

TESIS

**PENGENALAN EKSPRESI MATEMATIKA
PADA APLIKASI *SMART CALCULATOR*
MENGUNAKAN METODE
LEARNING VECTOR QUANTIZATION**



Joseph Carlo Kotualubun

135302057

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

2015

TESIS

**PENGENALAN EKSPRESI MATEMATIKA
PADA APLIKASI *SMART CALCULATOR*
MENGUNAKAN METODE
LEARNING VECTOR QUANTIZATION**



Joseph Carlo Kotualubun

135302057

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

2015



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TESIS

Nama : JOSEPH CARLO KOTUALUBUN
Nomor Mahasiswa : 135302057
Konsentrasi : Soft Computing
Judul Tesis : PENGENALAN EKSPRESI MATEMATIKA
PADA APLIKASI *SMART CALCULATOR*
MENGUNAKAN METODE
LEARNING VECTOR QUANTIZATION

Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda tangan

Dr. Pranowo, S.T., M.T.

16/10/15

Thomas Suselo, S.T., M.T.

16/10



PENGESAHAN TIM PENGUJI TESIS

Nama : JOSEPH CARLO KOTUALUBUN
Nomor Mahasiswa : 135302057
Konsentrasi : Soft Computing
Judul Tesis : PENGENALAN EKSPRESI MATEMATIKA
PADA APLIKASI *SMART CALCULATOR*
MENGUNAKAN METODE
LEARNING VECTOR QUANTIZATION

Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda tangan

Dr. Pranowo, S.T., M.T.
(Ketua/Penguji)

31/10/15

Thomas Suselo, S.T., M.T.
(Anggota)

31/10/15

Dra. Ernawati, M.T.
(Anggota)

31/10/15

Ketua Program Studi

Prof. Ir. Suyoto, M.sc., Ph.D

Direktur Program Pascasarjana
Dr. M. Parnawa Putranta, MBA



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

**Pengenalan Ekspresi Matematika
pada Aplikasi *Smart Calculator*
Menggunakan Metode Learning Vector Quantization**

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Magister Teknik Informatika pada program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta, merupakan hasil karya sendiri dan bukan duplikasi dari karya tulis yang telah ada sebelumnya. Karya tulis sebelumnya dijadikan oleh penulis sebagai acuan untuk melengkapi penelitian dan dinyatakan secara tertulis dalam penulisan acuan dan daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, Oktober 2015

Joseph Carlo Kotualubun
135302057

INTISARI

Pengenalan pola merupakan salah satu cabang ilmu yang masih berkembang dan menjadi pusat studi penelitian. Seiring dengan perkembangan teknologi, pengenalan pola dapat diterapkan dalam berbagai macam aplikasi, salah satunya adalah *smart calculator*. Pada kasus ini, pengenalan pola berfungsi untuk mengenali pola *input* berupa operan dan operator yang terdapat pada kalkulator.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan proses pengenalan pola adalah *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Proses dari aplikasi *smart calculator* ini terdiri dari 3 tahapan, yaitu: tahap pendeteksian ekspresi matematika, tahap pengenalan pola, dan tahap kalkulasi. Metode yang digunakan pada ketiga tahapan ini adalah: *text detection*, *thresholding*, segmentasi karakter, ekstraksi fitur serta *Learning Vector Quantization* yang digunakan pada proses pengenalan pola.

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan 21 data pelatihan, sistem dapat mengenali pola dengan presentase keberhasilan 82.35%. Kemudian untuk 31 data pelatihan, sistem mampu mengenali pola dengan presentase keberhasilan 85.59%. Sedangkan untuk 51 data pelatihan, sistem dapat mengenali pola dengan presentase keberhasilan 87.94%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin banyak data pelatihan yang digunakan, maka tingkat keakuratan hasil pengenalan karakter akan semakin meningkat. Selain itu, pengujian juga dilakukan terhadap ekspresi matematika, dan hasil pengujian menunjukkan bahwa dari 10 ekspresi matematika yang diuji, sistem mampu mengenali 7 ekspresi matematika dengan benar. Hasil pengenalan karakter dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya bentuk dari *sample* pola yang uji, ukuran pola baik dari sisi lebar maupun panjang pola, dan jarak antar pola.

