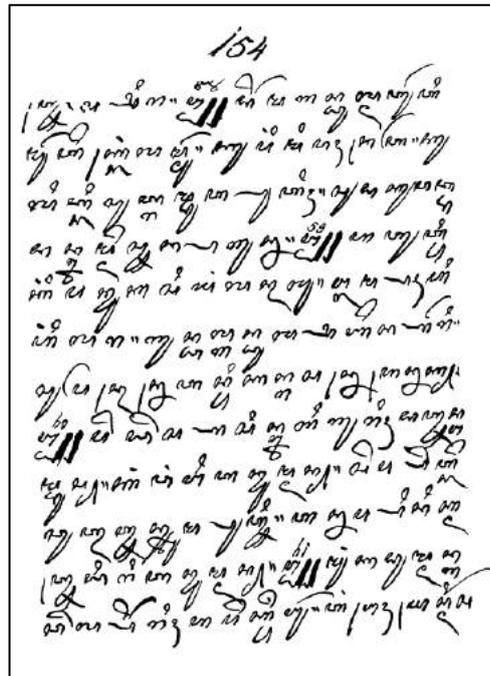
Sedangkan binerisasi menggunakan metode Singh pada data uji keempat (lihat Gambar 4.8 (d)), pada bagian bawah kanan citra terdapat noise yang berasal dari tembusan tinta halaman sebaliknya dengan ukuran yang besar yang masih dianggap sebagai objek oleh metode ini. Hal ini disebabkan warna tembusan tinta yang mirip dengan warna tulisan utama. Jika dibandingkan dengan binerisasi metode usulan pada data uji keempat (lihat Gambar 4.2 (d)), metode usulan meninggalkan noise lebih sedikit daripada metode Singh. Terutama pada tembusan tinta dengan ukuran yang besar, keduanya masih meninggalkan noise, namun metode Singh masih meninggalkan lebih banyak noise.

## **4.2 Evaluasi Berbasis Ground-truth**

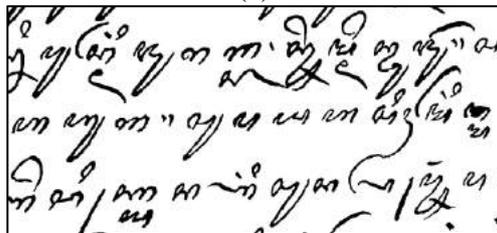
Binerisasi naskah kuno menggunakan metode usulan, akan diukur dengan pengukuran berbasis ground-truth dimana binerisasi menggunakan metode usulan akan dibandingkan dengan metode pembanding yaitu: Metode Otsu, Bernsen, Niblack, Sauvola, Phansalkar, dan Singh. Pengukuran berbasis ground-truth ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar performa metode-metode yang diujikan dilihat dari seberapa besar error yang muncul yang diukur dengan pengukuran MSE (Mean Square Error), seberapa besar kemiripan binerisasi metode yang diujikan dengan ground-truthnya yang diukur dengan PSNR (Peak Signal to Noise Ratio), seberapa besar (dalam persentase F-Measure) kemiripan binerisasi metode yang diujikan dengan ground-truthnya yang diukur dengan F-Measure, dan seberapa besar ketidak-miripan metode yang diujikan dengan ground-truthnya yang diukur dari jarak distorsi pada citra biner menggunakan DRD (Distance Reciprocal Distortion Metric).



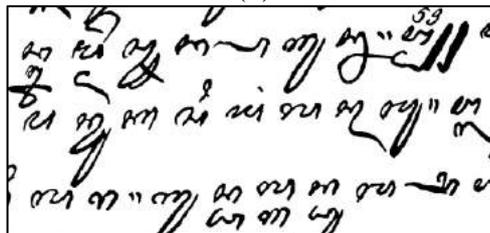
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.9 Ground-truth yang Digunakan untuk Pengukuran: (a) Data Uji Pertama, (b) Data Uji Kedua, (c) Data Uji Ketiga dan (d) data Uji Keempat.

Untuk data yang diujikan pada evaluasi ini berjumlah 4 data uji (lihat Gambar 4.1) yang memiliki permasalahan tembusan tinta yang berbeda. Untuk data pertama, memiliki masalah dengan tembusan tinta pada halaman sebaliknya yang memiliki sebaran cahaya yang kurang merata dengan warna tinta tembusan yang kurang mirip dengan tulisan utamanya dengan ukuran citra yang besar. Sedangkan untuk data uji kedua, memiliki masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan sebaran cahaya yang merata dan warna tembusan tinta yang hampir menyerupai tulisan utamanya dengan ukuran citra yang besar. Pada data uji ketiga, memiliki masalah tembusan tinta yang berukuran besar dengan warna tinta yang kurang menyerupai warna tulisan utama. Sedangkan ukuran citranya kecil dan

sebaran cahayanya kurang merata. Sedangkan pada data uji keempat, memiliki masalah tembusan tinta yang berukuran besar dan warna tinta tembusan yang menyerupai warna tinta pada tulisan utamanya. Sedangkan untuk ukuran citra pada data keempat, memiliki ukuran yang kecil dengan sebaran cahaya yang merata.

Untuk citra ground-truth yang nantinya menjadi referensi dari pengukuran data uji, digunakan ground-truth sebagaimana pada Gambar 4.9. Citra ground-truth ini berupa citra biner yang dibuat secara manual dari data uji yang diberi masking sesuai dengan pembuatan ground-truth pada Gambar 2.14. Untuk hasil pengukuran berbasis ground-truth, ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengukuran Berbasis Ground-truth

Data Uji	Metode	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
Pertama	Bernsen	46.243	6.720	56.490	13.839	1846.820
	Niblack	26.567	2.958	140.382	32.904	125.693
	Otsu	59.344	9.018	32.098	8.153	107.947
	Phansalkar	62.170	9.532	27.860	7.243	180.709
	Sauvola	91.226	17.793	3.186	1.081	115.687
	Singh	58.911	8.939	32.402	8.302	264.358
	Metode Usulan	<b>92.039</b>	<b>18.449</b>	<b>2.558</b>	<b>0.929</b>	<b>101.287</b>
Kedua	Bernsen	45.627	6.239	68.204	15.457	2834.626
	Niblack	29.319	3.178	142.345	31.280	148.628
	Otsu	65.108	9.711	28.928	6.950	<b>129.418</b>
	Phansalkar	61.817	9.094	33.676	8.011	234.331
	Sauvola	88.342	16.263	5.349	1.538	150.305
	Singh	60.011	8.765	36.565	8.642	300.801
	Metode Usulan	<b>88.841</b>	<b>16.723</b>	<b>4.305</b>	<b>1.383</b>	139.336
Ketiga	Bernsen	56.942	7.323	36.893	12.044	344.936
	Niblack	36.908	3.781	88.474	27.228	30.460
	Otsu	65.654	8.924	24.860	8.331	56.839
	Phansalkar	63.436	8.502	27.466	9.180	32.814
	Sauvola	92.451	17.193	2.926	1.241	42.247
	Singh	61.753	8.190	29.724	9.864	47.384
	Metode Usulan	<b>93.090</b>	<b>17.810</b>	<b>2.297</b>	<b>1.077</b>	<b>20.275</b>
Keempat	Bernsen	52.876	6.386	51.623	14.943	379.248
	Niblack	40.293	4.178	88.508	24.846	25.356
	Otsu	58.766	7.425	39.972	11.763	54.927
	Phansalkar	56.893	7.092	43.397	12.704	35.554
	Sauvola	85.853	14.097	7.636	2.532	37.058
	Singh	56.386	7.002	44.375	12.968	50.764
	Metode Usulan	<b>90.873</b>	<b>16.320</b>	<b>3.867</b>	<b>1.517</b>	<b>20.618</b>

Dari pengukuran berbasis ground-truth yang telah dilakukan pada data uji pertama dari binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.2 (a)), metode usulan mendapatkan urutan nomer pertama dengan perolehan nilai F-Measure sebesar 92,039 %, PSNR sebesar 18,449 dB, DRD 2,558 dan MSE 929 dengan waktu binerisasi sebesar 101,287 ms. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode Sauvola (lihat Gambar 4.6 (a)), metode Sauvola mendapatkan urutan kedua dengan perolehan nilai F-Measure sebesar 91,226 %, PSNR sebesar 17,793 dB, DRD 3,186 dan MSE 1081 dengan waktu binerisasi sebesar 115,687 ms. Akan tetapi untuk waktu proses binerisasi, metode Sauvola lebih lambat daripada metode Otsu dengan waktu proses binerisasi sebesar 107,947 ms. Sedangkan untuk metode binerisasi dengan perolehan nilai pengukuran berbasis ground-truth paling kecil pada data uji pertama adalah metode Niblack dengan perolehan nilai F-Measure sebesar 26,567 %, PSNR sebesar 2,958 dB, DRD 140,382 dan MSE 32,904 dengan waktu proses binerisasi sebesar 125,693 ms. Untuk waktu proses binerisasi paling lama adalah binerisasi menggunakan metode Bernsen yaitu memakan waktu sebesar 1846,820 ms.

Pada data uji kedua, binerisasi menggunakan metode usulan dan binerisasi menggunakan metode Sauvola memperoleh pengukuran F-measure yang hampir sama, hanya berbeda 0,499 % lebih besar metode usulan dengan perolehan F-Measure 88,841% dan 88,342%. Sedangkan untuk pengukuran PSNRnya, kedua metode ini masih berbeda 0,46 dB dengan perolehan PSNR sebesar 16,723 dB dan 16,263 dB. Untuk pengukuran DRD metode usulan memperoleh nilai sebesar 4,305 dengan MSE 1383. Sedangkan metode Sauvola memperoleh DRD sebesar 5,349 dan MSE 1538. Metode Sauvola memperoleh hasil pengukuran DRD dan MSE lebih besar daripada metode usulan yang berarti lebih besar ketidak miripan hasil binerisasi metode Sauvola daripada metode usulan. Untuk waktu proses binerisasi, keduanya tidak memperoleh urutan pertama, namun metode Otsu yang memiliki waktu proses binerisasi tercepat dengan 129,418 ms dan metode Bernsen memperoleh waktu proses binerisasi yang paling lambat dengan 2834,626 ms.

. Untuk data uji ketiga, metode usulan memperoleh pengukuran F-Measure sebesar 93,090% dengan PSNR sebesar 17,810 dB. Sedangkan untuk DRD dan MSE nya, metode usulan memperoleh nilai sebesar 2,297 dan 1077 yang tidak jauh

berbeda dengan hasil pengukuran pada metode Sauvola dengan perolehan nilai DRD dan MSE nya sebesar 2,926 dan 1241. Metode usulan dan metode Sauvola memang memperoleh hasil pengukuran dengan perbedaan yang sedikit, oleh karenanya metode usulan memperoleh urutan pertama dan metode Sauvola memperoleh urutan kedua. Untuk pengukuran waktu proses binerisasi, metode usulan memperoleh urutan pertama dengan waktu 20,275 ms dan metode Niblack pada urutan kedua dengan waktu 30,460 ms. Waktu proses binerisasi ini, dipengaruhi oleh ukuran citra yang akan dibinerisasikan. Jika dibandingkan dengan data uji kedua dengan ukuran yang lebih besar daripada data uji ketiga, metode usulan memperoleh proses binerisasi dengan beda 119,061 ms.

Pada data uji keempat yang memiliki masalah tembusan tinta dengan ukuran yang besar dan warna tinta tembusan yang menyerupai warna tulisan utama (lihat Gambar 4.1 (d)), hasil evaluasi berbasis ground-truthnya menunjukkan bahwa metode usulan memperoleh urutan pertama pada pengukuran F-Measure nya dengan perolehan nilai sebesar 90,873% yang berbeda 5,02% dari metode Sauvola yang berada pada urutan kedua. Sedangkan untuk pengukuran PSNR nya, metode usulan masih memperoleh urutan pertama dengan perolehan nilai sebesar 16,320 dB dan metode Sauvola berada pada urutan kedua dengan perolehan nilai 14,097 dB dengan beda nilai sebesar 2,223 dB. Baik pengukuran F-Measure dan PSNR menandakan kemiripan citra binerisasi dengan citra ground-truthnya. Semakin besar perolehan nilai pengukuran, semakin besar kemiripan dengan ground-truthnya. Untuk melihat perbedaan antara binerisasi metode usulan dan metode Sauvola pada data uji keempat, dapat dilihat pada Gambar 4.2 (d) dan Gambar 4.6 (d) sedangkan ground-truth pada data uji keempat dapat dilihat pada Gambar 4.9 (d). Selain itu, pada pengukuran ini, metode usulan memperoleh DRD dan MSE sebesar 3,867 dan 1517 sedangkan metode Sauvola pada urutan kedua memperoleh DRD dan MSE sebesar 7,636 dan 2532. Untuk pengukuran proses binerisasi pada data uji keempat, metode usulan memperoleh urutan pertama dengan proses binerisasi selama 20,618 ms dan urutan kedua diperoleh oleh metode Niblack dengan 25,356 ms.

Dari keempat pengukuran berbasis ground-truth pada Tabel 4.1, dapat diambil urutan performa metode binerisasi dari nilai yang bercetak tebal, bahwa

metode usulan memiliki performa yang tinggi jika dibandingkan dengan metode pembandingan yang menandakan metode usulan dapat membinerisasi naskah kuno dengan masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan baik dan hampir menyerupai ground-truthnya.

