

IDENTIFIKASI MINERALOGI UNTUK KLASIFIKASI BATUAN BEKU MENGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI GABOR WAVELET DAN LINIER DISCRIMINANT ANALYSIS (LDA) PADA CITRA DIGITAL

Mineralogy Identification for Igneous Rock Classification Using Gabor Wavelet and Linier Discriminant Analysis (LDA) on Digital Image

Rosa Chulia Rahmah¹, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA², Dr. Ir. Andri Slamet Subandrio, Dipl. Geol.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

³Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Universitas Padjadjaran

¹rosachuliarahmah@students.telkomuniversity.ac.id, ²bhidayat@telkomuniversity.co.id,

³andriissm@gmail.com

Abstrak

Sumber daya alam di bumi yang sangat penting bagi kehidupan manusia salah satunya yaitu batuan. Batuan terbentuk secara alami oleh satu atau beberapa jenis mineral yang terkandung didalamnya. Mineral merupakan unsur atau persenyawaan kimia yang terjadi secara alamiah. Mineral juga sebagai penyusun batuan dalam komponen pembangun fondasi bumi serta keraknya. Terdapat banyak jenis batuan tetapi dapat dikelompokkan menjadi 3 tipe dasar yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf.

Sampai saat ini ahli batuan geologi memiliki keterbatasan untuk mengidentifikasi mineralogi pada batuan. Maka dari itu, pada Tugas Akhir ini penulis membuat suatu perangkat lunak berbasis citra digital. Perangkat lunak ini dapat membantu mengidentifikasi dan mengklasifikasi dalam hal analisa tekstur dan juga persentase warna mineral yang difokuskan pada batuan beku. Tahapan ini berupa akuisisi citra digital yang kemudian dilakukan preprocessing, lalu ekstraksi ciri hingga dapat mengidentifikasi jenis batuan tersebut. Metode ekstraksi ciri yang digunakan yaitu Gabor Wavelet dengan klasifikasi Linear Discriminant Analysis (LDA).

Di dalam Tugas Akhir ini, penulis telah memilih citra mikroskopi terbaik untuk dilakukan pengujian dengan jumlah total 240 buah citra cross nikol dan 168 buah citra parallel nikol. Perbandingan data latih dan data uji yang digunakan adalah 70:30. Dari hasil penelitian, didapatkan kesimpulan bahwa kombinasi parameter Gabor Wavelet dengan orientasi dan level frekuensi tidak berpengaruh besar terhadap akurasi. Penerapan metode Gabor Wavelet dan klasifikasi LDA dalam mengidentifikasi jenis batuan beku citra mikroskopik mencapai tingkat akurasi 80.57% untuk cross nikol, sedangkan untuk parallel nikol tingkat akurasi mencapai 73.33%.

Kata Kunci : Jenis batuan, Mineral, Citra Digital, Gabor Wavelet, Linear Discriminant Analysis

Abstract

Natural resources on earth is essential for human life, one of them is rock. Rocks is formed naturally by one or several types of minerals. Minerals is an elements or chemical combination which occurred naturally. Mineral also as a constituent of rocks in the components of the foundation of the earth and its crust. There are so many types of rocks, but it can be grouped into 3 basic types such as volcanic rocks, sedimentary rocks, and rocks deform (metamorphic).

Nowadays, an expert geologist has the limitations of analyzing the mineralogy in the rocks. So, in this Final Project the author will make a software based on digital image. This will help to identified and classified in analyzing the texture and also percentage of minerals color in the rock which focused on igneous rock. The stage is about digital image acquisition which then implemented preprocessing and feature extraction to be able to identify the type of rock. The feature extraction method is using Gabor Wavelet with Linear Discriminant Analysis (LDA) classification.

In this Final Project, the outhor has choose the best microscopic images to testing with a total of 240 nicol cross images and 168 parallel nikol images. The comparative of training data and test data used is 70:30. The result of the research can be concluded that the combination of Gabor Wavelet parameters with orientation direction and frequency level has no great effect on accuracy. The application of Gabor Wavelet method and LDA classification in identifying microscopic type of igneous rocks has reached 80.57% accuracy for cross nikol, while for nikol parallel the accuracy rate reached 73.33%.

Keywords: Types of Rocks, Mineral, Digital Image, Gabor Wavelet, Linear Discriminant Analysis

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dasar geologi berasal dari dua suku kata Bahasa Yunani yaitu *geo* yang berarti bumi dan *logos* yaitu pengetahuan. Geologi mempunyai beberapa subbagian salah satunya yaitu mengenai mineral yang menyebabkan terjadinya batuan dipelajari dalam mineralogi. Mineral merupakan unsur atau persenyawaan-persenyawaan kimia yang terjadi secara alamiah dan sebagai penyusun batuan dalam komponen pembangun fondasi bumi serta keraknya [1]. Beberapa mineral tertentu langsung berasal dari magma, atau batuan yang mencair maupun dalam bentuk kerasnya membentuk batuan beku. Bentuk dan posisi mineral dalam batuan seringkali menunjukkan intensitas dan arah kekuatan-kekuatan yang pernah melanda mineral tersebut. Mineral dan benda padat asli lainnya baik alamiah maupun sintetis cenderung untuk membentuk kristal [1].

