

IDENTIFIKASI TEKSTUR DAN WARNA MINERAL UNTUK KLASIFIKASI BATUAN BEKU DENGAN MENGGUNAKAN METODE *HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT* DAN *LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS*

TEXTURE AND COLOR IDENTIFICATION OF IGNEOUS ROCKS USING HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT AND LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS

Faber Tommy Johannes N¹, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA², Dr. Ir. Andri Slamet Subandrio, Dipl.Geol³

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

³Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

¹fabertommy@student.telkomuniversity.ac.id, ²bhidayat@telkomuniversity.co.id,

³andrisssm@gmail.com

Abstrak

Batuan terdiri dari tiga jenis, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Para ahli petrologi pada saat ini diharuskan untuk dapat mengidentifikasi dan menentukan komponen mineral apa saja yang terdapat dalam batuan. Hal inilah yang menjadi latar belakang topik tugas akhir penulis untuk membuat suatu sistem yang mampu untuk membantu para ahli petrologi supaya dapat mengidentifikasi dan menentukan komponen mineral pada batuan dengan lebih cepat dan lebih tepat. Sistem yang dibuat penulis menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* dan *Linear Discriminant Analysis*. Dari hasil pengujian diperoleh nilai akurasi dari sistem. Dengan menggunakan metode ekstraksi *Histogram of Oriented Gradient* dengan ukuran dimensi blok = 2 diperoleh nilai akurasi sebesar 79.12 % untuk data citra *parallel* dan akurasi sebesar 73.99 % untuk data citra *cross* nikol.

Kata kunci: Batuan, *Histogram of Oriented Gradient*, *Linear Discriminant Analysis*

Abstract

Rock consists of three types, namely igneous rocks, sedimentary rocks, and metamorphic rocks. Petrological experts are now required to identify and determine what mineral components are present in the rock. This is the background of the author's final project to create a system capable of helping petrologists to better identify and determine mineral components in rocks more quickly and more precisely. The system created by the author using the method of *Histogram of Oriented Gradient* and *Linear Discriminant Analysis*. From the test results obtained the accuracy of the system. By using *Histogram of Oriented Gradient* extraction method with block dimension size = 2, the accuracy value of 79.12% for parallel image and accuracy is 73.99% for cross image of nikol.

Keywords: Rock, *Histogram of Oriented Gradient*, *Linear Discriminant Analysis*

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Batuan sebagai penyusun utama bumi memiliki jumlah yang melimpah. Segala unsur kehidupan manusia tidak bisa terlepas dari kebutuhan akan batuan. Di bumi ini batuan dibagi menjadi kelompok besar, batuan beku, batuan sedimen, dan batuan malihan atau metamorfis. Dalam batuan-batuan tersebut terdapat mineral, yaitu unsur-unsur kimiawi dalam perbandingan tertentu, dimana atom-atom didalamnya tersusun mengikuti suatu pola yang sistimatis [1]. Dari mineral-mineral inilah dapat diketahui kandungan yang terdapat pada batuan tersebut. Para ahli Petrologi yang mempelajari tentang batuan dan proses pembentukan serta kejadiannya mampu mengklasifikasi dan mengidentifikasi jenis-jenis batuan berdasarkan ilmu yang mereka miliki. Namun, dalam melakukannya masih terbatas dengan cara cara konvensional. Untuk membantu para ahli Petrologi, penulis telah membuat sebuah sistem yang dapat mendeteksi batuan beku berdasarkan kandungan (mineral) yang terdapat di dalamnya dan mengklasifikasikan jenis batuan tersebut. Dalam sistem pendeteksiannya penulis menggunakan cara untuk mengolah data berupa citra digital dengan metode ekstraksi ciri *Histogram of oriented Gradient (HOG)* dan untuk pengklasifikasiannya digunakan metode *Linier Discriminant Analysis (LDA)*.