### **4.3 Evaluasi Variasi Ukuran Citra**

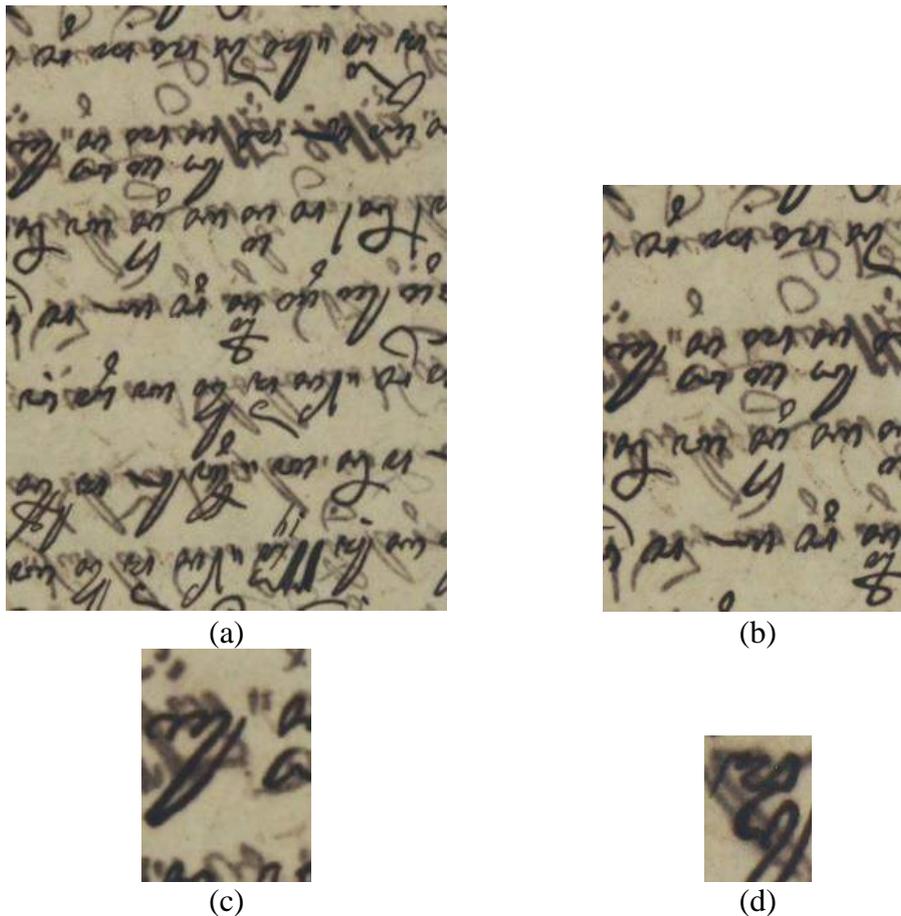
Evaluasi variasi ukuran citra dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui performa metode usulan yang diujikan pada citra dengan ukuran kecil hingga besar. Data uji yang digunakan adalah data yang dilakukan pemotongan pada salah satu data uji yang digunakan sebelumnya, yaitu pada data uji kedua pada Gambar 4.1 (b). Data uji ini memiliki ukuran citra sebesar 1721 x 2385 piksel. Lalu dilakukan pemotongan sebesar 50%, 30%, 10% dan 5% dari ukuran citra awalnya sehingga didapatkan data uji variasi ukuran pertama dengan ukuran 862 x 1194 piksel, data uji kedua dengan ukuran 517 x 717 piksel, data uji ketiga dengan ukuran 173 x 240 piksel dan data uji keempat dengan ukuran 78 x 120 piksel. Semua data uji pada evaluasi variasi ukuran citra memiliki masalah tembusan tinta yang memiliki warna tembusan mirip dengan warna tulisan utama dengan sebaran cahaya yang merata. Gambar 4.10 menunjukkan data uji variasi ukuran citra yang digunakan. Pada evaluasi variasi ukuran citra ini, dilakukan evaluasi visual dan evaluasi berbasis ground-truth pada citra hasil binerisasi.

#### **4.3.1 Evaluasi Visual pada Variasi Ukuran Citra**

Evaluasi visual dilakukan untuk mengetahui seberapa performa metode binerisasi dalam menghilangkan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya pada ukuran data uji yang bervariasi yang diukur sesuai dengan pengelihatannya manusia. Binerisasi data uji variasi ukuran citra menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.11), berhasil membersihkan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Pada data uji pertama yaitu dengan ukuran 50% (lihat Gambar 4.11(a)), metode usulan meninggalkan sedikit noise berupa bitnik-bintik pada bagian kiri atas. Namun secara keseluruhan, noise sudah dapat dibersihkan. Sedangkan pada data uji kedua dengan ukuran citra 30% (lihat Gambar 4.11 (b)), metode usulan sudah berhasil

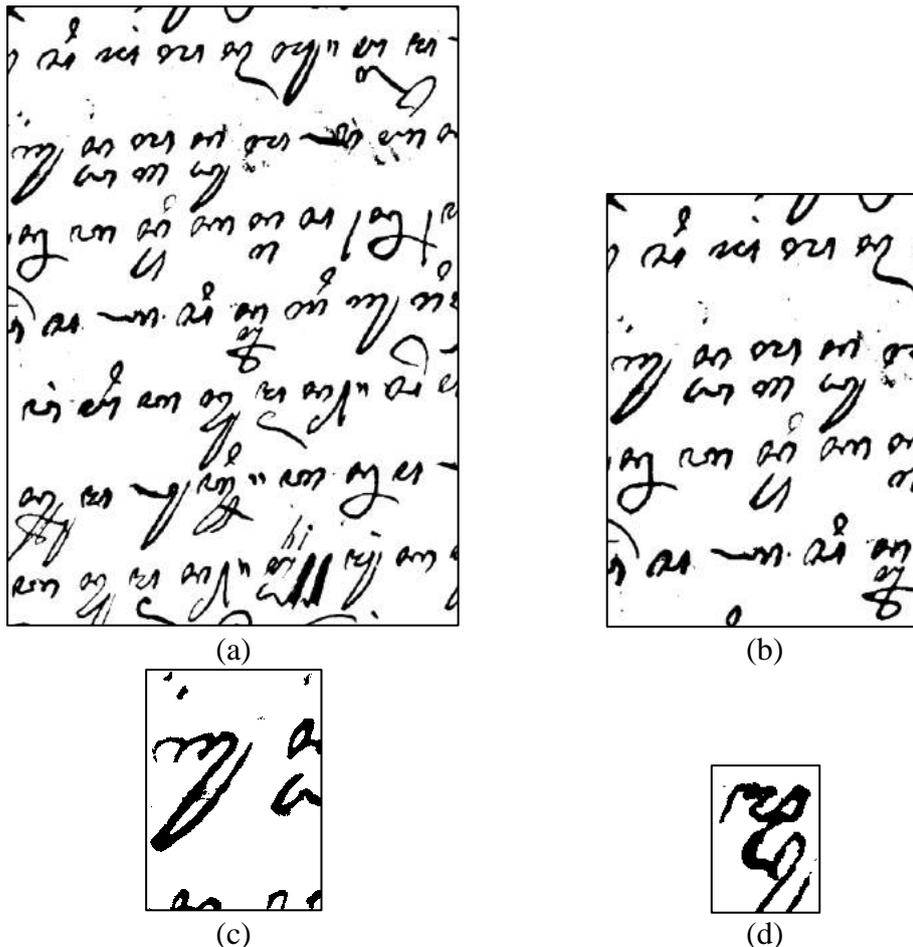
membersihkan noise tembusan, namun pada tembusan dengan ukuran yang besar, masih tertinggal sedikit berupa bitnik-bintik pada bagian kanan atas.

Untuk data uji ketiga dengan ukuran 10% (lihat Gambar 4.11 (c)), binerisasi menggunakan metode usulan sudah berhasil membersihkan noise tembusan yang muncul dengan warna yang mirip dengan warna tulisan utama. Namun, pada noise tembusan bagian kiri atas, masih tertinggal sedikit. Jika dilihat pada Gambar 4.10 (c), noise tersebut berupa titik tiga dengan warna yang hampir menyerupai warna tulisan utama. Sedangkan pada data uji dengan ukuran paling kecil yaitu data uji keempat dengan ukuran 5% (lihat Gambar 4.11 (d)), binerisasi menggunakan metode usulan berhasil membersihkan noise tembusan dengan baik. Noise tembusan yang memiliki warna hampir mirip dengan tulisan utama, dapat dihilangkan dan tulisan utama hasil binerisasi, menyerupai tulisan utama pada data uji keempat (lihat Gambar 4.10 (d)).



Gambar 4.10 Data Uji Variasi Ukuran Citra pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5%.

Dari keempat data uji variasi ukuran citra yang diujikan, metode usulan berhasil membenerisasi citra dengan ukuran yang kecil hingga sedang. Hal ini menandakan bahwa metode usulan dapat membenerisasi naskah kuno dengan noise tembusan tinta dari halaman sebaliknya dengan ukuran citra yang kecil hingga besar.



Gambar 4.11 Binerisasi Data Uji Variasi Ukuran Citra Menggunakan Metode Usulan pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5%.

Sebagai metode pembandingan, metode Sauvola digunakan sebagai pembandingan metode usulan dikarenakan metode Sauvola memiliki perolehan nilai yang hampir mendekati metode usulan pada evaluasi visual dan evaluasi berbasis ground-truth sebelumnya (lihat Subbab 4.1 dan Subbab 4.2). Dari binerisasi data uji variasi ukuran citra pertama menggunakan metode Sauvola (lihat Gambar 4.12

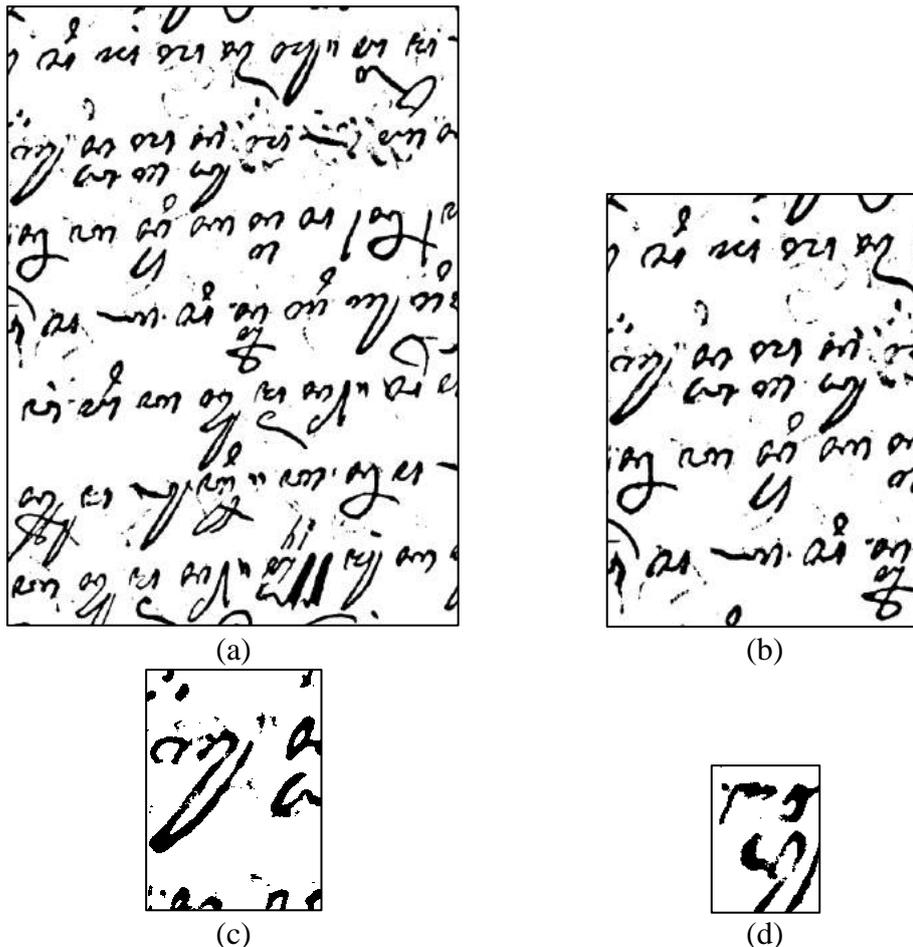
(a)), metode Sauvola dapat membersihkan noise tembusan tinta yang tertembus dari halaman sebaliknya dengan baik. Namun, metode Sauvola masih meninggalkan lebih banyak noise dari pada noise yang ditinggalkan oleh metode usulan (lihat Gambar 4.11 (a)). Terlihat pada baris tulisan kedua dari atas, perbedaan noise yang tertinggal masih lebih banyak metode Sauvola daripada metode usulan. Noise tembusan yang tertinggal berupa bintik-bintik dari tembusan tinta yang memiliki warna yang mirip dengan tulisan utama. Baik metode usulan dan metode Sauvola meninggalkan noise berupa bintik-bintik pada data uji variasi ukuran citra pertama.

Pada binerisasi data uji variasi ukuran kedua menggunakan metode Sauvola (lihat Gambar 4.12 (b)), juga masih meninggalkan noise tembusan tinta berupa bintik-bintik dari tembusan tinta dengan warna yang mirip dengan tulisan utamanya. Jika dibandingkan dengan binerisasi data uji variasi ukuran kedua menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.11(b)), metode Sauvola meninggalkan lebih banyak noise daripada metode usulan. Untuk bentuk tulisan utama setelah dilakukan binerisasi pada metode usulan, masih hampir menyerupai tulisan utamanya meskipun masih banyak noise yang tertinggal.

Pada binerisasi data uji variasi ukuran citra ketiga menggunakan metode Sauvola (lihat Gambar 4.12 (c)), metode Sauvola masih meninggalkan noise yang berasal dari tembusan tinta dengan ukuran yang besar dan memiliki warna yang mirip dengan warna tulisan utama. Noise yang tertinggal ini berupa bintik-bintik disekitaran tulisan utama data uji ketiga. Namun bintik-bintik ini masih terpisah dari tulisan utama dan tidak menyatu sedangkan tulisan utamanya masih dapat terbaca. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan pada data uji ketiga ini (lihat Gambar 4.11 (c)), metode Sauvola masih meninggalkan lebih banyak noise bintik-bintik dari pada metode usulan.

Pada binerisasi data uji variasi ukuran keempat menggunakan metode Sauvola (lihat Gambar 4.12 (d)), metode Sauvola berhasil menghilangkan noise tembusan tinta dengan warna yang mirip dengan tulisan utamanya. Akan tetapi ada beberapa noise yang masih tertinggal dan menyatu dengan tulisan utamanya, yaitu pada bagian kanan atas dan kanan kiri data ujinya. Selain itu, ketika kita amati tulisan utama yang tersisa dari proses binerisasi ini, ada bagian tulisan utama yang ikut terhapuskan dan membuat putus tulisan utamanya sehingga tulisan utamanya

sulit untuk dibaca. Jika dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.11 (d)), tulisan utama pada binerisasi menggunakan metode usulan tidak terputus dan masih mirip dengan bentuk tulisan utama pada data ujinya juga noise yang tertinggal tidak menyatu dengan tulisan utama yang dapat merubah bentuk tulisan utamanya.



Gambar 4.12 Binerisasi Data Uji Variasi Ukuran Citra Menggunakan Metode Sauvola pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5%.

#### 4.3.2 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Variasi Ukuran Citra

Binerisasi data uji variasi ukuran citra akan dilakukan evaluasi berbasis ground-truth pada metode usulan dan metode Sauvola sebagai metode pembandingan. Evaluasi ini diukur dengan citra ground-truth yang dibuat secara manual dari data yang diujikan. Untuk tingkat kemiripan citra binerisasi dengan ground-truth nya

diukur dengan pengukuran F-Measure dan PSNR sedangkan untuk mengukur ketidakmiripan citra binerisasi dengan ground-truthnya digunakan pengukuran DRD dan MSE. Semakin besar nilai F-Measure dan PSNRnya semakin besar kemiripan citra binerisasi dengan ground-truthnya, sebaliknya semakin besar nilai DRD dan MSEnya, semakin besar ketidakmiripan citra binerisasi dengan ground-truthnya. Gambar 4.13 menunjukkan ground-truth yang digunakan untuk pengukuran berbasis ground-truth ini dan Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengukuran berbasis ground-truth pada data uji variasi ukuran citra.



Gambar 4.13 Ground-truth Data Uji Variasi Ukuran Citra pada Ukuran (a) 50%, (b) 30%, (c) 10% dan (d) 5%.

