

**KLASIFIKASI DAUN BERDASARKAN TULANG DAUN
MENGUNAKAN ALGORITMA *ZHANG SUEN* DAN *HAMMING*
*NETWORK***

Skripsi



oleh :

ARKA ABHIMANTRA

22104835

PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA
2018

**KLASIFIKASI DAUN BERDASARKAN TULANG DAUN
MENGUNAKAN ALGORITMA *ZHANG SUEN* DAN *HAMMING*
*NETWORK***

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh:

ARKA ABHIMANTRA
22104835

PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA
2018

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

KLASIFIKASI DAUN BERDASARKAN TULANG DAUN MENGUNAKAN ALGORITMA ZHANG SUEN DAN HAMMING NETWORK

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi keserjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar keserjanaan saya.

Yogyakarta, 8 Januari 2018



ARKA ABHIMANTRA

22104835

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : KLASIFIKASI DAUN BERDASARKAN TULANG
DAUN MENGGUNAKAN ALGORITMA ZHANG
SUEN DAN HAMMING NETWORK

Nama Mahasiswa : ARKA ABHIMANTRA

NIM : 22104835

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Gasal

Tahun Akademik : 2017/2018

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 8 Januari 2018

Dosen Pembimbing I


Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng.

Dosen Pembimbing II


Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.

HALAMAN PENGESAHAN

**KLASIFIKASI DAUN BERDASARKAN TULANG DAUN
MENGUNAKAN ALGORITMA ZHANG SUEN DAN HAMMING
NETWORK**

Oleh: ARKA ABHIMANTRA / 22104835

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 20 Desember 2017

Yogyakarta, 8 Januari 2018
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng.
2. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.
3. Widi Hapsari, Dra. M.T.
4. Junius Karel, M.T.

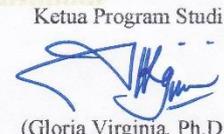


Dekan

Ketua Program Studi



(Budi Susanto, S.Kom., M.T.)



(Gloria Virginia, Ph.D.)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah senantiasa melimpahkan rahmat dan berkat-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Klasifikasi Daun Berdasarkan Tulang Daun Menggunakan Algoritma *Zhang Suen* Dan *Hamming Network*” dengan baik dan tepat waktu.

Tugas akhir ini merupakan salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh dalam studi fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana. Selain itu, penulisan dan penyusunan skripsi ini disusun dalam rangka untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer. Penulisan skripsi ini juga bertujuan melatih mahasiswa untuk menghasilkan suatu karya yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, dan dapat bermanfaat bagi penggunanya.

Meskipun banyak menghadapi kendala dan rintangan, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menghadapi kendala dan rintangan tersebut untuk menyusun skripsi ini, antara lain :

1. Bapak Dr. Ir. Sri Suwarno, M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingannya serta memberi arahan dan masukan yang sangat membantu sepanjang proses pembuatan skripsi.
2. Bapak Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs selaku dosen pembimbing II yang memberikan bimbingannya serta memberi arahan dan masukan yang sangat membantu sepanjang proses pembuatan skripsi.
3. Orang tua tercinta yang selalu memberikan bantuan moral dan materi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan lancar dan baik.
4. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan motivasi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu.
5. Kepada teman-teman kuliah angkatan 2010 dan semua yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga skripsi ini dapat selesai tepat waktu.

6. Kepada seluruh dosen dan staf administrasi Fakultas Teknologi Informasi yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam kelancaran penulisan skripsi ini.

7. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tak langsung, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi penyusunan, pembahasan, ataupun penulisannya. Oleh karena itu penulis bersedia menerima kritik dan saran, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan laporan skripsi ini.

©UKDWN

Yogyakarta, 23 November 2017

Arka Abhimantra

Abstrak

Daun merupakan bagian dari tumbuh-tumbuhan yang mempunyai fungsi dan peran penting untuk melangsungkan kelangsungan hidup tumbuh-tumbuhan itu sendiri. Ciri khas dari daun, pada umumnya berwarna hijau, bentuk dari daun sebagian besar adalah melebar, memiliki zat klorofil yang berguna untuk membantu proses fotosintesis. Selain itu daun juga dibagi berdasarkan struktur tulang daun yaitu, menjari, melengkung, menyirip dan sejajar.