Sebagai ahli geologi, dalam mengidentifikasi jenis batuan menggunakan panca indra penglihatan masih memungkinkan adanya kesalahan. Bagi seorang amatir akan kesulitan untuk dapat mengidentifikasi setiap mineral. Penelitian ini akan difokuskan pada batuan beku. Beragam jenis batuan beku dapat dilihat dari tekstur dan citra warna mineralnya. Karena mata juga memiliki tingkat ketelitian dalam mengidentifikasi objek, maka perlu suatu alat bantu perbandingan tenaga ahli untuk memperkuat klasifikasi jenis batuan beku dengan waktu yang relatif singkat dan tingkat akurasi yang tinggi. Materialnya berupa pengolahan mikro image dan analisis dari bahan batuan beku dibawah lensa mikroskop polarisasi dengan citra yang di ambil secara *cross nikol* dan *parallel nikol*. Melalui proses pengolahan citra (*image processing*) menggunakan metode ekstraksi ciri *Gabor Wavelet* telah didapatkan suatu nilai yang merupakan ciri dari objek. Ciri yang didapat diproses dalam klasifikasi LDA untuk diklasifikasikan setiap objek ke dalam kelasnya masing-masing.

Pada penelitian [2], metode *Gabor Wavelet* dapat meminimalisasi dimensi citra yang digunakan sebagai proses ekstraksi ciri untuk mendapatkan ciri penting dari sebuah citra dan hasil proses tersebut menjadi inputan untuk klasifikasi LDA. Penelitian terhadap jenis batuan beku sebelumnya sudah diberlakukan dengan metode dan klasifikasi lainnya [3] [4] [5]. Pada penelitian kali ini juga menjadi pembanding pada penelitian sebelumnya untuk mendapatkan hasil akurasi yang terbaik dengan menggunakan metode dan klasifikasi lainnya. Penelitian sebelumnya dikondisikan citra tanpa overlap, sedangkan penelitian ini dikondisikan citra dengan overlap agar lebih detail dalam hal kinerja pada sistem tersebut.

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dicapai dalam Tugas Akhir ini yaitu dapat merancang sistem yang mampu mengidentifikasi mineralogi (tekstur dan warna) pada batuan beku serta mengklasifikasikan hasil ekstraksi ciri dari citra batuan menggunakan *Gabor Wavelet* dan LDA. Dapat menganalisis performansi sistem berdasarkan parameter yang ditetapkan terhadap pengujian citra mikroskopik batuan beku dari segi akuisisi *cross nikol* maupun *parallel nikol*. Dan dapat menganalisa hasil kerja sistem berdasarkan parameter untuk mendapatkan akurasi terbaik serta waktu komputasi.

1.3 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah terciptanya suatu sistem yang dapat memberikan identitas suatu batuan beku berdasarkan tekstur dan warna mineral. Dengan hal itu juga dapat membantu tenaga ahli untuk membandingkan keakuratan identifikasi dan klasifikasi jenis batuan beku dengan penglihatan konvensional maupun secara teknologi karena dengan program tingkat akurasi lebih terukur dan waktu relatif lebih singkat.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dan penelitian terkait, maka didapatkan beberapa masalah, yaitu:

1. Bagaimana cara merancang dan mengimplementasikan sistem yang mampu mengidentifikasi mineralogi (tekstur dan warna) untuk klasifikasi jenis batuan beku melalui ekstraksi ciri *Gabor Wavelet* dan klasifikasi LDA?
2. Bagaimana performansi sistem berdasarkan tingkat akurasi dan waktu komputasi yang diperoleh?
3. Parameter apa saja yang mempengaruhi hasil akurasi sistem tersebut?

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya pembahasan pada materi Tugas Akhir ini, maka penulis akan mencakup hal-hal berikut:

1. Bahan atau objek yang diamati adalah sayatan mineral batuan beku butiran halus dan butiran kasar.
2. Alat yang digunakan dalam pengamatan mineral secara mikroskopik adalah Mikroskopik Polarisasi.
3. Jenis kamera yang digunakan yaitu kamera DSLR Nikon D3100.
4. Metode ekstraksi ciri yang digunakan yaitu *Gabor Wavelet*.
5. Metode klasifikasi yang digunakan yaitu LDA.
6. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Aplikasi dan Pemodelan Geologi Geosains (LVG) di ITB.
7. Inputan sistem ini berupa citra batuan beku berupa file dengan format .jpg.