Kata Kunci: *pengenalan pola, smart calculator, Learning Vector Quantization*

ABSTRACT

Pattern recognition is one of the field of science which is still growing rapidly in the last decades. In this time, pattern recognition can be applied in a variety of applications, for example is smart calculator. In this case, pattern recognition is used to recognize characters such as operands and operators that is contained in calculator operation.

There are many methods can be used to perform pattern recognition, one of them is Learning Vector Quantization (LVQ). The process of smart calculator consists of three parts, there are: mathematical expression detection process, pattern recognition process, and calculation process. In this research, there are some methods that used to develop this application, such as: text detection, thresholding, character segmentation, feature extraction and Learning Vector Quantization that used in the process of pattern recognition.

Based on experiments result, this research showed that by using 21 training data, LVQ can recognize the pattern with a success percentage of 82.35%. While using 31 training data, LVQ is able to recognize the pattern with a success percentage of 85.59%. Id addition for 51 training data, LVQ can recognize the pattern with a success percentage of 87.94%. Therefore, it can be concluded that the more training data is used, then the accuracy of character recognition results will increase. In addition, the experiments was also carried out on mathematical expressions, and the results showed that out of 10 tested mathematical expressions, LVQ is able to recognize 7 mathematical expressions correctly. Character recognition results is influenced by several factors, such as: the shape of the sample pattern, the size (width and height) of the pattern and distance between the patterns.

Keyword: *pattern recognition, smart calculator, Learning Vector Quantization*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan bimbingan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan tesis yang berjudul *Pengenalan Ekspresi Matematika pada Aplikasi Smart Calculator Menggunakan Metode Learning Vector Quantization* ini dengan baik.

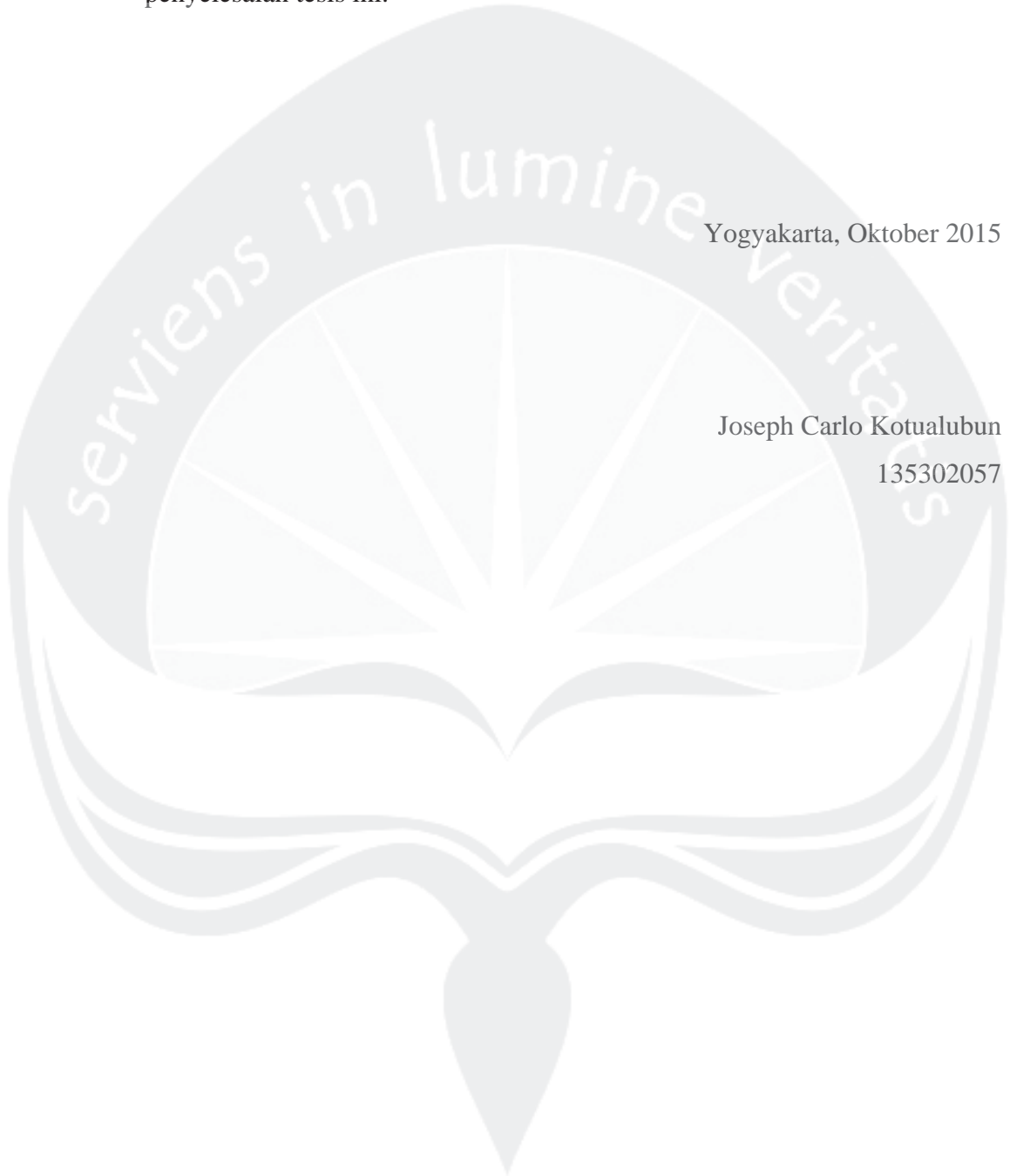
Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan kepada penulis selama pembuatan tesis ini, diantaranya :