Pada pengukuran berbasis ground-truth pada data uji pertama yaitu ukuran citra 50%, metode usulan memperoleh nilai F-Measure sebesar 90,951% dengan PSNR sebesar 16,449 dB. Sedangkan metode Sauvola memperoleh nilai F-Measure sebesar 89,486% dan PSNR sebesar 15,547 dB. Dari kedua nilai ini, binerisasi menggunakan metode usulan memiliki kemiripan lebih besar dibandingkan dengan binerisasi menggunakan metode Sauvola pada data uji pertama. Juga ketika dilihat dari pengukuran ketidaksamaan yaitu DRD dan MSE, metode usulan memperoleh nilai DRD sebesar 3,383 dan MSE sebesar 1473 lebih kecil jika dibandingkan dengan pengukuran binerisasi menggunakan metode Sauvola yang memperoleh nilai DRD sebesar 4,845 dan MSE sebesar 1813. Untuk waktu proses binerisasi, metode usulan membutuhkan waktu 35,888 ms dan metode Sauvola membutuhkan waktu 71,519 ms pada ukuran citra 862 x 1194 piksel.

Untuk data uji kedua yaitu citra dengan ukuran 30%, metode usulan memperoleh nilai kesamaan dengan ground-truth nya sebesar 91,725% untuk F-Measure dan 15,547 dB untuk pengukuran PSNR nya. Nilai ini lebih besar jika dibandingkan dengan perolehan nilai metode Sauvola dengan nilai F-Measurenya sebesar 88,150% dan PSNR sebesar 15,371 db. Pengukuran nilai F-Measure dan PSNR keduanya terpaut jarak yang lumayan besar dikarenakan jika dilihat pada binerisasi data uji kedua dari kedua metode (lihat Gambar 4.11 (b) dan Gambar 4.12 (b)), memiliki sisa noise yang lumayan banyak terutama binerisasi metode Sauvola. Noise yang tertinggal tersebut mempengaruhi perolehan pengukuran F-Measure dan PSNR nya. Sedangkan untuk pengukuran ketidaksamaan dengan ground-truthnya, metode usulan memperoleh nilai DRD dan MSE sebesar 3,196 dan 1233 yang berbeda dengan metode Sauvola dengan perolehan nilai DRD dan MSE nya sebesar 5.848 dan 1888. Kedua parameter ini menandakan bahwa metode Sauvola memiliki ketidaksamaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode usulan. Untuk waktu proses yang dibutuhkan pada data uji kedua, tentunya lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu proses binerisasi yang dibutuhkan pada data uji pertama. Metode usulan membutuhkan waktu proses binerisasi sebesar 17,534 ms dan metode Sauvola membutuhkan waktu proses binerisasi sebesar 37,203 ms. Beda waktu proses binerisasi pada kedua metode tersebut hampir setengah kalinya.

Pada data uji ketiga dengan ukuran 10% dari citra awalnya, metode usulan meninggalkan sedikit noise dan berhasil membinerisasi data uji ketiga dengan baik dengan perolehan pengukuran kemiripan dengan nilai F-Measure sebesar 89,479% dan nilai PSNR sebesar 15,420 dB. Sedangkan metode pembanding yaitu metode Sauvola memperoleh pengukuran kemiripan dengan ground-truthnya sebesar 84,140% untuk F-Measure dan 13,329 dB untuk nilai PSNR nya. Keduanya memiliki perbedaan yang cukup besar dari hasil pengukuran ground-truthnya dikarenakan pada binerisasi metode Sauvola meninggalkan lebih banyak noise tembusan tinta daripada metode usulan. Sehingga untuk pengukuran ketidakmiripan dari binerisasi kedua metode tersebut pada data uji ketiga, metode Sauvola memperoleh nilai DRD dan MSE lebih besar daripada metode usulan dengan perolehan nilai DRD dan MSE untuk metode Sauvola sebesar 8,990 dan MSE sebesar 3021 sedangkan metode usulan memperoleh nilai DRD dan MSE sebesar 4,843 dan 1867. Sedangkan untuk proses binerisasi kedua metode tersebut pada data uji ketiga, membutuhkan waktu yang berbeda jauh, yaitu untuk metode Sauvola membutuhkan waktu 29,936 ms dan metode usulan membutuhkan waktu sebesar 2,847 ms. Hal ini dipengaruhi oleh perhitungan pada pencarian kandidat threshold pada kedua metode.

Untuk pengukuran data uji terakhir, yaitu pada data uji keempat yang memiliki ukuran 5% dari citra awal, metode usulan memperoleh nilai pengukuran kesamaan dengan ground-truth sebesar 85,829% untuk F-Measurenya dan 11,277 dB untuk nilai PSNR nya. Perolehan nilai ini berbeda dengan perolehan pengukuran pada metode Sauvola dengan nilai F-Measurenya sebesar 76,882% dan PSNR sebesar 9,392 dB. Perbedaan hasil pengukuran dari kedua metode tersebut yang lumayan jauh, dipengaruhi dari hasil binerisasi metode Sauvola yang tidak mirip dengan data uji keempatnya dengan adanya tulisan utama yang ikut terhapus sehingga tulisan utama tidak sempurna dan sulit untuk dibaca. Hal ini yang menimbulkan pengukuran ketidaksamaan yaitu pengukuran DRD dan MSE dari metode Sauvola yang tinggi dengan perolehan 11,370 untuk DRD dan 7480 untuk MSEnya. Berbeda dengan perolehan pengukuran binerisasi menggunakan metode usulan yang memperoleh hasil ketidaksamaan dengan ground-truthnya sebesar 6,342 untuk DRD dan MSE nya sebesar 4846. Sedangkan untuk waktu proses

binerisasi kedua metode tersebut pada data uji keempat yang berukuran lebih kecil, tentunya lebih membutuhkan lebih sedikit dibanding waktu proses binerisasi pada data uji ketiga yang memiliki ukuran yang lebih besar. Namun pada metode usulan, waktu proses binerisasi yang dibutuhkan pada data uji keempat, lebih lama jika dibandingkan dengan waktu proses binerisasi pada data uji ketiga. Pada data uji keempat, metode usulan membutuhkan waktu 3,138 ms lebih lama 0,291 ms daripada waktu proses untuk data uji ketiga. Sedangkan untuk metode Sauvola, waktu proses binerisasi yang dibutuhkan pada data keempat lebih kecil daripada waktu binerisasi yang dibutuhkan pada data uji ketiga. Hal ini sejalan dengan ukuran citra data keempat yang lebih kecil daripada ukuran citra pada data uji ketiga. Namun, jika waktu yang dibutuhkan metode Sauvola pada data uji keempat dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan metode usulan pada data uji yang sama, metode sauvola membutuhkan waktu yang lebih lama daripada metode usulan dengan jarak waktu proses keduanya terpaut 17,599 ms.

Tabel 4.2 Pengukuran Berbasis Ground-truth pada Variasi Ukuran Citra

Data Uji	Metode	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
Pertama	Metode Usulan	<b>90.951</b>	<b>16.449</b>	<b>3.383</b>	<b>1.473</b>	<b>35.888</b>
	Sauvola	89.486	15.547	4.845	1.813	71.519
Kedua	Metode Usulan	<b>91.725</b>	<b>17.220</b>	<b>3.196</b>	<b>1.233</b>	<b>17.534</b>
	Sauvola	88.150	15.371	5.848	1.888	37.203
Ketiga	Metode Usulan	<b>89.479</b>	<b>15.420</b>	<b>4.843</b>	<b>1.867</b>	<b>2.847</b>
	Sauvola	84.140	13.329	8.990	3.021	29.936
Keempat	Metode Usulan	<b>85.829</b>	<b>11.277</b>	<b>6.342</b>	<b>4.846</b>	<b>3.138</b>
	Sauvola	76.882	9.392	11.370	7.480	20.737

#### 4.4 Evaluasi Variasi Intensitas Cahaya pada Metode Usulan

Evaluasi variasi intensitas cahaya merupakan evaluasi yang digunakan untuk mengetahui kehandalan metode usulan pada variasi cahaya yang diterima oleh objek uji coba yaitu kertas naskah kuno. Pada evaluasi intensitas cahaya ini digunakan sebuah sampel data uji dengan sebaran cahaya yang merata. Dengan menambahkan brightness pada data uji menggunakan aplikasi pengolahan citra

secara manual, didapatkan citra baru dengan variasi penambahan brightnessnya. Variasi penambahan brightness ini berawal pada penambahan brightness 10 sampai 50 dan 100 (lihat Gambar 4.14) dan juga dilakukan pengurangan brightness 10 sampai 50 dan 100 (lihat Gambar 4.15).

Binerisasi menggunakan metode usulan pada citra uji dengan variasi intensitas cahaya mengalami perubahan hasil binerisasi. Secara visual, hasil binerisasi menggunakan metode usulan pada penambahan brightness, berhasil melakukan binerisasi pada penambahan brightness 10 sampai penambahan brightness 30 (lihat Gambar 4.16 (a) sampai (c)). Namun, metode usulan mulai gagal melakukan binerisasi pada penambahan brightness 40 (lihat Gambar 4.16 (d)) dan gagal total pada penambahan brightness 50 (lihat Gambar 4.16 (e)). Sedangkan untuk penambahan brightness 100 (lihat Gambar 4.16 (f)), metode usulan juga gagal total membinaerisasi data uji.

Untuk pengurangan brightness, secara visual metode usulan dapat membinaerisasi data uji pada pengurangan brightness 10 sampai pengurangan brightness 50 (lihat Gambar 4.17 (a) sampai (e)). Namun, pada data uji dengan pengurangan brightness 100, metode usulan gagal melakukan binerisasi namun masih menyisakan sedikit bitnik-bintik yang berasal dari tulisan utaman pada data uji (lihat Gambar 4.17 (f)).

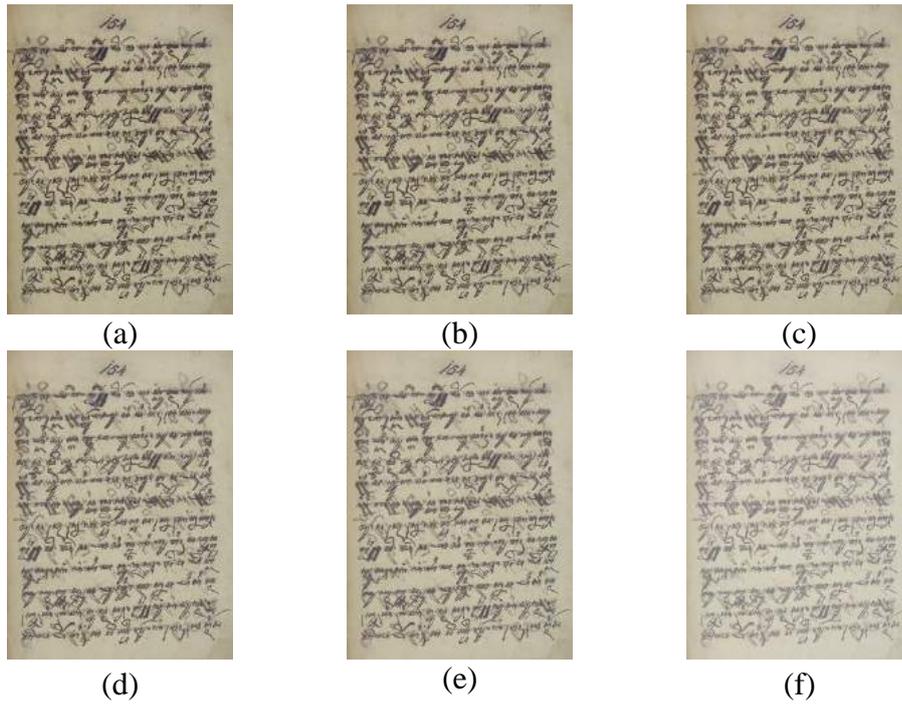
Pada binerisasi data uji variasi intensitas cahaya menggunakan metode usulan, dilakukan evaluasi berbasis ground-truth dengan citra ground-truth sesuai pada Gambar 4.9 (b). Hasil pengukuran berbasis ground-truth ini ditunjukkan pada Tabel 4.3. Pada penambahan brightness, binerisasi metode usulan memperoleh nilai F-Measure tertinggi yaitu 85,437% pada penambahan brightness 10. Setelah itu, perolehan nilai F-Measure semakin menurun sesuai dengan penambahan brightness pada data uji. Hal ini menandakan bahwa semakin besar penambahan brightness pada data uji, semakin kecil kemiripan binerisasi metode usulan dengan ground-truthnya hingga pada penambahan brightness 50, metode usulan gagal membinaerisasi data uji dengan perolehan F-Measure sebesar 0,868% juga pada penambahan beightness 100 nilai F-Measurenya sebesar 0,000% atau gagal total.

Sedangkan untuk pengukuran PSNR yaitu tingkat kesamaan citra, metode usulan memperoleh nilai PSNR paling tinggi sebesar 15,832 dB dan terus menurun

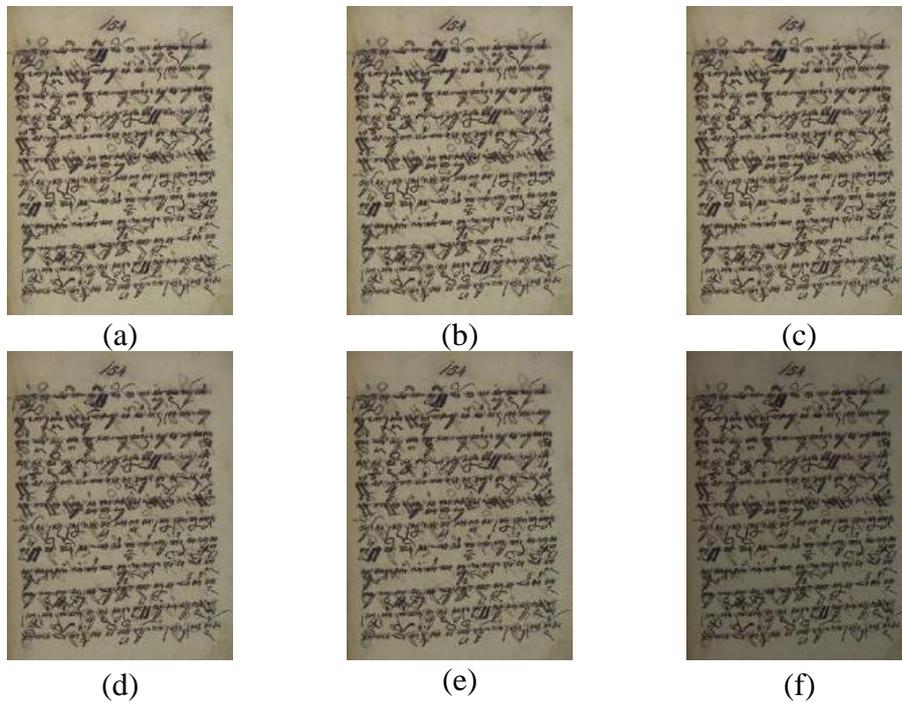
sejalan dengan penambahan brightness pada data ujinya. Namun pada data uji yang metode usulan gagal membinerisasikan, nilai PSNR masih menunjukkan nilai 10 dB. Dimungkinkan nilai 10 dB ini dipengaruhi perhitungan logaritmik dengan perkalian nilai puncak pada citra yang dibagi dengan nilai MSE nya. Sehingga untuk pengukuran PSNR pada metode usulan, nilai paling kecil adalah 10 dB.