2. Landasan Teori

2.1 Batuan Beku

Batuan *igneus* (dari Bahasa Latin: *ignis*, "api") atau batuan beku adalah jenis batuan yang terbentuk dari magma. Magma tersebut mendingin dan mengeras, dengan atau tanpa proses kristalisasi, baik di bawah permukaan sebagai batuan intrusif (*plutonik*) maupun di atas permukaan sebagai batuan ekstrusif (*vulkanik*). Umumnya, proses pelelehan terjadi oleh salah satu dari proses-proses seperti kenaikan temperatur, penurunan tekanan, atau perubahan komposisi. Pengelompokan batuan beku berdasarkan susunan mineralogi. Gabro adalah batuan beku dalam, dimana sebagian besar mineral-mineralnya adalah olivine dan piroksin. Sedangkan felsparnya terdiri dari felspar Ca-plagioklas.

2.2 Mineral

Mineral merupakan unsur penyusun batuan. Mineral dapat didefinisikan sebagai suatu unsur atau persenyawaan kimia anorganik (tidak hidup) yang terjadi secara alamiah. Mineral dapat berwujud sebagai batuan, tanah, atau pasir yang didapatkan pada dasar sungai. Setiap mineral memiliki sifat optik yang berbeda, dari sisi tersebut dapat dipelajari sifat optik di tiap mineral agar dapat membedakan mineral satu dengan yang lainnya. Metode dalam mendeskripsikan sifat optik suatu mineral dengan pengaturan cahaya, yaitu *Parallel Nikol (Plane Polarized Light/PPL)* dan *Cross Nikol (Cross Polarized Light/XPL)*. [20]

2.3 Citra Digital

Citra merupakan suatu informasi berbentuk visual yang harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit agar dapat diolah dengan komputer. Representasi citra dari fungsi kontinyu menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi[7]. Citra yang dihasilkan inilah yang disebut citra digital (*digital image*). Citra digital didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ dengan x dan y adalah koordinat spasial dan f adalah amplitude di titik koordinat x,y yang menunjukkan derajat tingkat keabuan citra[12].

2.4 Gabor Wavelet

Gabor Wavelet merupakan suatu algoritma yang menggunakan metode ekstraksi ciri (*feature extraction*) untuk mengidentifikasi objek berdasarkan database citra yang ada. *Gabor Wavelet* memiliki tujuan untuk memunculkan ciri-ciri khusus dari citra yang telah dikonvolusi terhadap kernel[2]. Fungsinya, filter *spasial bandpass* yang optimum meminimalisasi ciri yang tidak penting dalam domain spasial dan frekuensi[20].

Ada enam parameter yang harus ditetapkan dalam implementasi filter Gabor. Keenam parameter tersebut adalah: F , θ , σ_x , σ_y , B_F , and B_θ . Frekuensi (F) dan orientasi (θ) mendefinisikan lokasi pusat filter. B_F dan B_θ menyatakan konstanta lebar pita frekuensi dan jangkauan angular filter. Variabel σ_x berkaitan dengan respon sebesar -6 dB untuk komponen frekuensi spasial. Variabel σ_y berkaitan dengan respon sebesar -6dB untuk komponen angular.

Adapun persamaan *Gabor Wavelet* yang digunakan pada Tugas Akhir ini [11]:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \exp(j2\pi Fx) \quad (2.1)$$

2.5 Linear Discriminant Analysis

Metode LDA bekerja dengan mencari cara efisien untuk merepresentasikan ruang vektor citra dengan memanfaatkan informasi setiap kelas. LDA merupakan suatu metode ekstraksi fitur dengan perpaduan dari perhitungan operasi matematika dan statistika yang memberlakukan properti statistik terpisah untuk tiap objek[9]. Fungsi LDA untuk melakukan klasifikasi objek ke dalam satu atau lebih kelas berdasarkan sejumlah ciri yang mewakili objek. Kemudian memasukkan sebuah objek ke dalam kelas yang sudah ditentukan sebelumnya berdasarkan observasi terhadap objek tersebut.

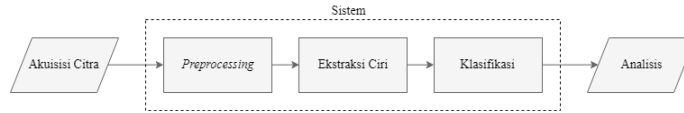
2.6 Diagram QAPF

Diagram QAPF adalah diagram segitiga bolak balik yang digunakan untuk mengklasifikasikan batuan beku berdasarkan komposisi mineralogi. QAPF merupakan kependekan dari Kuarsa, Alkali Feldspar, Plagioklas, dan Feldspathoid (Foid), yang merupakan grup-grup mineral yang digunakan untuk klasifikasi dalam diagram. Persentase Q, A, P, dan F dinormalisasi (dihitung ulang agar totalnya 100%).