Untuk mempermudah mengklasifikasikan daun berdasarkan jenis tulang daun nya, penulis merancang sistem untuk pengklasifikasian daun berdasarkan jenis tulang daun dengan menggunakan algoritma *Zhang Suen* dan *Hamming Network*. Algoritma Zhang Suen berguna untuk melakukan proses *thinning* dan kemudian akan dilakukan klasifikasi pada *template* menggunakan algoritma *Hamming Network*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SAMPUL DALAM.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.5.1 Pengumpulan Data	2
1.5.2 Pembuatan Program	2
1.5.3 Implementasi dan Testing	3
1.5.4 Analisis Hasil Pengujian dan Evaluasi	3
1.5.5 Penulisan Laporan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5

2.2	Landasan Teori	7
2.2.1	Model Warna RGB	7
2.2.1.1	Diagram Alir <i>Grayscale</i>	8
2.2.2	<i>Contrast Stretching</i>	9
2.2.2.1	Diagram Alir <i>Contrast Stretching</i>	10
2.2.3	<i>Threshold</i>	11
2.2.3.1	Diagram Alir <i>Threshold</i>	11
2.2.4	<i>Zhang Suen Thinning</i>	12
2.2.4.1	Diagram Alir <i>Zhang Suen Thinning</i>	17
2.2.5	<i>Area Binary Object</i>	19
2.2.5.1	Diagram Alir <i>Area Binary Object</i>	20
2.2.6	<i>Maxnet</i>	21
2.2.6.1	Diagram Alir <i>Maxnet</i>	22
2.2.7	<i>Hamming Network</i>	22
2.2.7.1	<i>Feedforward Layer</i>	23
2.2.7.2	<i>Recurrent Layer</i>	23
2.2.7.3	Contoh Kasus <i>Hamming Network</i>	24
2.2.7.4	Diagram Alir <i>Hamming Network</i>	25
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM		27
3.1	Analisis Kebutuhan	27
3.1.1	Analisis Kebutuhan Data	27
3.1.2	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	29
3.1.3	Analisis Kebutuhan Perangkat Keras	29
3.2	Diagram Alir	30

3.3	Perancangan Antarmuka	31
3.4	Rancangan Pengujian	32
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM		33
4.1	Implementasi Sistem.....	33
4.1.1	Antarmuka Program	33
4.1.2	Implementasi Proses <i>Grayscale</i>	36
4.1.3	Implementasi Proses Adjust Contrast	36
4.1.4	Implementasi Proses Threshold	37
4.1.5	Implementasi Proses Crop	38
4.1.6	Implementasi Proses Zhang Suen Thinning	39
4.1.7	Implementasi proses klasifikasi menggunakan Hamming Network	40
4.2	Analisis Sistem.....	41
4.2.1	Analisis Input Data Pengujian	41
4.2.2	Hasil Klasifikasi Tulang Daun Menyirip	42
4.2.3	Hasil Klasifikasi Tulang Daun Menjari	43
4.2.4	Hasil Klasifikasi Tulang Daun Sejajar	44
4.2.5	Hasil Klasifikasi Tulang Daun Melengkung	46
4.3	Analisis Hasil Pengujian	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil klasifikasi tulang daun menyirip.....	42
Tabel 4.2. Hasil klasifikasi tulang daun menjari	43
Tabel 4.3. Hasil klasifikasi tulang daun sejajar	45
Tabel 4.4. Hasil klasifikasi tulang daun melengkung	46
Tabel 4.5. Rata-rata akurasi klasifikasi tulang daun	48
Tabel 4.6. Contoh citra daun	49