1.2 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mampu membuat suatu sistem berbasis *Matlab* yang dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasi batuan beku berdasarkan persentase mineral dalam batuan dengan ekstraksi fitur citra menggunakan metode klasifikasi LDA dan ekstraksi ciri HOG.
2. Mampu melakukan analisis berupa waktu komputasi (kinerja sistem yang dirancang) atau akurasi untuk mengklasifikasi batuan beku berdasarkan persentase mineral dalam batuan.
3. Menganalisa performansi sistem identifikasi yang telah dibuat berdasarkan hasil akurasi yang dihasilkan oleh sistem.

1.3 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk membantu para ahli petrologi / geologi dalam melakukan klasifikasi batuan, khususnya batuan beku.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan Masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem berbasis matlab yang bisa mendeteksi batuan menggunakan ekstraksi ciri *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dan mengklasifikasikan batuan berdasarkan persentase mineral dalam batuan menggunakan metode *Linear Discriminant Analysis* (LDA) ?
2. Bagaimana kelayakan deteksi dan klasifikasi batuan berdasarkan analisis kinerja sistem yang telah dirancang ?
3. Parameter apa saja yang dapat mempengaruhi nilai akurasi dari sistem ?.

1.5 Batasan Masalah

Berikut Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

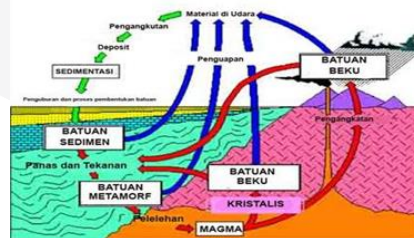
1. Perancangan sistem dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Matlab* versi R2017a.
2. Batuan yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah batuan beku yang terdiri dari batuan granit, batuan basalt, dan batuan andesit.
3. Bahan penelitian merupakan foto batuan beku secara mikroskopis sebanyak 24 kelas yang terdiri dari batuan granit, batuan basalt, dan batuan andesit yang diperoleh dari Laboratorium Aplikasi dan Pemodelan Geologi dan Geo-Sains (LVG) Institut Teknologi Bandung.
4. Format citra digital batuan beku merupakan file digital dalam bentuk *.jpg
5. Metode yang digunakan adalah metode ekstraksi ciri *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dan metode klasifikasi *Linear Discriminant Analysis* (LDA)
6. *Output* sistem yang diharapkan yaitu identifikasi jenis batuan beku & persentase mineral yang terdapat pada batuan beku, sehingga pengguna sistem dapat mengetahui persentase mineral dalam batuan granit, batuan basalt, dan batuan andesit.
7. Parameter performansi sistem berdasarkan waktu komputasi sistem dan akurasi.

2 Landasan Teori

2.1 Batuan

Batuan dalam istilah Geologi merupakan masa padat yang terdapat pada kumpulan satu atau lebih mineral sebagai pembentuk kerak bumi, dimana masa kerak bumi yang kompak dengan tekstur yang keras (*Hard*) maupun sedang (*Semi Hard*). Definisi mineral adalah suatu senyawa anorganik yang terbentuk secara alamiah, bersifat padat, serta mempunyai komposisi kimia dan struktur dalam tertentu [2].

Batu memiliki siklus sehingga jumlah batuan di bumi tidak akan habis. Siklus batuan merupakan suatu proses yang menggambarkan perubahan dari magma yang membeku akibat pengaruh cuaca hingga menjadi batuan beku, kemudian sedimen, batuan sedimen dan batuan metamorphic hingga akhirnya berubah menjadi magma kembali.