3. Perancangan Sistem

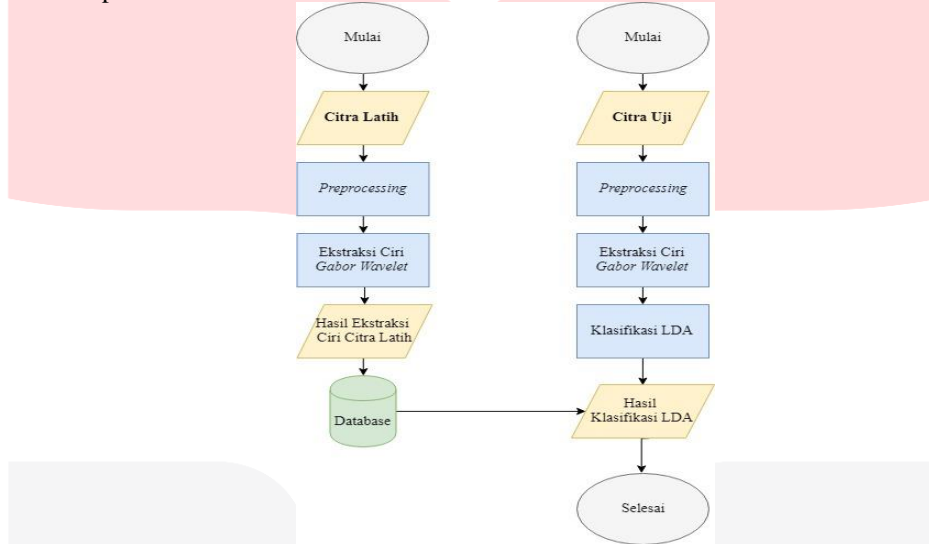
3.1 Gambaran Umum Sistem

Untuk memperkuat hasil klasifikasi batuan beku berdasarkan mineralogi yang dianalisis melalui pengamatan bersama ahli geologi, dibuat sebuah gambaran umum berbentuk blok diagram seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Umum Sistem

Pada diagram alur proses sistem identifikasi yang telah dirancang terdapat citra latih dan citra uji. Citra latih masuk ke tahap *preprocessing*, kemudian di ekstraksi ciri *Gabor Wavelet*, lalu didapatkan hasil ekstraksi ciri latih yang akan digunakan saat klasifikasi pada citra uji. Proses pada citra uji masuk ke tahap *preprocessing*, kemudian dilakukan ekstraksi ciri *Gabor Wavelet*, lalu didapat ciri ujinya yang kemudian akan dilihat kemiripannya dengan hasil ekstraksi ciri citra latih, dan selanjutnya akan dilakukan klasifikasi menggunakan LDA. Diagram alur proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



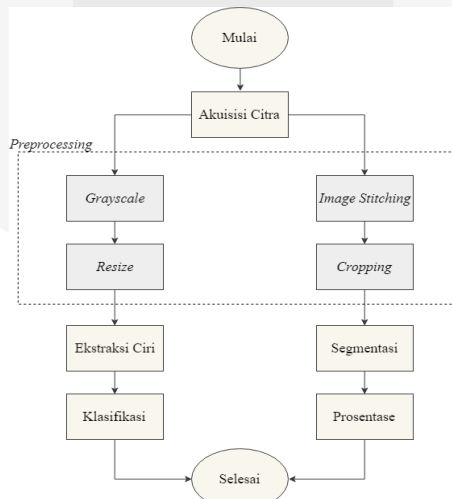
Gambar 3.2 Diagram alur proses identifikasi

3.2 Akuisisi Citra

Pada akuisisi citra mikroskopik menggunakan mikroskop petrografi Meret Leitz Westlar buatan Jerman tahun 1907. Dikembangkan oleh Dosen ITB (Institut Teknologi Bandung), Dr. Ir Andri Slamet Subandrio, Dipl.Geol. kurang lebih empat tahun terakhir dengan meningkatkan nilai fungsinya menjadi perangkat digital resolusi tinggi yang disebut Digital Enhanced System Camera on Old Microscope (DESCOM). Pada Gambar 3.3 pengambilan citra yang didapat berukuran 4496×3000 pixels dan terdapat sisi bagian overlap sekitar 25% antar citra satu dengan citra lainnya dengan format *.jpg.

3.3 Preprocessing

Preprocessing terbagi berdasarkan tekstur dan warna mineral. *Preprocessing* merupakan tahapan yang bertujuan untuk memperkecil atau memperbesar citra, serta melakukan konversi citra asli untuk meningkatkan kualitas dan menghasilkan citra yang diharapkan. Pada Gambar 3.3 merupakan diagram alur *preprocessing* yang terbagi menjadi 2 tahap:



Gambar 3.3 Diagram Alur *Preprocessing*

Pada tahap perancangan sistem *preprocessing* berdasarkan tekstur, citra berwarna diubah ke layer *grayscale* dan di *resize* dengan tujuan untuk menyederhanakan dan citra inputan mempunyai ukuran resolusi yang sama. Sedangkan berdasarkan warna mineral, citra yang diambil berupa citra overlap, sehingga digunakan teknik *image stitching* untuk menyatukannya dan menghasilkan satu citra *panoramic*.