Unruk pengukuran DRD dan MSE pada binerisasi data uji menggunakan metode usulan, diperoleh DRD dan MSE paling kecil yaitu pada data uji dengan penambahan brightness 10 dengan perolehan nilai sebesar 5,407 dan 1698. Pengukuran DRD dan MSE ini semakin besar nilainya ketika semakin bertambah penambahan brightness pada data ujinya. Untuk nilai paling besar dari nilai DRD dan MSE yaitu 25,970 dan 6488 dari pengukuran data uji dengan penambahan brightness 100.

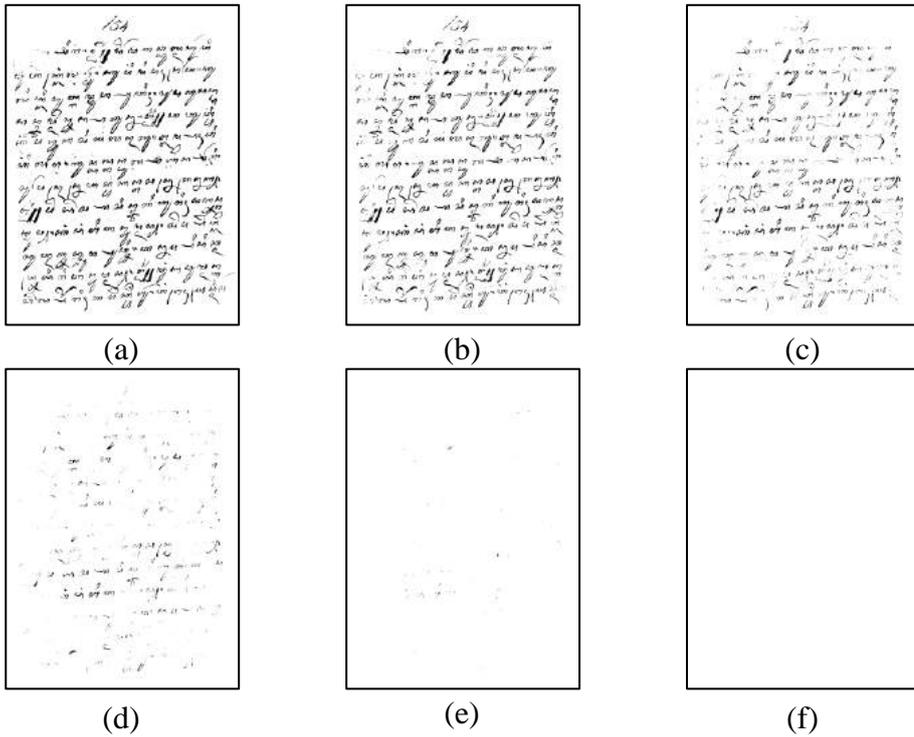
Nilai MSE yang masih bernilai 6488 ini yang dianggap gagal total dalam membinerisasi data uji variasi brightness, masih memperoleh nilai MSE yang jauh berbeda dengan nilai perolehan MSE pada binerisasi data uji yang sama pada data uji kedua evaluasi berbasis ground-truth menggunakan metode Niblack pada Tabel 4.1 dengan perolehan MSE sebesar 31904. Hal ini dikarenakan citra ground-truth memiliki komposisi piksel yang dominan berwarna putih yang berdampak pada perhitungan error yang muncul. Jika dibandingkan dengan hasil binerisasi metode Niblack (lihat Gambar 4.5 (b)), metode Niblack banyak memiliki piksel dengan warna hitam yang seharusnya berwarna putih pada ground-truthnya. Oleh karenanya, untuk pengukuran MSE metode Niblack memperoleh nilai yang besar jika dibandingkan dengan hasil binerisasi data uji variasi intensitas cahaya dengan brightness 100. Selain itu, nilai MSE ini mempengaruhi pengukuran PSNR yang menggunakan nilai MSE sebagai nilai pembagi. Sehingga pada nilai PSNR terkecil yang diperoleh pada binerisasi data uji penambahan brightness 100, nilai PSNR masih yang diperoleh bernilai 10 dB.



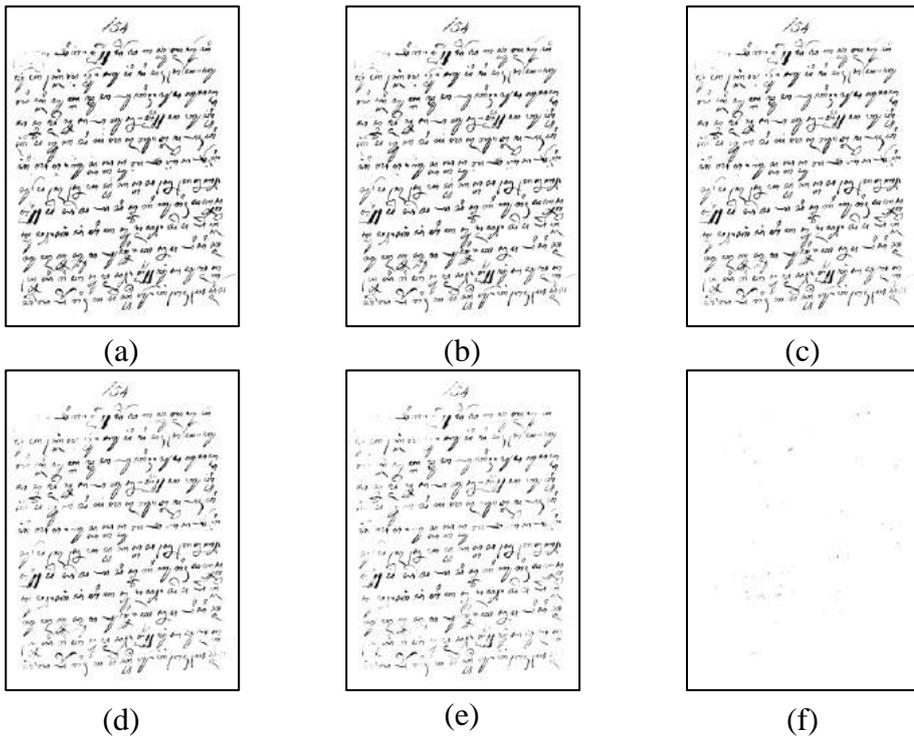
Gambar 4.14 Data Uji Variasi Intensitas Cahaya pada Penambahan Brightness: (a) 10, (b) 20, (c) 30, (d) 40, (e) 50 dan (f) 100.



Gambar 4.15 Data Uji Variasi Intensitas Cahaya pada Pengurangan Brightness: (a) 100, (b) 90, (c) 80, (d) 70, (e) 60 dan (f) 50.



Gambar 4.16 Binerisasi Menggunakan Metode Usulan pada Data Uji dengan Penambahan Brightness: (a) 10, (b) 20, (c) 30, (d) 40, (e) 50 dan (f) 100.



Gambar 4.17 Binerisasi Menggunakan Metode Usulan pada Data Uji dengan Pengurangan Brightness: (a) 10, (b) 20, (c) 30, (d) 40, (e) 50 dan (f) 100.

Tabel 4.3 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Data Uji dengan Variasi Intensitas Cahaya Menggunakan Metode Usulan.

Variasi Intensitas	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
Brighness +10	85.437	15.832	5.407	1.698	135.557
Brighness +20	75.075	13.960	9.016	2.613	138.473
Brighness +30	52.878	11.935	15.592	4.164	142.014
Brighness +40	17.564	10.448	23.131	5.865	132.242
Brighness +50	0.868	10.029	25.840	6.460	132.955
Brighness +100	0.000	10.010	25.970	6.488	122.676
Brighness -10	87.486	16.358	4.692	1.504	131.812
Brighness -20	85.140	15.767	5.479	1.723	140.638
Brighness -30	81.246	14.948	6.840	2.081	174.919
Brighness -40	75.314	13.997	8.872	2.591	136.262
Brighness -50	65.807	12.920	11.908	3.320	154.917
Brighness -100	1.051	10.032	25.816	6.454	133.944

#### 4.5 Percobaan Masalah Lainnya

Percobaan pada masalah naskah lainnya seperti bercak kemerahan, serat kertas yang lapuk dan kertas berlubang akan dilakukan binerisasi pada data uji yang telah disediakan sesuai dengan masalahnya masing-masing. Percobaan akan dilakukan evaluasi terhadap citra grond-truthnya masing-masing dengan membandingkan metode usulan dengan metode pembanding.

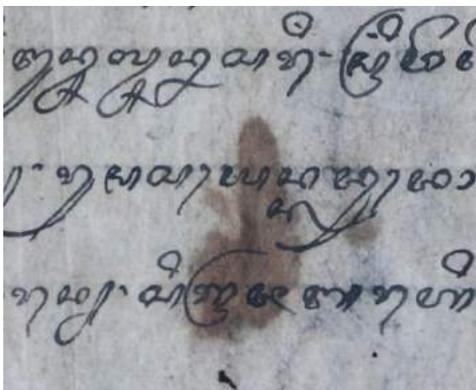
##### 4.5.1 Bercak Kemerahan

Masalah bercak kemerahan yaitu masalah pada naskah kuno yang muncul pada naskah berupa bercak kemerahan dan mengganggu tulisan utamanya. Oleh karenanya, perlu adanya pembersihan bercak kemerahan supaya tulisan utama mudah dibaca. Dari data masalah nakah kuno berupa bercak kemerahan yang telah diambil, nantinya akan dibinerisasi dan dievaluasi menggunakan citra ground-truthnya. Gambar 4.18 menunjukkan masalah pada naskah kuno berupa bercak kemerahan dan Gambar 4.19 menunjukkan binerisasi menggunakan metode usulan pada masalah naskah kuno berupa bercak kemerahan.

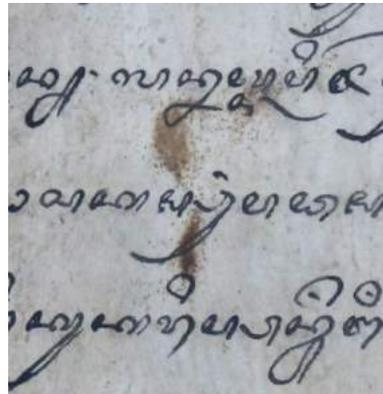
Binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.19) secara visual masih mengalami kegagalan dalam menghilangkan noise berupa bercak kemerahan

yang muncul menutupi tulisan utama. Namun, tulisan utama masih dapat terbenerisasi terutama pada bagian yang tak terkena bercak kemerahan. Dimungkinkan metode usulan gagal dalam membenerisasi tulisan utama, dikarenakan tinta pada bagian bercak kemerahan masih memiliki warna yang mirip dengan bercaknya yang menjadikannya dianggap sebagai noise oleh metode usulan.

Sedangkan ketika binerisasi metode usulan dibandingkan dengan binerisasi metode pembanding, metode Sauvola memperoleh hasil yang baik secara visual dalam membersihkan bercak kemerahan ini (lihat Gambar 4.20). Dari dua data yang diujikan pada masalah bercak kemerahan ini, keduanya memperoleh hasil yang baik pada metode Sauvola. Pada bagian bercak kemerahan pada data uji pertama (lihat Gambar 4.20 (a)), tulisan utama yang tertutupi oleh bercak kemerahan tersebut dapat terselamatkan dan dapat dibenerisasi dengan baik. Hanya sedikit bagian yang hilang dan dianggap sebagai latar belakang atau berwarna putih. Sedangkan pada binerisasi data kedua, metode Sauvola dapat membenerisasi bercak kemerahan dengan baik dan tulisan utama dapat terbenerisasi dengan baik (lihat Gambar 4.20 (b)).

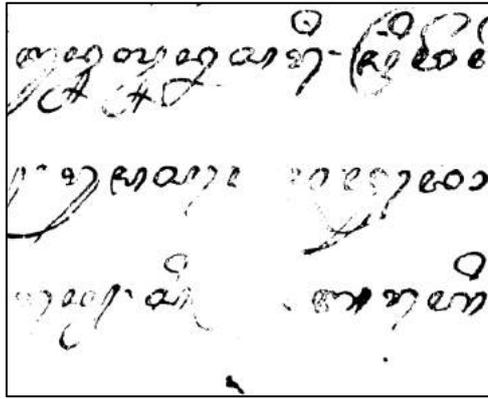


(a)

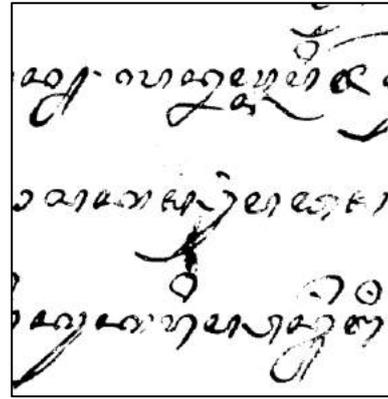


(b)

Gambar 4.18 Masalah Pada Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.

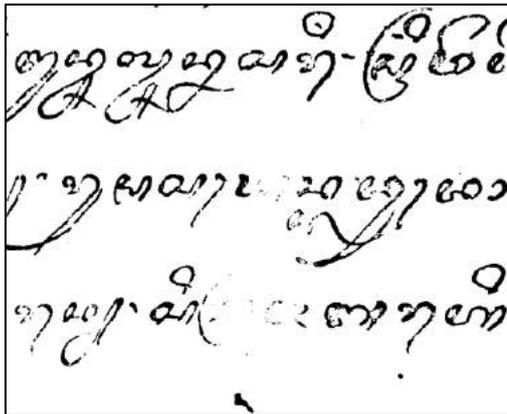


(a)

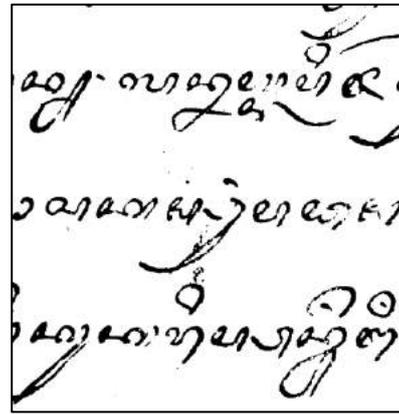


(b)

Gambar 4.19 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan Menggunakan Metode Usulan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.

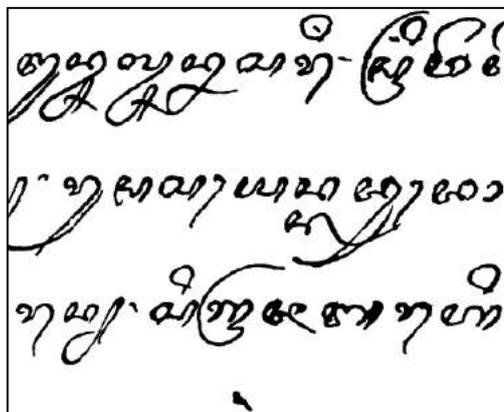


(a)

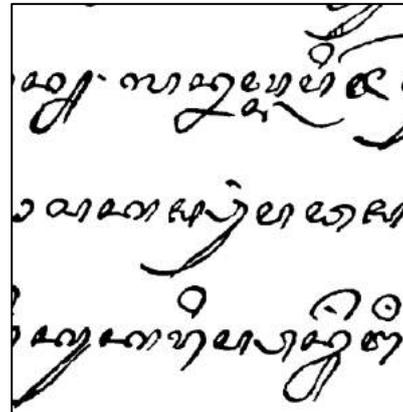


(b)

Gambar 4.20 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan Menggunakan Metode Sauvola: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.