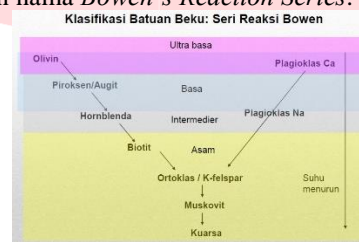
Gambar 2.1 Siklus Batuan [2]

Mekanisme siklus batuan yaitu magma mengalami proses siklus pendinginan, kemudian terjadi kristalisasi membentuk batuan beku pada siklus ini, Ketika batu didorong jauh di bawah permukaan bumi, maka batuan dapat

melebur menjadi magma. Kemudian batuan beku tersebut mengalami pelapukan, tererosi, terangkut dalam bentuk larutan ataupun tidak terlarut, diendapkan, sedimentasi membentuk batuan sedimen. Selain itu, ada juga yang langsung mengalami perubahan bentuk menjadi *metamorf* saat siklus terjadi. Kemudian pada siklus ini, batuan sedimen dapat mengalami perubahan baik secara kontak, *dynamo* dan hidrotermik akan mengalami perubahan bentuk dan menjadi metamorf. Siklus selanjutnya, batuan *metamorf* yang mencapai lapisan bumi yang bersuhu tinggi, sehingga berubah lagi menjadi magma melalui proses magmatisasi. Setelah mengalami siklus mulai dari magma tadi, batuan akan berubah bentuk dan jenisnya menjadi batuan beku, batuan *metamorf* dan batuan sedimen kemudian menjadi magma kembali jika terdorong kedalam bumi, lalu meleleh [3].

2.1.1 Batuan Beku

Batuan beku merupakan jenis batuan yang terbentuk dari magma yang mengeras dan mendingin, dengan atau tanpa proses kristalisasi, baik di atas permukaan sebagai batuan ekstrusif (vulkanik) maupun di bawah permukaan sebagai batuan intrusif (plutonik) [2]. Dalam batuan beku kita dapat mengetahui istilah penghabluran. Penghabluran merupakan peristiwa dimana mineral-mineral akan terbentuk pada saat magma mengalami penurunan suhu, akibat perjalanan magma ke permukaan bumi [4]. Berdasarkan penghabluran mineral silikat (magma), komposisi magma berubah sifat dari basaltis menuju andesitik, lalu rhyolitik. N.L. Bowen (1887-1956) menyusun suatu seri yang terkenal dengan nama *Bowen's Reaction Series*.



Gambar 2.2 Bowen's Reaction Series[4]

2.2 Citra Digital

Citra merupakan istilah lain dari gambar, yang mana merupakan informasi berbentuk visual. Citra dapat diperoleh dari penangkapan kekuatan sinar yang dipantulkan objek [5]. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik atau bersifat optik berupa foto. Citra adalah suatu fungsi intensitas 2 dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y merupakan koordinat spasial dan f pada titik (x,y) adalah tingkat kecerahan (*brightness*) citra pada suatu titik. Citra digital merupakan citra $f(x,y)$ yang telah dilakukan digitalisasi citra, baik secara koordinat area ataupun secara *brightness level*. Nilai f pada koordinat (x,y) menunjukkan *brightness* atau *grayness level* dari citra pada titik tersebut [5].

2.3 Histogram of Gradient

Histogram of Oriented Gradient (HOG) merupakan sebuah metode yang digunakan dalam pemrosesan citra yang mempunyai tujuan untuk mendeteksi suatu objek. Teknik ini menghitung nilai suatu *gradient* pada daerah tertentu dalam suatu citra. Setiap citra memiliki karakteristik yang ditunjukkan oleh *gradient distribution* [6]. Karakteristik ini didapatkan dengan cara membagi citra kedalam daerah kecil atau biasa disebut *cell*. Setiap *cell* disusun sebuah histogram dari sebuah *gradient*.

2.4 Linear Discriminant Analysis

Metode *Linear Discriminant Analysis* bertugas dengan mencari cara efisien untuk dapat merepresentasikan ruang vektor citra, melalui pemanfaatan informasi yang ada pada setiap kelas. *Linear Discriminant Analysis* adalah metode ekstraksi fitur dengan perpaduan yang bersumber dari perhitungan operasi matematika dan statistika yang memperlakukan properti statistik yang terpisah untuk setiap bagian objek [7]. Kegunaan *Linear Discriminant Analysis* adalah untuk dapat melakukan klasifikasi objek ke dalam satu atau lebih kelas, berdasarkan beberapa ciri yang mewakili objek yang ada. Lalu memasukkan sebuah objek yang ada ke dalam kelas yang sudah disepakati sebelumnya berdasarkan pengamatan terhadap objek. *Linear Discriminant Analysis* bertujuan supaya dapat memaksimalkan matriks kovarian dalam kelas (*between-class covariance matrix*) serta meminimalkan matriks kovarian dalam kelas (*withinclass covariance matrix*), sehingga dapat terkumpul penyebarannya dan kemudian dapat meningkatkan keberhasilan pengenalan suatu objek [7].