1. Tuhan yang Maha Kuasa yang selalu memberikan berkat, kesehatan serta inspirasi ide kepada penulis.
2. Dr. Pranowo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan ide, masukan, kritik dan saran hingga tesis ini dapat diselesaikan.
3. Thomas Suselo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan ide, masukan, kritik dan saran hingga tesis ini dapat diselesaikan.
4. Orang tua yang telah memberikan limpahan kasih sayang, doa, serta dukungan yang luar biasa sehingga dapat memotivasi penulis dalam menyelesaikan pembuatan tesis.
5. Zhang Hui Mei, yang selalu menemani penulis dalam menyelesaikan tesis sekaligus memberi semangat dan dukungan di setiap harinya. Terima kasih *nong*.
6. Teman-teman Berkibi (Bersama Kita Bisa) : Adi, Agung, Andi, Ari, Ayu, Daniel, Guan, Jay, Ratih, dan Sherly, teman seperjuangan yang selalu menghadirkan suasana menyenangkan penuh canda tawa sewaktu pembuatan tesis ini.

7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu baik yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Yogyakarta, Oktober 2015

Joseph Carlo Kotualubun
135302057



DAFTAR ISI

SAMPUL.....	ii
PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN TESIS	iv
PERNYATAAN.....	v
INTISARI.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
F. Keaslian Penelitian.....	5
G. Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Tinjauan Pustaka	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	14
A. Text Detection.....	14
B. Thresholding	15
C. Segmentasi Citra	17
D. Connected Component Labeling.....	18

E. Ekstraksi Fitur	22
F. Learning Vector Quantization.....	22
1. Arsitektur Jaringan LVQ.....	23
2. Algoritma Jaringan LVQ	25
a. Algoritma Pelatihan	25
b. Algoritma Pengujian	27
G. Infix dan Postix	27
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	34
A. Bahan Penelitian	34
B. Alat Penelitian.....	35
C. Langkah Penelitian.....	36
1. Studi Literatur	36
2. Pengumpulan Data	36
3. Pengembangan Model.....	38
a. Text Detection.....	41
b. Thresholding	42
c. Segmentasi Citra	43
d. Normalisasi Ukuran Citra	43
e. Ekstraksi Fitur	46
f. Pengenalan Pola.....	46
g. Konversi Notasi Infix ke Postfix.....	47
h. Kalkulasi / Perhitungan.....	48
4. Pengujian Model	48
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	49
A. Analisis Kebutuhan Data	49
1. Text Detection.....	50
2. Thresholding	50
3. Segmentasi Citra	51
4. Normalisasi Ukuran Citra	51