3.4 Ekstraksi Ciri

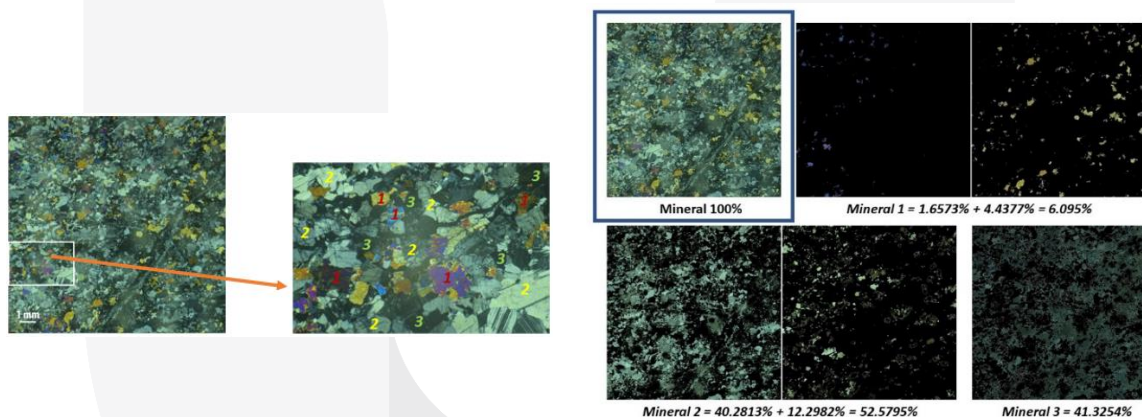
Tahapan ekstraksi ciri bertujuan untuk mendapatkan informasi penting dari sebuah citra yang memiliki karakteristik berbeda antara suatu citra dengan citra lainnya. Hasil ekstraksi ciri *Gabor Wavelet* sangat dipengaruhi oleh parameter orientasi, frekuensi, dan ukuran kernel[17]. Setiap pasangan frekuensi dan orientasi yang digunakan akan menghasilkan sebuah ciri penting. Masukan untuk proses ekstraksi ciri adalah hasil dari *preprocessing*.

3.5 Klasifikasi LDA

Masukan pada tahapan klasifikasi menggunakan metode LDA berupa vektor ciri yang telah diperoleh dari hasil proses ekstraksi ciri *Gabor Wavelet*. Keluarannya bernilai skalar yang berfungsi sebagai kelas paling memungkinkan terhadap identitas dari pemilik ciri berdasarkan hasil ekstraksi ciri pada proses sebelumnya. Tahap klasifikasi ini dilakukan pada citra latih dan citra uji karena proses ini memerlukan data latih untuk menentukan hasil yang akan dikeluarkan pada data uji. Proses Klasifikasi LDA dikelompokkan jika data uji mendekati data latihnya maka tahapannya selesai, namun jika data uji tidak cocok maka kembali lagi pada tahap awal untuk diklasifikasi ulang.

3.6 Segmentasi dan Presentase Mineral

Setelah tahapan *preprocessing*, citra yang di jadikan *panoramic* menggunakan teknik *image stitching* dan di *cropping* diambil bagian citra terbaiknya, kemudian citra tersebut di segmentasi berdasarkan warna mineral. Setiap sayatan batuan yang terdapat di preparat memiliki warna mineral yang berbeda-beda. Dimana satu sayatan diambil 3 mineral utama yang akan dihitung persentase warna mineral di dalam sayatan batuan baku seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pengambilan 3 mineral utama dan presentase mineral

4. Analisis dan Hasil Performansi

4.1 Skenario Pengujian

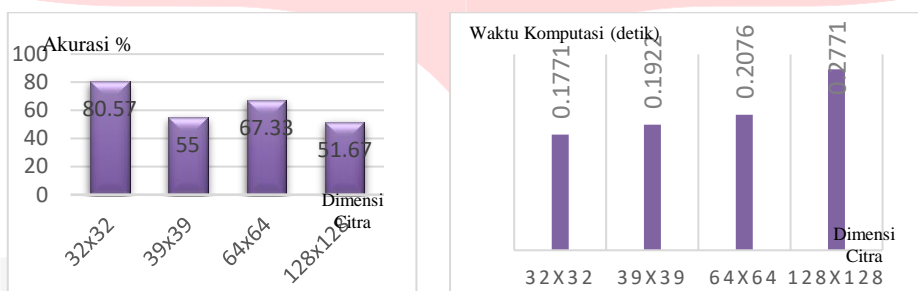
1. Akuisisi citra cross nikol menggunakan kamera DSLR Nikon D3100 dengan pengaturan ISO 200 dan shutter speed 1/25 yang dihubungkan ke mikroskop petrografi.
2. Akuisisi citra parallel nikol menggunakan kamera DSLR Nikon D3100 dengan pengaturan ISO 200 dan shutter speed 1/100 yang dihubungkan ke mikroskop petrografi.
3. Data latih pada citra cross nikol yang digunakan sebanyak 30 citra untuk 6 jenis batuan beku dengan total 180 citra.
4. Data uji pada citra cross nikol yang digunakan sebanyak 10 citra untuk 6 jenis batuan beku dengan total 60 citra.
5. Data latih pada citra parallel nikol yang digunakan sebanyak 20 citra untuk 6 jenis batuan beku dengan total 120 citra.
6. Data uji pada citra parallel nikol yang digunakan sebanyak 8 citra untuk 6 jenis batuan beku dengan total 48 citra.
7. Penggunaan parameter Gabor Wavelet yang diuji yaitu skala frekuensi 4, 5, 6, dan 7 dengan kombinasi orientasi 6, 7, 8, dan 9.