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Alir <i>Grayscale</i>	8
Gambar 2.2. Diagram Alir <i>Contrast Stretching</i>	10
Gambar 2.3. Diagram Alir <i>Threshold</i>	11
Gambar 2.4. Ilustrasi <i>Contour points</i> P1 dan 8-Tetangganya	12
Gambar 2.5. Ilustrasi Langkah 1	13
Gambar 2.6. Penerapan Algoritma <i>Zhang-Suen Image Awal</i>	14
Gambar 2.7. Penandaan piksel hasil iterasi 1 dan piksel $P1 = (P2)$	15
Gambar 2.8. Penerapan Algoritma <i>Zhang-Suen Iterasi 1</i>	16
Gambar 2.9. Penerapan Hasil Akhir Algoritma <i>Zhang-Suen Iterasi 2</i>	17
Gambar 2.10. Diagram Alir <i>Zhang Suen Thinning</i>	17
Gambar 2.11. Citra Biner berukuran 9 x 6	19
Gambar 2.12. Hasil ekstraksi ciri menggunakan <i>area binary object</i>	20
Gambar 2.13. Diagram alir <i>area binary object</i>	20
Gambar 2.14. Diagram alir <i>Maxnet</i>	22
Gambar 2.15. <i>Hamming Network</i>	23
Gambar 2.16. Diagram alir <i>Hamming Network</i>	25
Gambar 3.1a. Daun Jambu	28
Gambar 3.1b. Daun Mangga	28
Gambar 3.2a. Daun Sirih	28
Gambar 3.2b. Daun Waru	28
Gambar 3.3a. Daun Singkong	28
Gambar 3.3b. Daun Pepaya	28
Gambar 3.4a. Daun Tebu	29
Gambar 3.4b. Daun Pandan	29
Gambar 3.5. Diagram Alir Sistem	30
Gambar 3.6. Rancangan antar muka program klasifikasi daun	31
Gambar 4.1. Tampilan awal sistem	33
Gambar 4.2. Tampilan muat bobot	34
Gambar 4.3. Tampilan hasil input citra	35
Gambar 4.4. Tampilan saat memilih citra input.....	35
Gambar 4.5. Tampilan proses grayscale	36

Gambar 4.6. Tampilan proses adjust contrast	37
Gambar 4.7 Tampilan proses threshold	38
Gambar 4.8. Tampilan proses crop	39
Gambar 4.9. Tampilan proses thinning	40
Gambar 4.10 Tampilan proses klasifikasi	41
Gambar 4.11 Grafik akurasi klasifikasi tulang daun	48

©UKDW

Abstrak

Daun merupakan bagian dari tumbuh-tumbuhan yang mempunyai fungsi dan peran penting untuk melangsungkan kelangsungan hidup tumbuh-tumbuhan itu sendiri. Ciri khas dari daun, pada umumnya berwarna hijau, bentuk dari daun sebagian besar adalah melebar, memiliki zat klorofil yang berguna untuk membantu proses fotosintesis. Selain itu daun juga dibagi berdasarkan struktur tulang daun yaitu, menjari, melengkung, menyirip dan sejajar.

Untuk mempermudah mengklasifikasikan daun berdasarkan jenis tulang daun nya, penulis merancang sistem untuk pengklasifikasian daun berdasarkan jenis tulang daun dengan menggunakan algoritma *Zhang Suen* dan *Hamming Network*. Algoritma Zhang Suen berguna untuk melakukan proses *thinning* dan kemudian akan dilakukan klasifikasi pada *template* menggunakan algoritma *Hamming Network*.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Daun merupakan bagian dari tumbuh-tumbuhan yang mempunyai fungsi dan peran penting untuk melangsungkan kelangsungan hidup tumbuh-tumbuhan itu sendiri. Ciri khas dari daun, pada umumnya berwarna hijau, bentuk dari daun sebagian besar adalah melebar, memiliki zat klorofil yang berguna untuk membantu proses fotosintesis. Selain itu daun juga dibagi berdasarkan struktur tulang daun yaitu, menjari, melengkung, menyirip dan sejajar.