5. Ekstraksi Fitur	52
6. Pengenalan Pola	53
7. Konversi Notasi Infix ke Postfix.....	54
8. Kalkulasi / Perhitungan.....	55
B. Implementasi Sistem	55
1. Text Detection.....	55
2. Thresholding	58
3. Segmentasi Citra	58
4. Normalisasi Ukuran Citra	59
5. Ekstraksi Fitur	61
6. Pengenalan Pola	63
7. Konversi Notasi Infix ke Postfix.....	65
8. Kalkulasi / Perhitungan.....	66
C. Analisis Hasil Pengenalan.....	69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	87
A. Kesimpulan	87
B. Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	KETERANGAN	Hal.
Gambar 3.1	Contoh hasil Thresholding	17
Gambar 3.2	Contoh citra biner	19
Gambar 3.3	Contoh citra hasil proses <i>connected component labeling</i>	20
Gambar 3.4	<i>8-connectivity neighbourhood</i>	20
Gambar 3.5	Contoh Arsitektur Jaringan LVQ	24
Gambar 3.6	Proses konversi dari notasi infix ke notasi postfix	31
Gambar 4.1	Alur proses penelitian	36
Gambar 4.2	Perancangan aplikasi <i>smart calculator</i>	40
Gambar 4.3	Tahapan proses operasi perhitungan pada aplikasi <i>smart calculator</i> .	41
Gambar 4.4	Contoh <i>resizing</i> citra	45
Gambar 5.1	Proses <i>text detection</i> pada sebuah citra	57
Gambar 5.2	Citra hasil <i>cropping</i> yang berisi ekspresi matematika	57
Gambar 5.3	Citra biner hasil <i>thresholding</i>	58
Gambar 5.4	Citra hasil proses segmentasi karakter	59
Gambar 5.5	Gambar sub citra hasil <i>cropping</i>	59
Gambar 5.6	Proses menampilkan hasil perhitungan	68
Gambar 5.7	Grafik hasil pengenalan pola	80

DAFTAR TABEL

TABEL	KETERANGAN	Hal.
Tabel 3.1	Level operator dalam <i>Stack</i>	29
Tabel 4.1	Daftar <i>sample</i> pola karakter	37
Tabel 5.1	Hasil normalisasi ukuran citra	60
Tabel 5.2	Hasil ekstraksi fitur pada citra	61
Tabel 5.3	hasil pengenalan pola per tiap karakter	63
Tabel 5.4	Proses konversi dari notasi <i>infix</i> ke notasi <i>postfix</i>	65
Tabel 5.5	Proses kalkulasi terhadap ekspresi matematika dalam bentuk notasi <i>postfix</i>	67
Tabel 5.6	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 21 data pelatihan dengan max epoh 10	70
Tabel 5.7	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 21 data pelatihan dengan max epoh 20	71
Tabel 5.8	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 21 data pelatihan dengan max epoh 30	72
Tabel 5.9	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 31 data pelatihan dengan max epoh 10	73
Tabel 5.10	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 31 data pelatihan dengan max epoh 20	74
Tabel 5.11	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 31 data pelatihan dengan max epoh 30	75
Tabel 5.12	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 51 data pelatihan dengan max epoh 10	76
Tabel 5.13	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 51 data pelatihan dengan max epoh 20	77
Tabel 5.14	Hasil pengujian per tiap karakter menggunakan 51 data pelatihan dengan max epoh 30	78

Tabel 5.15	Presentase keberhasilan pengenalan pola dari keseluruhan percobaan79	79
Tabel 5.16	Hasil pengujian pada ekspresi matematika	82