8. Penggunaan dimensi jumlah baris dan kolom dalam matriks, dengan ukuran dimensi citra yang diuji yaitu 32x32, 39x39, 64x64, 128x128 dan nilai tetap downsampling 256x256.
9. Pengujian untuk memperoleh tingkat akurasi terbaik tekstur dengan mengubah parameter dari metode Gabor Wavelet yang menjadi inputan untuk klasifikasi LDA.
10. Pengujian untuk mengidentifikasi warna mineral pada ternary plot dari hasil citra yang di jadikan panoramic menggunakan teknik image stitching dan cropping diambil bagian citra terbaiknya, kemudian citra tersebut di segmentasi berdasarkan warna mineral untuk didapatkan persentasenya.

4.2 Hasil Pengujian dan Analisis

4.2.1 Pengujian Pengaruh Dimensi Citra Terhadap Citra Batuan Beku Mikroskopik *Cross Nikol*

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh ukuran dimensi citra terhadap akurasi dan waktu komputasi sistem. Dimensi merupakan jumlah baris dan kolom dalam matriks, ukuran dimensi citra yang diuji yaitu 32x32, 39x39, 64x64, 128x128 dengan menggunakan parameter gabor skala frekuensi 7 dan orientasi 7, nilai *downsampling* 256x256.

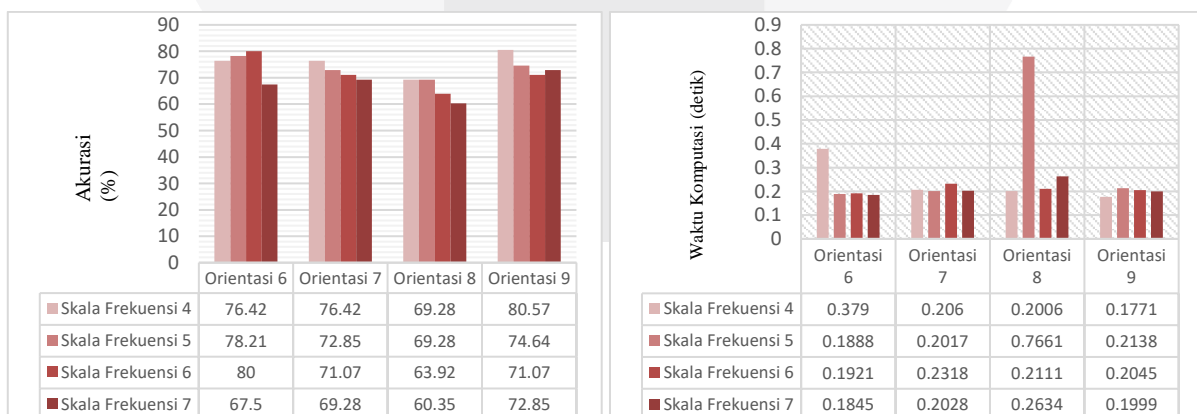


Gambar 4.1 Grafik Tingkat Akurasi dan Waktu Komputasi Terhadap Dimensi Citra *Cross Nikol*

Pada Gambar 4.1 menunjukkan grafik perbandingan nilai akurasi maksimum yang didapatkan pada tiap dimensi citra dalam mengidentifikasi citra *cross nikol*. Diperoleh nilai akurasi tertinggi sebesar 80.57% untuk dimensi 32x32 dengan waktu komputasi 0.1771 detik. Dimensi citra berbanding lurus dengan waktu komputasi, semakin besar dimensi citra maka semakin besar pula waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses ekstraksi, begitu pula sebaliknya.

4.4.2 Pengujian Pengaruh Skala dan Orientasi Gabor terhadap Citra Batuan Beku Mikroskopik *Cross Nikol*

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh parameter skala frekuensi dan orientasi pada *Gabor Wavelet*. Nilai yang diuji yaitu skala frekuensi (4, 5, 6, dan 7) dikombinasikan dengan orientasi (6, 7, 8, dan 9). Pengujian ini menggunakan dimensi citra 32x32 *pixel*, nilai *downsampling* 256.