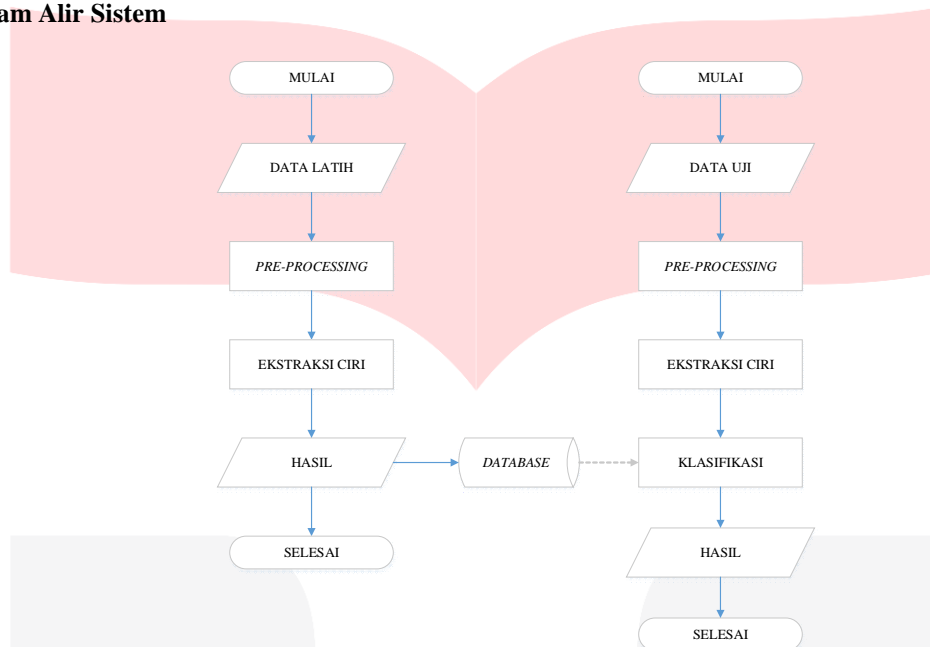
3. Perancangan Sistem

3.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem yang dibuat oleh penulis merupakan aplikasi berbasis MATLAB, penulis telah melakukan penelitian mengenai parameter – parameter yang menghasilkan nilai akurasi terbaik dalam melakukan klasifikasi jenis batuan beku. Dalam melakukan klasifikasi batuan, ada 2 proses yang harus dilakukan terlebih dahulu yaitu, yang pertama

membuat database batuan beku berdasar pada data citra latih menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* untuk mendapat ciri batuan. Dan yang kedua mencari ciri batuan menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* pada data citra uji kemudian diklasifikasikan menggunakan metode *Linear Discriminant Analysis*. Namun sebelum data citra latih atau uji dapat diproses, data – data tersebut sebelumnya harus melawati tahap *pre-processing* terlebih dahulu. Data uji dan data latih yang digunakan ada 2 macam yaitu *Parallel Nicol* dan *Cross Nicol*. Data yang digunakan sebanyak 265 citra latih digital *cross nicol* dan 277 citra latih digital *parallel nicol*, serta data uji sebanyak 173 citra digital *cross nicol* dan 182 citra digital *parallel nicol*.