(a)



(b)

Gambar 4.21 Ground-truth Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan : (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.

Tabel 4.4 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Masalah Naskah Kuno Berupa Bercak Kemerahan

Data Uji	Metode	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
Pertama	Bernsen	52.862	7.116	61.572	12.631	994.691
	Niblack	27.205	2.341	191.475	37.930	48.802
	Otsu	69.377	10.225	29.543	6.175	70.578
	Phansalkar	75.080	11.428	21.492	4.680	74.395
	Usulan	71.848	13.177	12.989	3.129	<b>40.339</b>
	Sauvola	<b>79.747</b>	<b>14.309</b>	<b>9.703</b>	<b>2.411</b>	57.519
	Singh	69.632	10.231	28.804	6.165	93.626
Kedua	Bernsen	59.215	8.734	34.579	8.703	571.840
	Niblack	24.236	2.164	170.308	39.510	26.617
	Otsu	85.440	14.856	7.408	2.126	55.804
	Phansalkar	78.735	12.806	12.221	3.408	35.332
	Usulan	85.109	15.831	5.277	1.698	<b>20.896</b>
	Sauvola	<b>89.071</b>	<b>17.055</b>	<b>3.786</b>	<b>1.281</b>	35.636
	Singh	73.818	11.618	16.538	4.480	45.675

Dari hasil binerisasi yang telah dilakukan, baik menggunakan metode usulan dan metode pembandingan, dilakukan evaluasi berbasis ground-truth. Gambar 4.21 menunjukkan ground-truth dari naskah kuno dengan masalah bercak kemerahan. Pada data uji pertama masalah bercak kemerahan, didapatkan hasil pengukuran berbasis evaluasi ini yang menunjukkan metode Sauvola memperoleh hasil yang paling tinggi dengan F-Measure sebesar 79,747 % dan PSNR sebesar 14,309 dB. Sedangkan untuk pengukuran DRD dan MSEnya, metode Sauvola ini memperoleh 9,703 DRD dan 2411 MSE. Sedangkan metode usulan mendapatkan urutan ketiga dari hasil pengukuran berbasis ground-truth ini dengan perolehan F-Measure dan PSNR sebesar 71,848 % dan 13,177 dB juga DRD sebesar 12,989 dan MSE nya sebesar 3129.

Sedangkan untuk pengukuran berbasis ground-truth pada data uji kedua pada masalah bercak kemerahan, metode usulan juga tidak memperoleh urutan pertama namun ketiga dengan perolehan nilai F-Measure sebesar 85,109 % dan PSNR sebesar 15,831 dB juga DRD sebesar 5,277 dan MSEnya sebesar 1698. sedangkan untuk urutan pertama dari perolehan pengukuran ini diperoleh oleh

metode Sauvola dengan perolehan F-Measure sebesar 89,071 % dan PSNR sebesar 17,055 dB juga DRD sebesar 3,786 dan MSE sebesar 1281. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengukuran berbasis ground-truth dari metode yang diujikan.

Dari kedua percobaan ini dapat disimpulkan bahwa metode usulan gagal dalam membenerisasi masalah naskah kuno berupa bercak kemerahan. Akan tetapi metode usulan memperoleh urutan ketiga dari tujuh metode binerisasi yang diujikan.

#### **4.5.2 Serat Kertas Lapuk**

Serat kertas lapuk merupakan masalah yang muncul pada naskah kuno yang biasanya diakibatkan karena adanya cairan yang meresap ke dalam serat kertas dan membuat serat kertas tersebut menjadi lapuk dan lembek ketika dipegang. Lapuknya kertas tersebut meninggalkan bekas atau tanda fisik pada tampilan kertas naskah kuno, berupa perbedaan warna pada kertasnya. Bisa berupa bercak kecoklatan, kehitaman, dan hitam. Selain itu, serat-serat kertas yang telah lapuk muncul dan menonjol ke permukaan kertas sehingga permukaan tidak lagi rata dan halus. Gambar 4.22 menunjukkan masalah pada naskah kuno dengan masalah berupa serat keras yang lapuk.

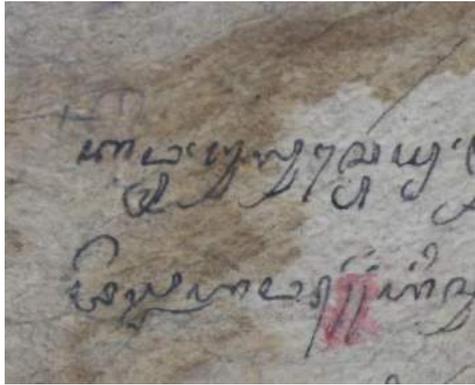
Dari data naskah kuno dengan masalah serat kertas yang lapuk, akan dilakukan binerisasi menggunakan metode usulan dan metode pembandingan. Setelah dilakukan binerisasi menggunakan metode-metode tersebut, barulah dilakukan evaluasi terhadap hasil binerisasi menggunakan ground-truth yang telah dibuat secara manual. Gambar 4.29 menunjukkan ground-truth dari data uji dengan masalah serat kertas lapuk.

Binerisasi menggunakan metode usulan pada data uji naskah kuno dengan masalah serat kertas yang lapuk dianggap gagal. Hal ini dikarenakan hasil binerisasi menggunakan metode usulan secara visual menghilangkan tulisan utama dan noise serat kertas lapuk (lihat Gambar 4.23). Hal ini dimungkinkan karena warna tulisan utama yang tidak begitu jelas dan tersamarkan yang membuat tulisan utama masih dianggap sebagai noise dan terbinerisasi menjadi putih. Disisi lain, binerisasi menggunakan metode Phansalkar memperoleh hasil yang baik secara visual (lihat

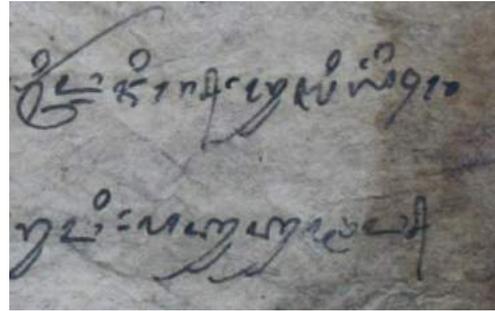
Gambar 4.24). Dimana binerisasi menggunakan metode Phansalkar ini masih meninggalkan tulisan utama dengan baik dan menghapus noise berupa serat kertas yang lapuk. Selain itu, binerisasi pada metode phansalkar ini masih meninggalkan sedikit noise pada bagian serat kertas lapuk yang memiliki warna yang mirip dengan tulisan utama.

Sejalan dengan evaluasi visual yang menyatakan metode phansalkar mendapatkan hasil yang baik, juga dilakukan pengukuran berbasis ground-truth. Dimana metode phansalkar memperoleh hasil pengukuran F-Measure terbaik pada data uji pertama dengan perolehan sebesar 69,490 % dan PSNR sebesar 13,045 dB dengan nilai DRD dan MSE nya sebesar 23,039 dan 3225. Dari data uji pertama ini metode usulan memperoleh urutan F-Measure paling bawah dimana perolehannya sebesar 4,039 % dan PSNR sebesar 12,216 dB. Nilai PSNR yang besar ini dikarenakan bagian noise yang lebih banyak dibandingkan dengan tulisan utama yang berwarna putih, sedangkan hasil binerisasi dari metode usulan hanya berhasil menghapus noise serat kertas yang lapuk beserta tulisan utamanya. Sedangkan untuk perolehan nilai DRD dan MSE nya, metode usulan memperoleh nilai sebesar 26,292 dan 3903 dimana nilai ini masih berada pada urutan ketiga. Hal ini disebabkan karena bagian non-objek lebih mendominasi daripada tulisan utamanya. Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengukuran menggunakan ground-truth dari metode-metode yang diujikan.

Dari kedua percobaan menggunakan data uji naskah kuno yang memiliki masalah serat kertas yang lapuk ini, dapat disimpulkan bahwa metode usulan gagal dalam membinaerisasi data yang diujikan, namun berhasil dalam membersihkan noise pada bagian serat kertas yang lapuk tersebut tetapi tidak berhasil dalam mempertahankan tulisan utama dari naskah kuno. Sedangkan untuk metode yang dapat membinaerisasikan secara baik adalah metode Phansalkar dengan hasil binerisasi yang baik secara visual dan memperoleh urutan pertama pada hasil pengukuran berbasis ground-truth nya.

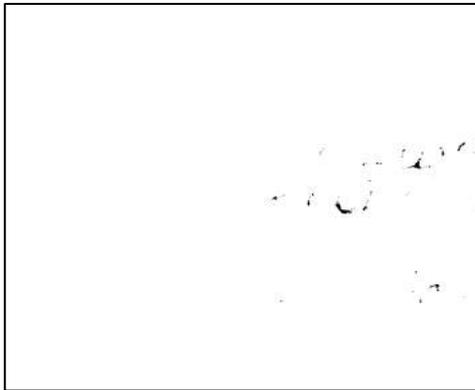


(a)

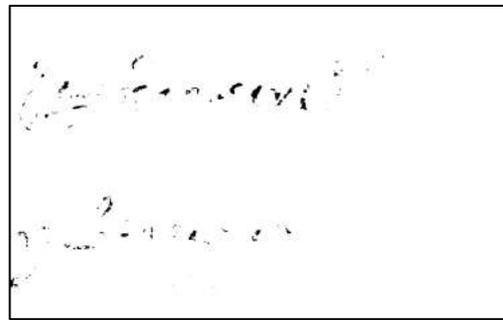


(b)

Gambar 4.22 Masalah Pada Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.

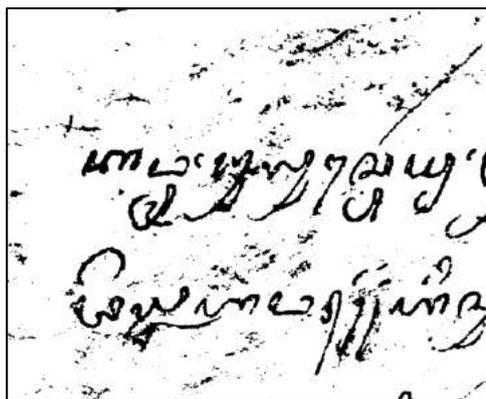


(a)

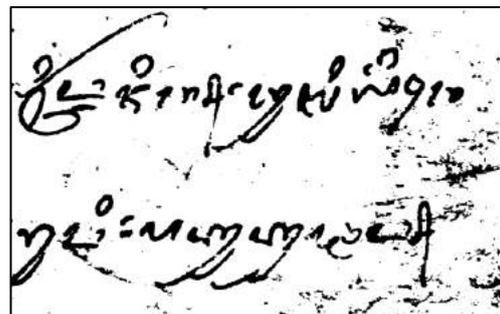


(b)

Gambar 4.23 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk Menggunakan Metode Usulan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.

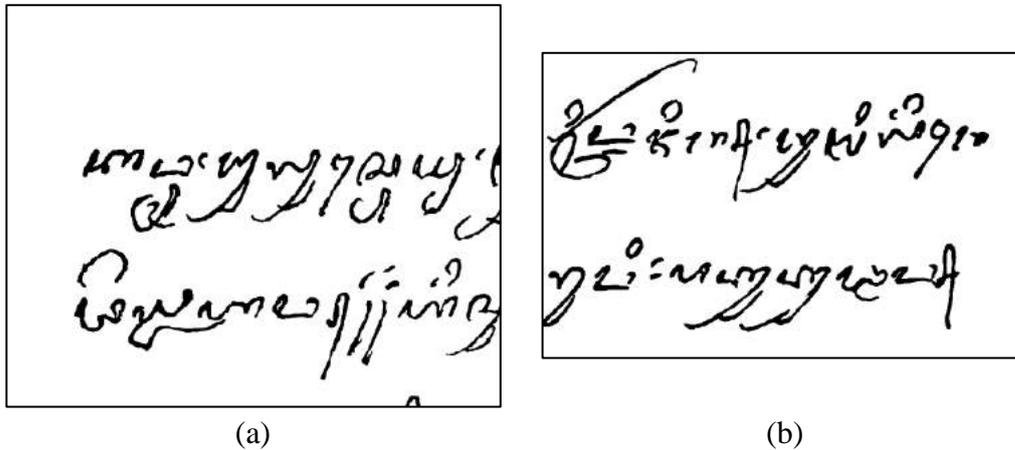


(a)



(b)

Gambar 4.24 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk Menggunakan Metode Phansalkar: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.



Gambar 4.25 Ground-truth Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.

Tabel 4.5 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Masalah Naskah Kuno Berupa Serat Kertas Lapuk

Data Uji	Metode	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
Pertama	Bernsen	25.564	4.507	177.626	23.035	602.899
	Niblack	16.485	2.074	313.142	40.333	39.361
	Otsu	23.394	4.032	199.045	25.695	60.990
	Phansalkar	<b>69.490</b>	13.045	23.039	<b>3.225</b>	51.458
	Usulan	4.039	12.216	26.292	3.903	<b>27.935</b>
	Sauvola	37.576	<b>13.263</b>	<b>19.990</b>	3.067	47.777
	Singh	39.711	7.401	90.149	11.830	68.414
Kedua	Bernsen	35.795	5.309	118.744	19.149	596.096
	Niblack	21.134	2.118	251.299	39.930	33.471
	Otsu	36.381	5.489	114.496	18.372	57.803
	Phansalkar	<b>76.265</b>	<b>13.089</b>	<b>18.046</b>	<b>3.193</b>	42.726
	Usulan	15.985	11.241	27.155	4.887	<b>25.792</b>
	Sauvola	53.148	12.793	18.111	3.418	43.677
	Singh	54.980	8.751	52.370	8.670	60.835

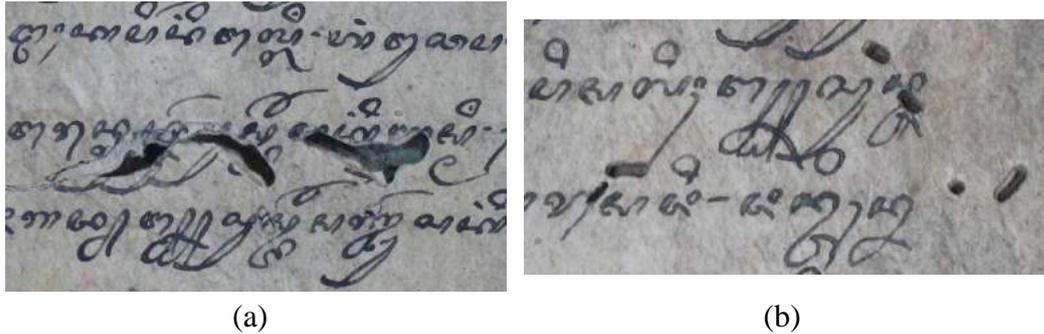
### 4.5.3 Kertas Berlubang

Masalah pada naskah kuno yang terakhir adalah kertas berlubang. Kertas berlubang diakibatkan karena adanya ngengat atau kutu yang memakan serat kertas sehingga berlubang. Lubang pada naskah kuno ini bisa berlapis-lapis halaman. Selain itu, dari lubang yang muncul, menimbulkan hilangnya bagian pada tulisan utama dan lubang tersebut memberikan dampak warna hitam pada citra data uji seolah merupakan bagian bayangan yang muncul. Masalah ini selain dapat menyulitkan dalam pembacaan isi tulisan, juga dapat menghilangkan bagian isi tulisannya. Gambar 4.26 menunjukkan masalah pada naskah kuno berupa kertas yang berlubang.