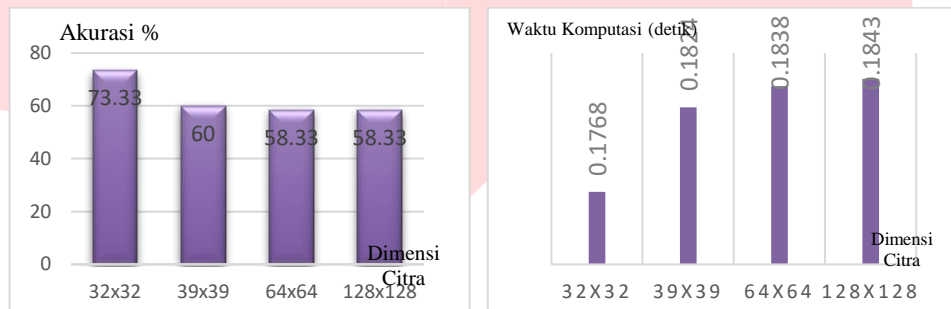


Gambar 4.2 Grafik Tingkat Akurasi dan Waktu Komputasi Terhadap Skala dan Orientasi Gabor

Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik perbandingan nilai akurasi maksimum yang didapatkan pada tiap skala dan orientasi dalam mengidentifikasi citra *cross nikol*. Nilai akurasi terbaik yaitu 80.57% dengan waktu komputasi yang di dapat sebesar 0.1771 detik ditunjukkan oleh nilai parameter skala 4 dan orientasi 9.

4.4.3 Pengujian Pengaruh Dimensi Citra Terhadap Citra Batuan Beku Mikroskopik *Parallel Nikol*

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh ukuran dimensi citra terhadap akurasi dan waktu komputasi sistem. Dimensi merupakan jumlah baris dan kolom dalam matriks, ukuran dimensi citra yang diuji yaitu 32x32, 39x39, 64x64, 128x128 dengan menggunakan parameter gabor skala frekuensi 7 dan orientasi 7, nilai *downsampling* 256.



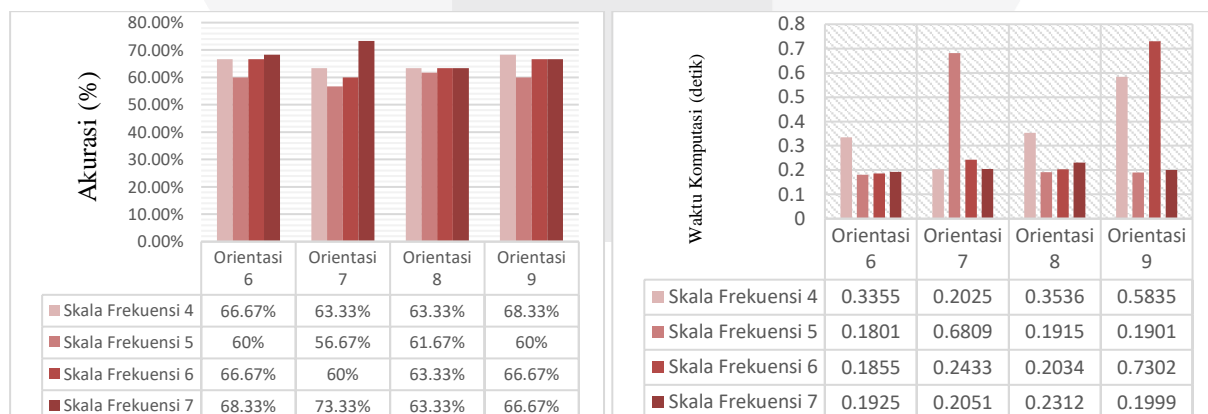
Gambar 4.3 Grafik Tingkat Akurasi dan Waktu Komputasi Terhadap Dimensi Citra *Parallel Nikol*

Pada Gambar 4.3 menunjukkan grafik perbandingan nilai akurasi maksimum yang didapatkan pada tiap dimensi citra dalam mengidentifikasi citra batuan beku *parallel nikol*. Diperoleh nilai akurasi tertinggi sebesar 73.33% untuk dimensi 32x32 dengan waktu komputasi 0.1768 detik. Dimensi citra berbanding lurus dengan waktu komputasi, semakin besar dimensi citra maka semakin besar pula waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses ekstraksi, begitu pula sebaliknya.

4.4.4 Pengujian Pengaruh Skala dan Orientasi Gabor terhadap Citra Batuan Beku Mikroskopik *Parallel Nikol*

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh parameter frekuensi dan orientasi pada *Gabor Wavelet*. Nilai yang diuji yaitu skala frekuensi (4, 5, 6, dan 7) dikombinasikan dengan orientasi (6, 7, 8, dan 9). Pengujian ini menggunakan dimensi citra 32x32 *pixel*, nilai *downsampling* 256.

Pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik perbandingan nilai akurasi maksimum yang didapatkan pada tiap skala dan orientasi dalam mengidentifikasi citra *cross nikol*. Nilai akurasi terbaik yaitu 80.57% dengan waktu komputasi yang di dapat sebesar 0.1771 detik ditunjukkan oleh nilai parameter skala 4 dan orientasi 9.