Merancang sistem untuk pengklasifikasian daun berdasarkan jenis tulang daun merupakan salah satu langkah untuk mempermudah mengklasifikasikan daun berdasarkan jenis tulang daun nya. Klasifikasi citra daun tanaman merupakan bagian penting dalam identifikasi tanaman karena pencarian kembali jenis tanaman tanpa mengetahui ciri dari daun tanaman akan sangat sulit dan memerlukan waktu yang lama. Proses yang digunakan menggunakan teknik *image processing*, *thinning*, kemudian dilakukan proses klasifikasi.

Diantara berbagai algoritma *thinning* yang dianggap optimal adalah algoritma *Zhang Suen*. *Zhang Suen* merupakan algoritma yang hanya menghasilkan kerangka pada citra. Selanjutnya hasil *thinning* diproses lebih lanjut untuk tahap pengklasifikasian jenis daun menggunakan jaringan syaraf tiruan. Algoritma jaringan syaraf tiruan yang dipakai untuk pelatihan dan pengenalan pola pada citra adalah *Hamming Network*. Dasar dari algoritma ini adalah dengan melakukan pelatihan pada sistem dengan berbagai pola daun yang dimasukkan dan melakukan pengenalan dari data yang telah dilatih sebelumnya.

Diharapkan dengan merancang sebuah sistem dengan menggunakan metode *Zhang Suen* dan *Hamming Network* ini, dapat membantu untuk mempermudah mengklasifikasikan jenis daun berdasarkan jenis-jenis tulang daun nya

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan dalam masalah ini adalah :

1. Seberapa tepat metode *Zhang Suen Thinning* dan *Hamming Network* dalam mengklasifikasikan jenis daun berdasarkan tulang daun?

1.3 Batasan Masalah

1. Pola citra yang diidentifikasi adalah citra daun.
2. Klasifikasi daun dilakukan hanya berdasarkan tulang daun menyirip, tulang daun melengkung, tulang daun menjari, dan tulang daun sejajar.
3. Dari setiap tulang daun yang diuji akan diklasifikasikan berdasar jenis tanaman, masing-masing dua jenis tanaman.
4. Ukuran citra input yang digunakan adalah 300 x 300 piksel.
5. Format citra yang akan digunakan dalam identifikasi adalah .png

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian ini adalah meneliti dan menganalisis algoritma *Zhang Suen Thinning* dan *Hamming Network* yang diimplementasikan untuk klasifikasi daun berdasarkan jenis tulang daun.

1.5 Metode Penelitian

1.5.1 Pengumpulan Data

Penulis melakukan studi pustaka yang dilakukan dengan cara mempelajari teori-teori dan literatur yang mendukung algoritma *zhang suen thinning* dan *hamming network* beserta mengumpulkan data-data yang dapat digunakan dalam kedua algoritma tersebut.

1.5.2 Pembuatan Program

Penulis mengumpulkan data-data yang sesuai sehingga algoritma *zhang suen thinning* dan *hamming network* dapat diimplementasikan pada program pengklasifikasian jenis daun dengan teknik-teknik penyelesaiannya.

Penulis akan menyusun *sistem* untuk penyimpanan data pola dan bobot akhir dari algoritma *hamming network* yang akan digunakan untuk pelatihan dan pengenalan. Penulis akan menerapkan tiap metode dari preproses hingga pelatihan pada program dan menguji citra uji pada program tersebut untuk memastikan bahwa algoritma secara tepat diimplementasikan pada program.

1.5.3 Implementasi dan Testing

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem dengan melakukan pengenalan citra daun dan citra akan diklasifikasikan berdasarkan tulang daun menyirip, tulang daun melengkung, tulang daun menjari, dan tulang daun sejajar.

1.5.4 Analisis Hasil Pengujian dan Evaluasi

Pada tahap ini, hasil pengujian dapat diambil kesimpulan yang kemudian dapat di evaluasi apakah sudah sesuai dengan tujuan penelitian

1.5.5 Penulisan Laporan

Pada tahap ini dilakukan penulisan laporan berdasarkan semua penelitian dan evaluasi yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab 1 : Pendahuluan, terdapat detail mengenai penelitian yang akan di lakukan. Di dalam bab ini terdapat latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan-batasan masalah yang akan diteliti, tujuan penelitian, metode penelitian serta sistematika penulisan.