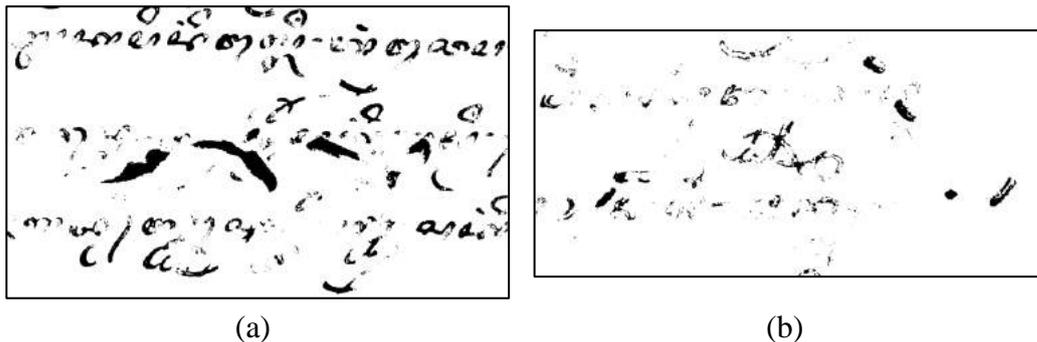
Dari binerisasi menggunakan metode usulan (lihat Gambar 4.27) dan metode pembandingan, tidak ada yang dapat membersihkan bayangan hitam yang muncul akibat adanya lubang yang ada. Semua lubang terbinerisasi sebagai objek atau tulisan utama. Untuk bagian tulisan utamanya sendiri, yang bagiannya hilang akibat adanya lubang, tidak dapat diselamatkan dengan baik sehingga dapat membentuk tulisan Jawa yang utuh. Akan tetapi dari binerisasi yang dilakukan, metode Phansalkar (lihat Gambar 4.28) yang dapat mempertahankan tulisan utama menjadi objek utama disamping bagian kertas berlubang yang masih menyatu dengan tulisan utama.

Selain itu, pengukuran berbasis ground-truth dilakukan pada hasil-hasil binerisasi pada metode yang diujikan. Gambar 4.29 menunjukkan ground-truth pada masalah kertas berlubang. Pada data uji pertama, metode Otsu memperoleh urutan hasil yang paling tinggi jika dibandingkan dengan metode binerisasi lainnya. Perolehan pengukuran dari metode Otsu mendapatkan nilai F-Measure sebesar 81,453 % dan PSNR sebesar 11,995 dB dengan DRD dan MSE nya sebesar 14,333 dan 4108. Sedangkan untuk data uji kedua, diperoleh oleh metode Phansalkar dengan perolehan F-Measure dan PSNR sebesar 83,712 % dan 13,650 dB dengan DRD dan MSE nya sebesar 10,974 dan 2806. Sedangkan metode usulan memperoleh urutan pengukuran paling bawah jika dibandingkan dengan metode-metode binerisasi lainnya. Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengukuran berbasis ground-truth dari metode-metode yang diujikan.

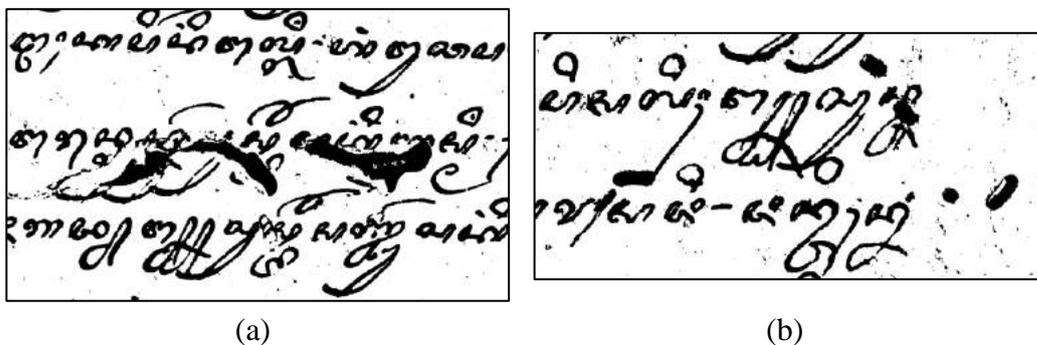
Dari kedua data uji dengan masalah kertas berlubang, dapat disimpulkan bahwa metode usulan gagal dalam membinaerisasi data yang diujikan dengan perolehan pengukuran berbasis ground-truth yaitu urutan paling bawah. Sedangkan untuk perolehan pengukuran urutan pertama diperoleh oleh metode Otsu pada data uji pertama dan metode Phansalkar pada data uji kedua.



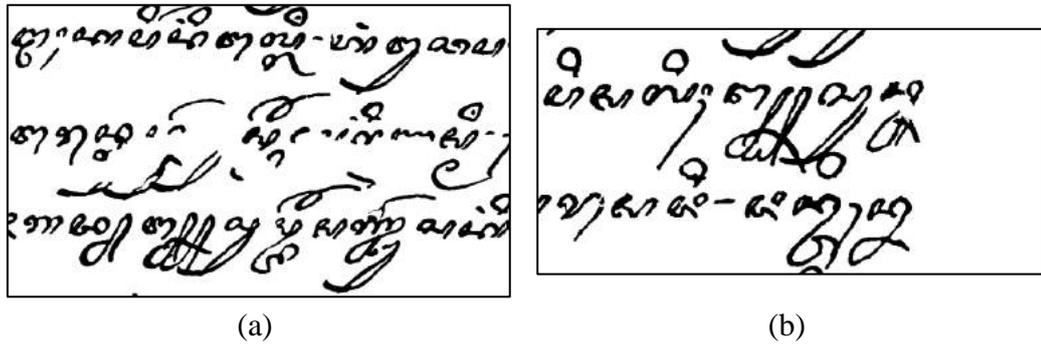
Gambar 4.26 Masalah Pada Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.



Gambar 4.27 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang Menggunakan Metode Usulan: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.



Gambar 4.28 Binerisasi Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang Menggunakan Metode Phansalkar: (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.



Gambar 4.29 Ground-truth Pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang:  
 (a) Data Uji Pertama dan (b) Data Uji Kedua.

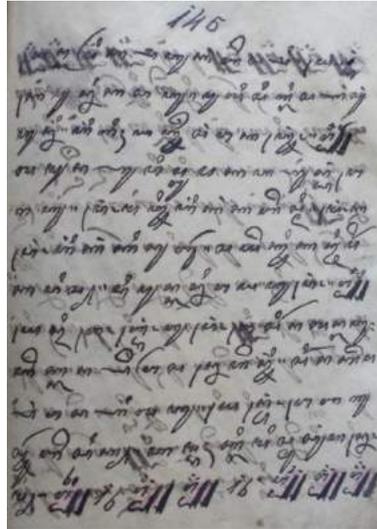
Tabel 4.6 Evaluasi Berbasis Ground-truth pada Masalah Naskah Kuno Berupa Kertas Berlubang

Data Uji	Metode	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
Pertama	Bernsen	66.388	8.330	34.573	9.551	849.480
	Niblack	37.922	3.187	118.365	31.216	51.504
	Otsu	<b>81.453</b>	<b>11.995</b>	<b>14.333</b>	<b>4.108</b>	64.944
	Phansalkar	80.140	11.504	15.953	4.599	55.323
	Usulan	54.470	9.759	23.445	6.873	<b>33.476</b>
	Sauvola	72.983	11.484	15.322	4.621	55.540
	Singh	76.967	10.663	19.551	5.582	81.061
Kedua	Bernsen	50.855	6.519	63.512	14.492	482.857
	Niblack	30.110	2.677	157.130	35.109	27.782
	Otsu	82.974	13.534	11.381	2.882	56.814
	Phansalkar	<b>83.712</b>	<b>13.650</b>	<b>10.974</b>	<b>2.806</b>	34.318
	Usulan	24.640	9.707	28.011	6.956	<b>20.282</b>
	Sauvola	56.302	11.151	19.575	4.989	34.744
	Singh	69.259	9.964	27.773	6.556	47.003

#### 4.6 Percobaan Ukuran Window

Percobaan ukuran window menggunakan metode usulan dilakukan pada satu data uji yang berbeda dengan data uji sebelumnya dengan menggunakan nilai konstanta  $k = 0.5$  dengan tujuan untuk mengetahui nilai optimal yang diperoleh dari metode usulan dari percobaan variasi ukuran window yang dipakai. Nilai  $k = 0.5$  merupakan nilai tengah dari kemungkinan nilai  $k$  positif yang dapat

digunakan antara 0 sampai 1. Gambar 4.30 menunjukkan data uji untuk percobaan ukuran window dan percobaan ukuran konstanta  $k$  dan Gambar 4.31 merupakan ground-truth nya.



Gambar 4.30 Data Uji pada Percobaan Ukuran Window dan Percobaan Ukuran  $k$ .



Gambar 4.31 Ground-truth Percobaan Ukuran Window dan Ukuran  $k$

Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan hasil pengukuran ukuran window berbasis ground-truth pada Tabel 4.7. Dari nilai yang bercetak tebal, merupakan nilai yang paling tinggi perolehannya pada tiap variable

pengukurannya. Didapatkan lebar window sebesar 143 yang memperoleh nilai pengukuran F-Measure yang paling tinggi sebesar 89.238 %. Sedangkan untuk perolehan nilai PSNR, DRD dan MSEnya, didapatkan nilai paling tinggi pada ukuran window 133 yaitu berturut-turut mendapatkan perolehan pengukuran sebesar 17,785 dB untuk PSNR, 3,563 untuk DRD dan MSE sebesar 1.083. Namun jika dibandingkan dengan perolehan PSNR, DRD dan MSE dari ukuran window 143, jarak perolehan keduanya terpaut perbedaan yang sedikit dan pastinya perbedaan yang diperoleh juga relatif kecil. Oleh karenanya, pada percobaan ukuran window yang dilakukan, dapat diambil sebuah ukuran window yang akan digunakan pada metode usulan sebesar 143.

Tabel 4.7 Hasil Percobaan Ukuran Window pada Range 3 Sampai 203

Ukuran Window	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
3	0.000	11.306	19.183	4.813	129.243
13	3.724	11.385	18.915	4.727	106.030
23	43.427	12.654	14.099	3.529	95.832
33	64.139	13.936	10.281	2.627	110.102
43	76.386	15.258	7.336	1.938	117.966
53	82.541	16.267	5.612	1.536	108.162
63	85.329	16.846	4.774	1.344	97.161
73	86.798	17.191	4.309	1.242	106.204
83	87.700	17.417	4.018	1.179	121.333
93	88.358	17.593	3.801	1.132	100.460
103	88.770	17.703	3.672	1.104	102.493
113	88.982	17.750	3.615	1.092	107.322
123	89.115	17.771	3.584	1.086	100.362
133	89.215	<b>17.785</b>	<b>3.563</b>	<b>1.083</b>	101.868
<b>143</b>	<b>89.238</b>	17.771	3.574	1.086	119.613
153	89.228	17.748	3.599	1.092	110.554
163	89.180	17.711	3.639	1.101	112.945
173	89.143	17.682	3.673	1.109	121.918
183	89.108	17.657	3.701	1.115	108.987
193	89.082	17.636	3.723	1.121	114.212
203	89.040	17.611	3.750	1.127	111.603

#### 4.7 Percobaan Ukuran $k$

Percobaan ukuran  $k$  pada metode usulan dilakukan menggunakan data uji pada Gambar 4.30 dimana pada percobaan ini digunakan ukuran window sebesar 143 yang diperoleh dari percobaan ukuran window. Percobaan ukuran  $k$  dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai optimal dari konstanta  $k$  pada binerisasi naskah dengan masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya berdasarkan perolehan nilai pengukuran berbasis ground-truth.

Dari percobaan ukuran  $k$  yang dilakukan, didapatkan hasil pengukuran berbasis ground-truth pada Tabel 4.8. Nilai tertinggi (bercetak tebal) pada pengukuran F-Measure nya diperoleh oleh ukuran  $k = 0,5$  dengan perolehan 89,234 %. Akan tetapi untuk PSNR nya diperoleh oleh ukuran  $k = 0,6$  dengan perolehan sebesar 17,896 dB. Sedangkan untuk pengukuran DRD dan MSE nya, ukuran  $k = 0,6$  memperoleh hasil yang tinggi dengan perolehan sebesar 3,477 untuk DRD dan 1.056 untuk MSE. Namun perolehan pengukuran antara  $k = 0,5$  dan  $k = 0,6$ , perbedaan yang muncul tidak begitu berbeda jauh. Oleh karenanya digunakan nilai  $k = 0,5$  sebagai acuan untuk nilai  $k$  yang digunakan pada metode usulan.

Tabel 4.8 Hasil Percobaan Ukuran  $k$ .

Ukuran $k$	F-Measure (%)	PSNR (dB)	DRD	MSE x1000	Time (ms)
0.1	75.043	13.098	12.410	3.187	100.546
0.2	79.407	14.197	9.235	2.474	100.543
0.3	83.452	15.400	6.690	1.875	100.516
0.4	86.984	16.696	4.738	1.391	100.644
<b>0.5</b>	<b>89.234</b>	17.778	3.568	1.085	112.677
0.6	88.764	<b>17.896</b>	<b>3.477</b>	<b>1.056</b>	100.946
0.7	81.704	16.244	5.361	1.544	103.174
0.8	62.287	13.860	9.901	2.674	110.785
0.9	33.813	12.271	14.864	3.855	95.941
1	12.058	11.584	17.776	4.515	95.448

#### **4.8 Keunggulan dan Kelemahan Metode Usulan**

Dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan, dapat diambil keunggulan dan kelemahan dari metode usulan pada penelitian ini. Metode usulan memiliki keunggulan pada binerisasi naskah kuno dengan masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Setelah dilakukan pengukuran berbasis ground-truth, metode usulan memperoleh urutan pertama jika dibandingkan metode-metode binerisasi lainnya. Dari pengukuran keempat data yang diujikan didapatkan rata-rata pengukuran dengan F-Measure sebesar 91,211 % dan PSNR sebesar 17,326 dB dengan DRD dan MSE nya sebesar 3,257 dan 1.227. Selain itu, metode usulan juga memiliki kecepatan binerisasi yang relatif singkat jika dibandingkan dengan metode pembanding dengan perolehan rata-rata sebesar 70,379 ms.