Gambar 4.4 Grafik Tingkat Akurasi dan Waktu Komputasi Terhadap Skala dan Orientasi Gabor

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian tekstur, saat data yang dimasukkan semakin banyak maka kondisi perbedaan antar data akan semakin sedikit. Hal ini akan menyebabkan percampuran antar data yang dapat menambah tingkat kesalahan dan mengurangi tingkat akurasi. Sehingga dimensi dari data sangat mempengaruhi performansi dari klasifikasi LDA.
2. Penerapan metode Gabor Wavelet dan klasifikasi LDA untuk tekstur dalam mengidentifikasi jenis batuan beku citra mikroskopik mencapai tingkat akurasi 80.57% dengan waktu komputasi 0.1771 detik pada cross nikol, sedangkan pada parallel nikol tingkat akurasi mencapai 73.33% dengan waktu komputasi 0.1768 detik. Kombinasi parameter *Gabor Wavelet* dengan sudut orientasi dan level frekuensi tidak berpengaruh besar terhadap akurasi baik diamati menggunakan citra *cross nikol* maupun *parallel nikol*.
3. Performansi terbaik untuk identifikasi citra batuan beku mikroskopik cross nikol diperoleh dari hasil pengujian adalah ukuran citra 32x32, parameter gabor skala 4 dan orientasi 9, nilai downsampling 256.
4. Performansi terbaik untuk identifikasi citra batuan beku mikroskopik parallel nikol diperoleh dari hasil pengujian adalah ukuran citra 32x32, parameter gabor skala 7 dan orientasi 7, nilai downsampling 256.
5. Hasil akurasi yang diperoleh dapat disebabkan karena pengambilan data yang kurang teliti, pencahayaan yang ditangkap tidak stabil sehingga hasil data yang diambil pun tidak selaras dengan data-data lainnya.
6. Hasil pengujian warna untuk segmentasi dan persentase warna mineral yang di tampilkan pada ternary plot, akan ditentukan kembali detail informasinya mengenai batuan dan mineral oleh ahli geologi.

Daftar Pustaka

- [1] F. H. Pough, Ilmu Pengetahuan Populer: Mineral dan Batuan, Jakarta: PT. Ikrar Mandiriabadi, 2004.
- [2] Jonathan Paraousia, Peter, Identifikasi Tanda Tangan menggunakan Metode Filter Gabor Wavelet dan Algoritma Propagasi Balik Lavenberg Marquardt, Bandung: IT Telkom, 2011.
- [3] M. Muliani, Klasifikasi Jenis Batuan Beku Berdasarkan Tekstur Dengan Metode Transformasi Curvelet dan K-Nearest Neighbor (K-NN), Bandung: Telkom University, 2014.
- [4] S. Nugroho, Identifikasi Jenis Batuan Beku Melihat Tekstur Batuan Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) dan K-Nearest Neighbor (KNN), Bandung: Universitas Telkom, 2014.
- [5] A. Rizki, Identifikasi dan Klasifikasi Jenis Batuan Beku Berdasarkan Tekstur Batuan Menggunakan Discrete Cosine Transform (DCT) dan K-Nearest Neighbor (K-NN) Pada Citra Digital, Bandung: Universitas Telkom, 2014.
- [6] P. Geologi, "Mineral dan Batuan 3.1," no. 1, pp. 53-78, 2009.
- [7] C. Solomon and T. Breckon, *Fundamentals of Digital Image Processing*, 1st ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- [8] Kadir, Abdul dan Susanto, Adhi, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Yogyakarta: ANDI, 2013.
- [9] A. Scholahuddin, R. E. Siregar, I. Supriana, and S. Hadi, "Penerapan Metode Linier Discriminant Analysis Pada Pengenalan Wajah Berbasis Kamera," no. October 2016, 2010.
- [10] A. Rachmad, "Ekstraksi Fitur Menggunakan Metode Lda Dan Pemilihan Eigen Value Pada Cacat Kertas Duplek," vol. 3, no. 3, pp. 142-149, 2013.
- [11] T. T. Quirke, Ilmu Pengetahuan Populer: Lapisan Kerak Bumi, Jakarta: PT. Ikrar Mandiriabadi, 2004.
- [12] Putra, Darma, *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: Andi, 2010.
- [13] M. S, *Pengolahan Citra & Video Digital*, Jakarta: Erlangga, 2016.
- [14] A. L. Streckeisen, "Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonates and Melilitic Rocks. Recommendations and Suggestions. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen," IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, vol. 141, pp. 1-14, 1978.
- [15] Adiwijaya, *Aplikasi Matriks dan Ruang Vektor*, Graha Ilmu, 2014.
- [16] C. Adak, *Gabor Filter and Rough Clustering Based Edge Detection*, Department of Computer Science and Engineering University of Kalyani, 2014.
- [17] I. Daubechies, *The Wavelet Transform, Time Frequency Localization And Signal Analysis*, IEEE Trans, Information Theory 36 (1990)961-1005, 1990.
- [18] E. Prasetyo, *Pengolahan Citra Digital Dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*, Yogyakarta: Andi: Andi, 2011.
- [19] <https://just-for-us-buddy.blogspot.co.id/2010/05/jenis-jenis-citra-yang-dapat-diolah.html>. [Online].
- [20] A. D. H. L. S. Johannes Hutabarat, "Petrografi Batuan Beku Vulkanik Bawah Laut Kompleks Gunung Komba, Laut Flores, Indonesia," *Bulletin of Scientific Contribution*, vol. 4, pp. 62-67, Januari 2006.