Bab 2 : Tinjauan Pustaka, terdiri dari dua bagian yaitu tinjauan pustaka dan landasan teori. Bagian ini berguna sebagai penjabaran dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian.

Bab 3 : Perancangan Sistem. Terdapat di dalamnya adalah berbagai macam data, variabel serta cara perancangan yang akan digunakan dalam penelitian.

Bab 4 : Implementasi dan analisis sistem. Bagian ini memuat hasil perancangan serta analisis terhadap hasil pengujian tersebut.

Bab 5 : Kesimpulan dan Saran mengenai apa yang telah dirancang sebagai sistem. Pada bagian ini, penulis akan memberikan kritik dan saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

©UKDW

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, bisa diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Metode *Hamming Network* yang menggunakan nilai input dari hasil *thinning* menggunakan *Zhang Suen Thinning* dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi jenis tulang daun.
2. Tingkat akurasi klasifikasi 4 jenis tulang daun yang tiap tulang daun nya diambil dari 2 jenis tanaman yang berbeda menghasilkan rata-rata tingkat akurasi sebesar 56.25%.
3. Perbedaan karakteristik tulang daun dari 8 jenis tanaman yang berbeda memiliki tingkat kontras warna dan bentuk daun yang beragam mempengaruhi hasil klasifikasi tulang daun menggunakan *Zhang Suen Thinning* dan *Hamming Network*.

5.2 Saran

Penelitian yang sudah dilakukan penulis memiliki banyak kekurangan oleh karena itu penulis memberikan saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut sebagai berikut :

1. Perlu menambahkan fungsi lain yang sekiranya bisa menambah kontras warna tulang daun agar pengambilan ciri tulang daun dapat dilakukan dengan lebih baik.
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu ditambahkan data uji menggunakan jenis tanaman selain yang sudah digunakan pada penelitian ini sehingga hasil rata-rata akurasi dapat dibandingkan.
3. Dalam pembuatan sistem klasifikasi tulang daun yang lebih akurat dapat menggunakan metode yang berbeda supaya hasil klasifikasi lebih maksimal

DAFTAR PUSTAKA

- Aribowo, A., Lukas, S., & Handy. (2007). Handwritten Alphabet Recognition Using Hamming Network. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*.
- Asana, I. D., Widyantara, I. O., Wirastuti, N., & Adnyana, I. P. (2017). Metode Contrast Stretching untuk Perbaikan Kualitas Citra pada Proses Segmentasi Video. *Teknologi Elektro, Vol. 16, No. 02*.
- Chaudhari, S. K., & Kulkarni, G. A. (2012). ANN Implementation for Classification of Noisy Numeral Corrupted By Salt and Pepper Noise. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Electronics Engineering*.
- Fausett, L. V. (1994). *Fundamentals of neural networks: Architectures, algorithms, and applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing Second Edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Kumar, T. (2010). A Theory Based on Conversion of RGB image to Gray. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 7– No.2, September 2010, 7-10*.
- Lubis, C., & Soegianto, Y. (2010). Pengenalan Tanda Tangan Dengan Menggunakan Neural Network Dan Pemrosesan Awal Thinning Zhang Suen. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, 80-84*.
- Panggabean, E. P. (2013). Pengenalan Karakter Plat Nomor Mobil Dengan Menggunakan Hamming Network. *Undergraduate thesis, Duta Wacana University*.
- Pratiwi, N. A., Hapsari, W., & R, T. H. (April 2013). Pengenalan Aksara Bali Dengan Pendekatan Metode Direction Feature dan Area Binary Object Feature. *INFORMATIKA Vol.9, No. 1*.
- Suwarno, S., & Hartati, S. (2010). Deteksi Kemiringan Alur Pola Sidik Jari Dengan Hamming Net Sebagai Dasar Klasifikasi. *Seminar Nasional Informatika*.
- Thiang. (2005). Pengenalan Karakter Dengan Menggunakan Hamming Network. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*.
- Zurnawita, & Suar, Z. (2009). Algoritma Image Thinning. *Elektron: Vol.1 No.1*.