Sedangkan untuk kelemahan dari metode usulan adalah pada masalah yang memiliki warna tulisan utama yang samar atau tidak begitu hitam. Selain itu, pada data bercak kemerahan dan serat kertas lapuk, metode usulan gagal membinerisasi tulisan utama, namun dapat membersihkan masalah yang muncul pada naskah yang diujikan. Untuk data uji berupa kertas yang berlubang, metode usulan juga gagal dalam membinerisasikan tulisan utama. Oleh karena itu, metode usulan hanya berfokus pada masalah naskah kuno berupa tembusan tinta dari halaman sebaliknya dan kurang baik untuk masalah naskah kuno yang lainnya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Metode usulan berfokus pada binerisasi naskah kuno dengan masalah tembusan tinta dari halaman sebaliknya. Dari percobaan yang telah dilakukan, metode usulan berhasil melakukan binerisasi dengan baik secara visual dan memperoleh nilai rata-rata F-Measure sebesar 91,211 % dan PSNR sebesar 17,326 dB dengan DRD dan MSE nya sebesar 3,257 dan 1.227 dari pengukuran berbasis ground-truthnya.

#### **5.2 Saran**

Untuk binerisasi naskah kuno dengan masalah yang serupa, dapat digunakan nilai pengambangan yang didapatkan dari nilai standard deviasi dan average ketetanggannya dengan perumusan yang berbeda. Untuk masalah naskah kuno yang lainnya, dapat digunakan metode usulan dengan nilai variasi nilai k yang berbeda yang masih pada rentan angka antara 0 dan 1. Kedepannya, harapan besar penulis agar metode ini dapat membantu proses binerisasi pada sistem OCR naskah kuno beraksara jawa.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

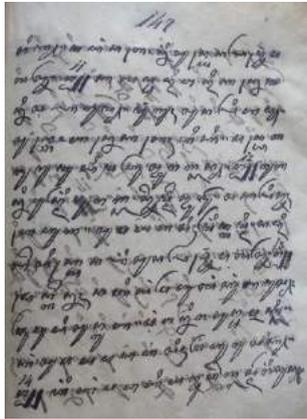
## DAFTAR PUSTAKA

- Adak, C., Maitra, P., Chaudhuri, B.B., Blumenstein, M., 2015. Binarization of old halftone text documents, in: TENCON 2015-2015 IEEE Region 10 Conference. IEEE, pp. 1–5.
- Ahmadi, E., Azimifar, Z., Shams, M., Famouri, M., Shafiee, M.J., 2015. Document image binarization using a discriminative structural classifier. *Pattern Recognit. Lett.* 63, 36–42. doi:10.1016/j.patrec.2015.06.008
- Bernsen, J., 1986. Dynamic thresholding of grey-level images, in: International Conference on Pattern Recognition. pp. 1251--1255.
- Chen, X., Lin, L., Gao, Y., 2016. Parallel nonparametric binarization for degraded document images. *Neurocomputing* 189, 43–52. doi:10.1016/j.neucom.2015.11.040
- Gonzalez, R., Wintz, P., 1977. *Digital image processing*. Addison-Wesley Publishing Co., Inc., Reading, MA.
- Kumar, A., 2016. Binarization of Degraded Documents using Local Thresholding based on Moving Averages. *Indian J. Sci. Technol.* 9. doi:10.17485/ijst/2016/v9i32/100715
- Lu, D., Huang, X., Liu, C., Lin, X., Zhang, H., Yan, J., 2016. Binarization of degraded document image based on contrast enhancement, in: Control Conference (CCC), 2016 35th Chinese. TCCT, pp. 4894–4899.
- Lu, H., Kot, A.C., Shi, Y.Q., 2004. Distance-Reciprocal Distortion Measure for Binary Document Images. *IEEE Signal Process. Lett.* 11, 228–231. doi:10.1109/LSP.2003.821748
- Mustafa, W.A., Yazid, H., 2016. Illumination and Contrast Correction Strategy using Bilateral Filtering and Binarization Comparison. *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng. JTEC* 8, 67–73.
- Mysore, S., Gupta, M.K., Belhe, S., 2016. Complex and degraded color document image binarization, in: Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), 2016 3rd International Conference on. IEEE, pp. 157–162.
- Niblack, W., 1985. *An introduction to digital image processing*. Strandberg Publishing Company.
- Ntirogiannis, K., Gatos, B., Pratikakis, I., 2014. A combined approach for the binarization of handwritten document images. *Pattern Recognit. Lett.* 35, 3–15. doi:10.1016/j.patrec.2012.09.026
- Otsu, N., 1975. A threshold selection method from gray-level histograms. *Automatica* 11, 23–27.
- Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 2014 Tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 43 Tahun 2007 Tentang Perpustakaan, 2014.
- Phansalkar, N., More, S., Sabale, A., Joshi, M., 2011. Adaptive local thresholding for detection of nuclei in diversity stained cytology images, in: Communications and Signal Processing (ICCSP). Presented at the 2011 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP), IEEE, pp. 218–220.
- Reddi, S.S., Rudin, S.F., Keshavan, H.R., 1984. An optimal multiple threshold scheme for image segmentation. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 661–665.

- Sauvola, J., Pietikäinen, M., 2000. Adaptive document image binarization. *Pattern Recognit.* 33, 225–236.
- Singh, T.R., Roy, S., Singh, O.I., Sinam, T., Singh, K., others, 2012. A new local adaptive thresholding technique in binarization. *ArXiv Prepr. ArXiv12015227*.
- Stathis, P., Kavallieratou, E., Papamarkos, N., 2008. An Evaluation Technique for Binarization Algorithms. *J UCS* 14, 3011–3030.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 - Hasil Binerisasi Data Uji Pertama



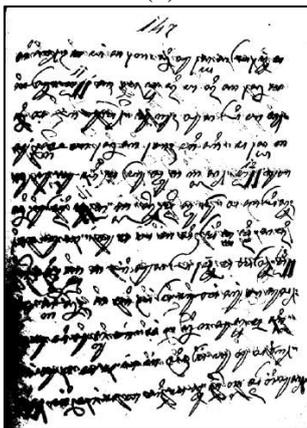
(a)



(b)



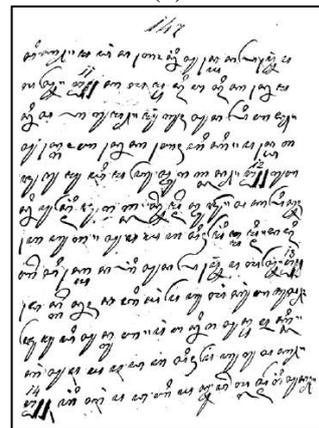
(c)



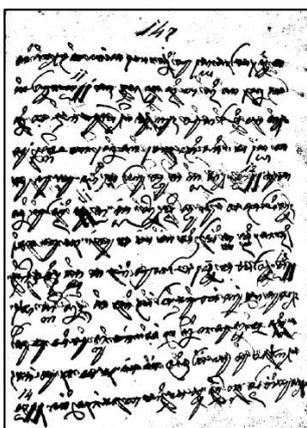
(d)



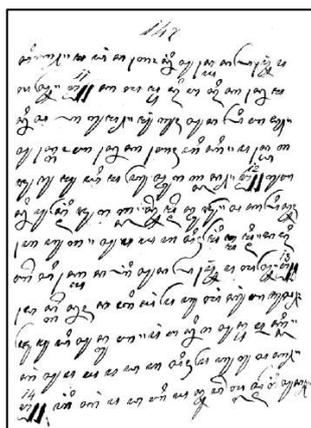
(e)



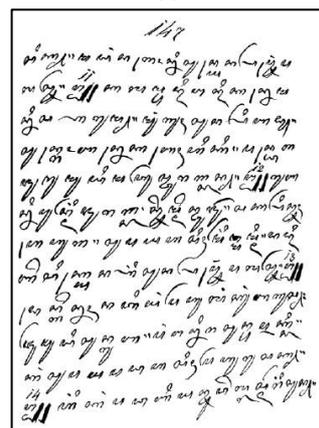
(f)



(g)



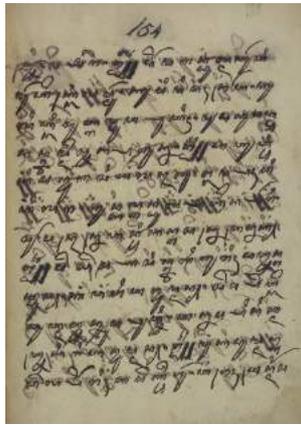
(h)



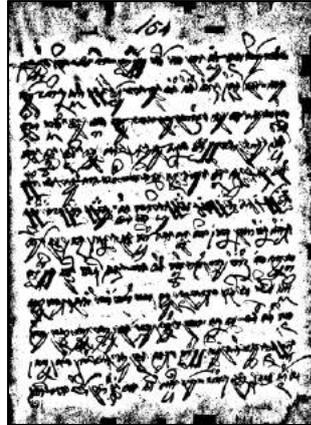
(i)

Lampiran 1 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Pertama Menggunakan Metode (b) Bensen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Pertama.

Lampiran 2 – Hasil Binerisasi Data Uji Kedua



(a)



(b)



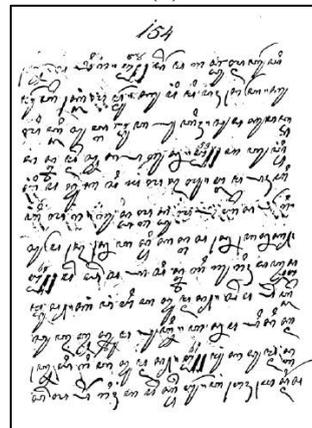
(c)



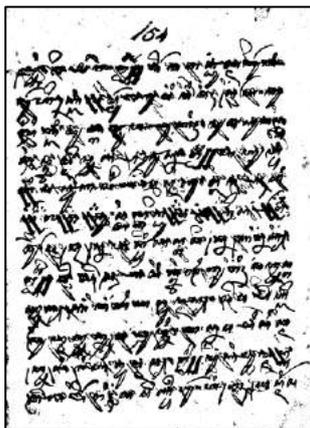
(d)



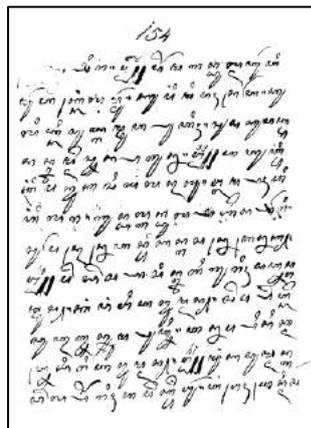
(e)



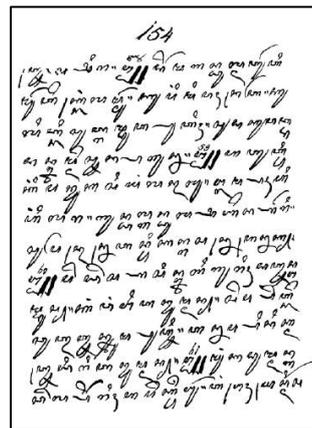
(f)



(g)



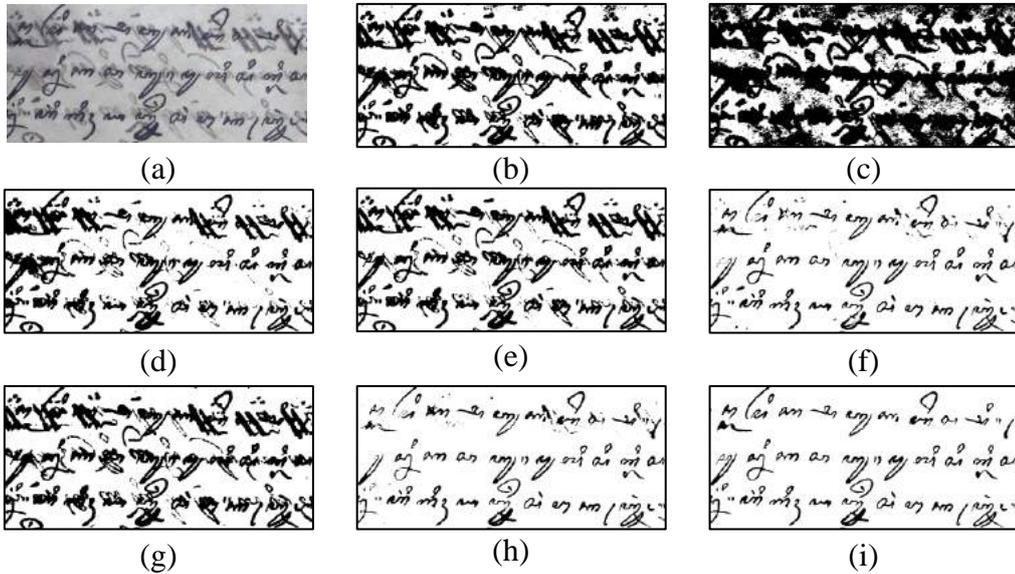
(h)



(i)

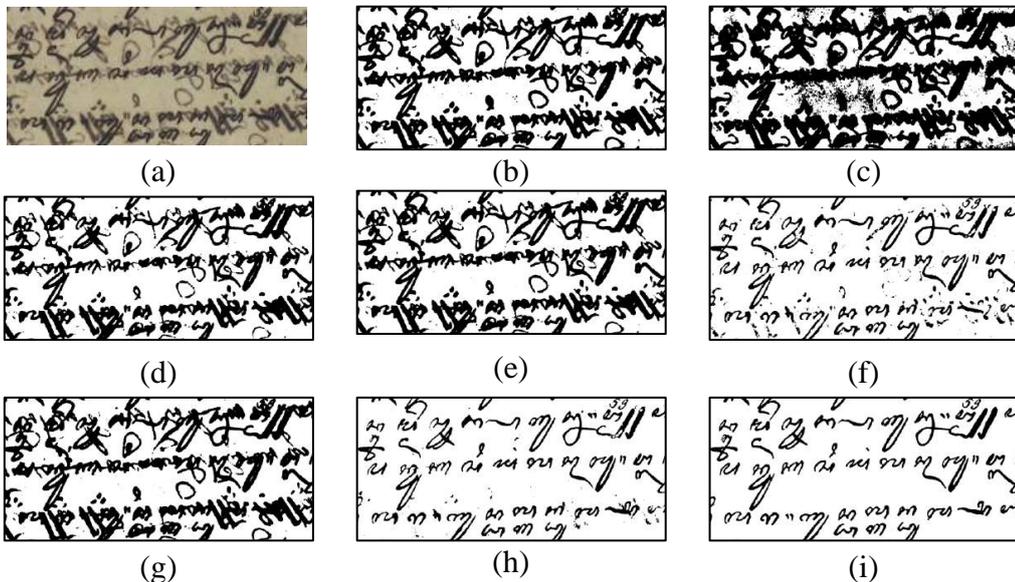
Lampiran 2 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Kedua

**Lampiran 3 – Hasil Binerisasi Data Uji Ketiga**



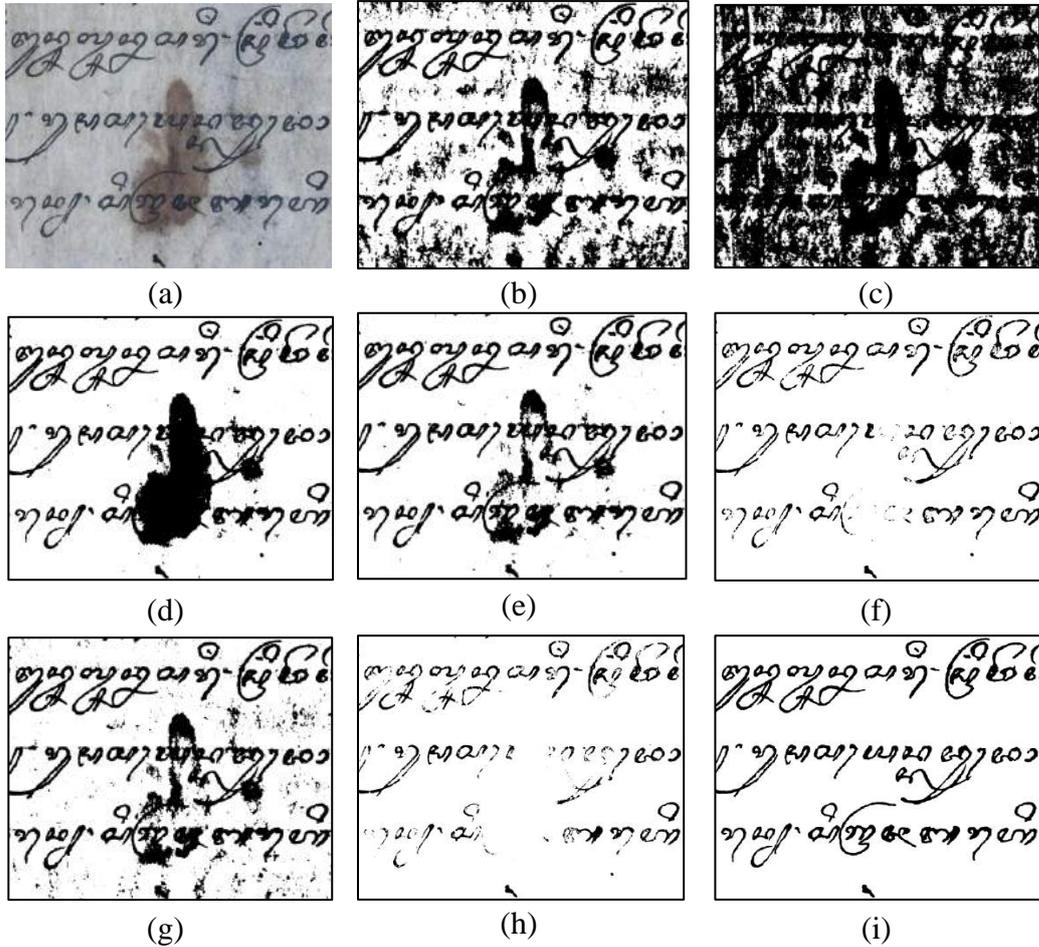
Lampiran 3 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Ketiga

**Lampiran 4 – Hasil Binerisasi Data Uji Keempat**



Lampiran 4 Hasil Binerisasi (a) Data Uji Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Uji Keempat

Lampiran 5 – Hasil Binerisasi Data Bercak Kemerahan Pertama



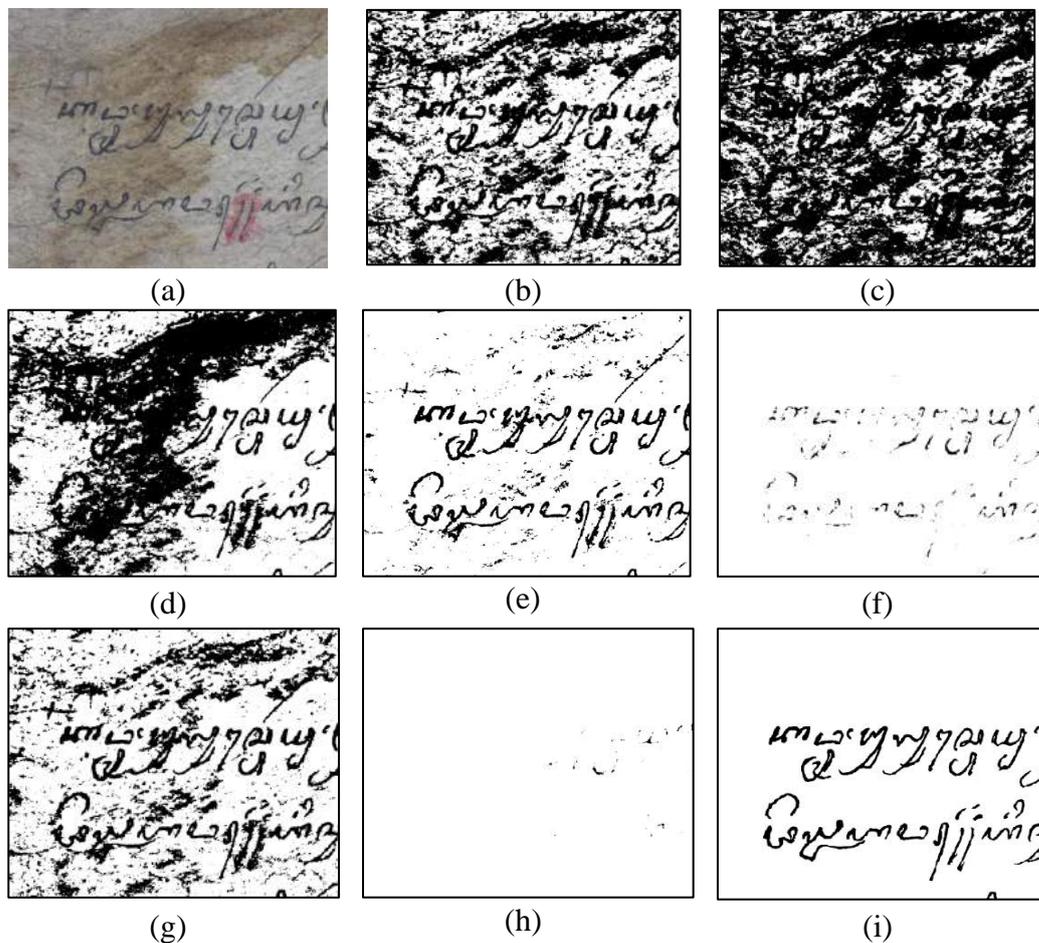
Lampiran 5 Hasil Binerisasi (a) Data Bercak Kemerahan Pertama Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Bercak Kemerahan Pertama

Lampiran 6 – Hasil Binerisasi Data Bercak Kemerahan Kedua



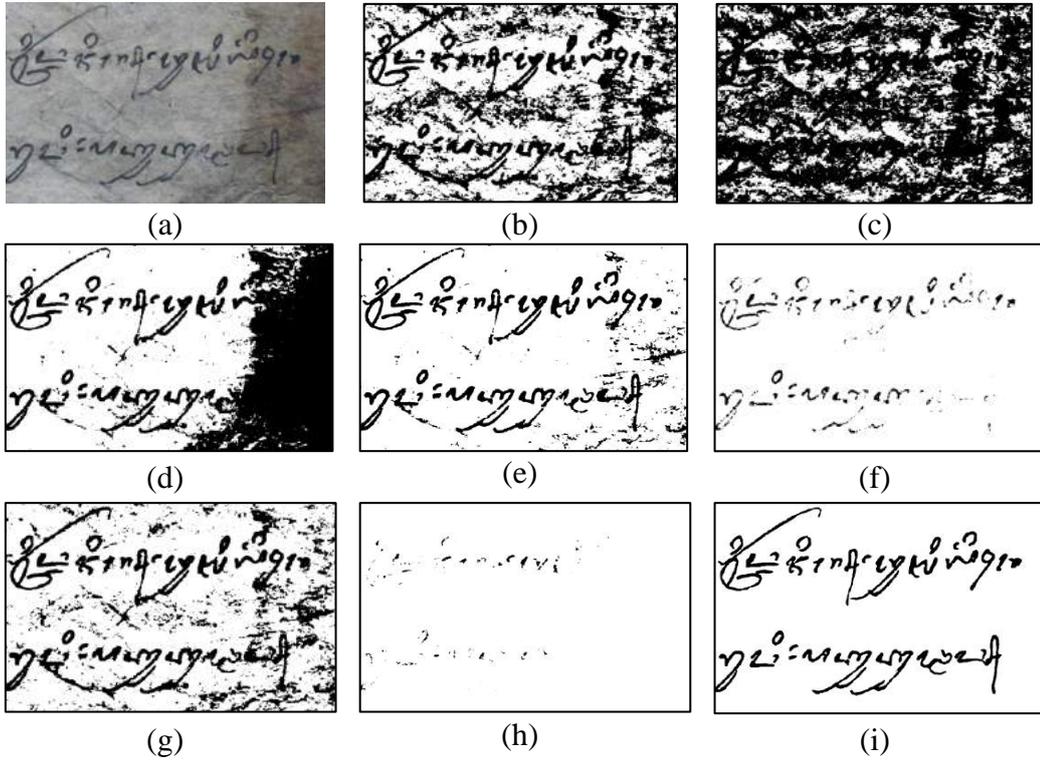
Lampiran 6 Hasil Binerisasi (a) Data Bercak Kemerahan Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Bercak Kemerahan Kedua

## Lampiran 7 – Hasil Binerisasi Data Kertas Lapuk Pertama



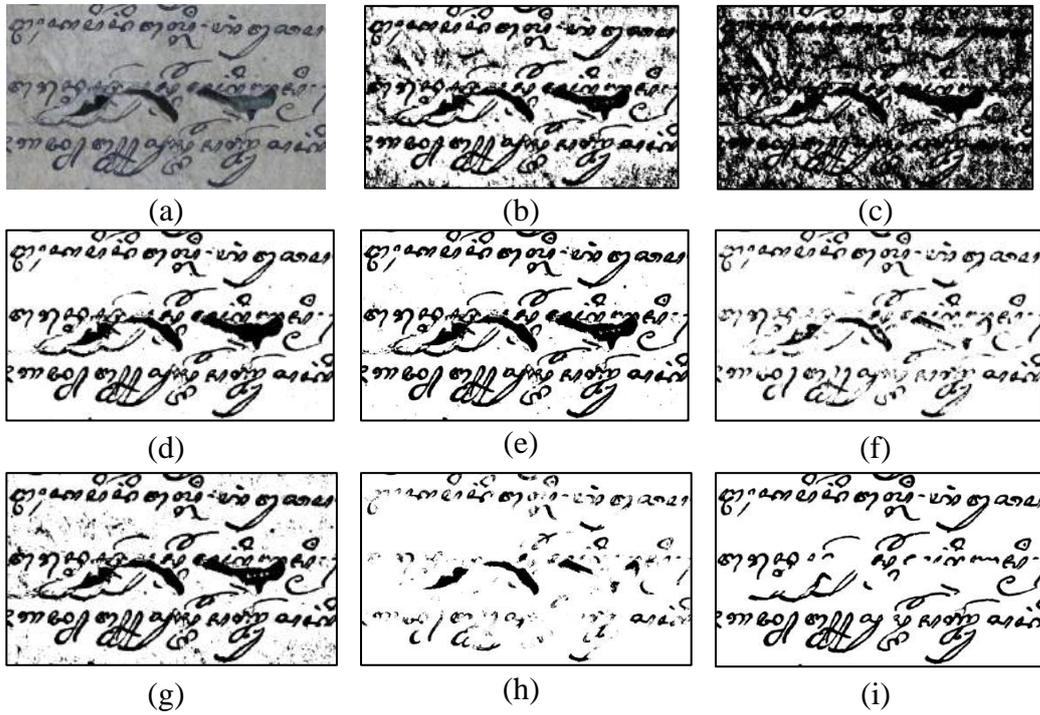
Lampiran 7 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Lapuk Pertama Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Lapuk Pertama

Lampiran 8 – Hasil Binerisasi Data Kertas Lapuk Kedua



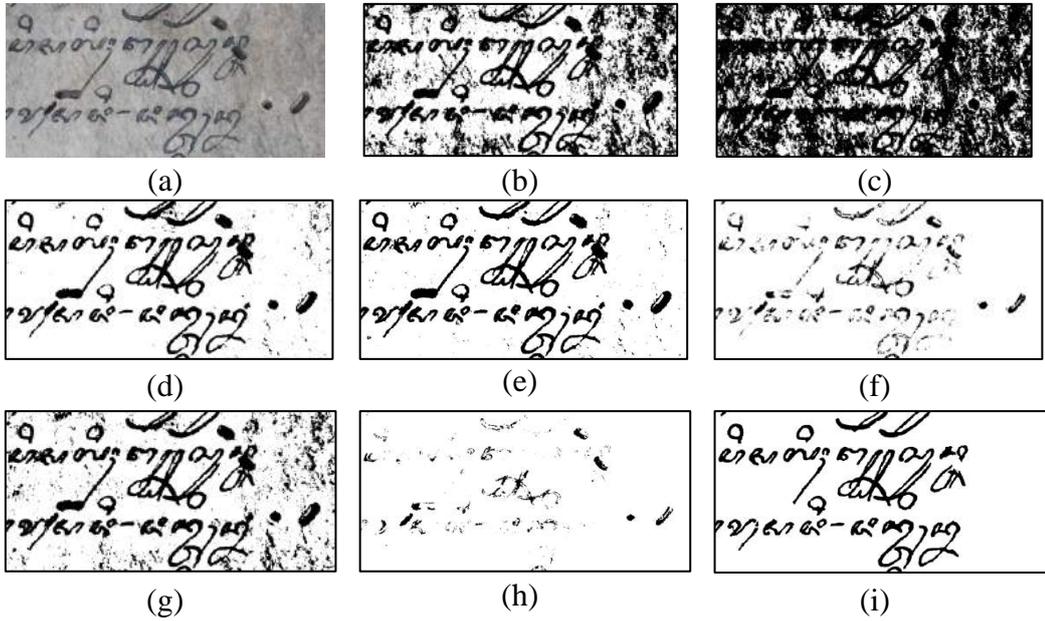
Lampiran 8 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Lapuk Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Lapuk Kedua

Lampiran 9 – Hasil Binerisasi Data Kertas Berlubang Pertama



Lampiran 9 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Berlubang Pertama Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Berlubang Pertama

**Lampiran 10 – Hasil Binerisasi Data Kertas Berlubang Kedua**



Lampiran 10 Hasil Binerisasi (a) Data Kertas Berlubang Kedua Menggunakan Metode (b) Bernsen, (c) Niblack, (d) Otsu, (e) Phansalkar, (f) Sauvola, (g) Singh, (h) Metode Usulan dan (i) Ground-truth Data Kertas Berlubang Kedua

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



### I. Data Pribadi

Nama : Yogi Dwi Mahandi  
Tempat/Tanggal Lahir : Probolinggo, 13 Juni 1992  
Alamat : Jl. Letjen S. Parman Gang 1 No. 43 Kraksaan,  
Probolinggo – Jawa Timur  
Agama : Islam  
Email : yogidwimahandi@gmail.com

### II. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Dasar dan Menengah

Jenjang	Nama Sekolah	Tahun Lulus
SD	MINU Kraksaan	2004
SMP	SMP Negeri 1 Kraksaan	2007
SMA	SMA Negeri 1 Kraksaan	2010

Pendidikan Tinggi

Perguruan Tinggi	Tahun Lulus	Jurusan	Gelar
Universitas Negeri Malang	2014	Teknik Elektro	S.Pd

*Halaman ini sengaja dikosongkan*