3.2 Diagram Alir Sistem



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

3.3 Pre-processing

Sebelum data latih dan data uji dapat diolah untuk diambil karakteristik cirinya menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* terlebih dahulu harus melewati proses *pre-processing*. Pada proses ini data – data latih dan uji akan di *resize* kemudian dikonversi dari citra RGB (berwarna) menjadi citra *grayscale*.

3.4 Ekstraksi Ciri

Pada proses ekstraksi ciri, dilakukan proses pengambilan ciri dari sebuah citra yang dapat merepresentasikan karakteristik dari sebuah objek. Pada proses ekstraksi ciri, hasil pada citra *pre-processing* selanjutnya dilakukan proses sebagai berikut :

1. Menentukan *block* dan *cell* pada citra
2. Kemudian melakukan proses komputasi *gradient magnitude* dan orientasi pada tekstur batuan beku.
3. Menentukan bin orientasi untuk mendapatkan *histogram*-nya.
4. Melakukan normalisasi *block* pada nilai *gradient* yang telah dihitung.
5. Perhitungan Lalu melakukan perhitungan *histogram* untuk setiap *cell*. Setelah seluruh *histogram* dari *cell* yang ada membentuk vektor ciri, hasil keluaran ekstraksi ciri selanjutnya akan diproses pada tahap klasifikasi dan identifikasi

3.5 Klasifikasi LDA

Pada proses klasifikasi ini dilakuan pengambilan data dari proses sebelumnya, yaitu proses ekstraksi ciri untuk selanjutnya dilakukan proses LDA agar didapatkan representasi nilai citra latih dan citra uji.

Pada proses klasifikasi ini memiliki beberapa tahap dalam prosesnya yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan rata-rata (*mean*) pada setiap sampel yang diuji
2. Menentukan matriks kovarian pada pada setiap sampel uji yang telah diselisih oleh rata-rata sampel yang bersangkutan.
3. Dari matriks kovarian yang didapat diambil *Scatter within class* (S_w) untuk didapatkan perbedaan di dalam kelas tiap sampelnya dan diambil *scatter between class* (S_b) untuk didapatkan perbedaan antar kelas tiap sampelnya.

4. Setelah didapatkan nilai S_w dan S_b dilakukan pencarian nilai *eigen* agar didapat proyeksi optimal untuk memberikan hasil yang maksimal dimana persebaran dalam kelas diminimalisasi dan persebaran antara kelas dimaksimalkan.
5. Dari nilai nilai tersebut sehingga didapatkan *output* klasifikasi yang diharapkan.

4. Analisis dan Hasil Performansi

4.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian terhadap metode klasifikasi adalah menguji dan menganalisis performansi metode untuk mengidentifikasi jenis mineral yang telah dirancang. Pada proses pengujian bertujuan:

1. Menganalisis pengaruh parameter ukuran citra, dimensi HOG, dan nilai bin histogram HOG pada proses ekstraksi ciri terhadap akurasi identifikasi jenis mineral pada foto *cross* dan *parallel*.
2. Menganalisis pengaruh banyak data pada setiap kelas pada proses pembangunan model LDA terhadap akurasi identifikasi jenis mineral pada foto *cross* dan *parallel*.

4.2 Skenario Pengujian

Berdasarkan tujuan pengujian maka skenario pengujian untuk menguji dan menganalisis performansi metode untuk mendeteksi mengidentifikasi jenis mineral adalah sebagai berikut :

1. Proses ekstraksi ciri memiliki beberapa parameter yang mempengaruhi kinerja dari proses identifikasi jenis mineral pada foto *cross* dan *parallel*, yaitu:
 - a. Parameter ukuran *resize* citra.
 - b. Parameter blok dimensi HOG.
 - c. Parameter nilai bin histogram dari HOG.
 Kombinasi parameter pada pengujian berikut adalah :
 - a. Parameter ukuran *resize*: 128×128, 256×256, 512×512, 1024×1024.
 - b. Parameter blok dimensi HOG: 2, 3, 4.
 - c. Parameter nilai bin histogram dari HOG: 3, 6, 9.

4.3. Hasil Pengujian dan Analisis

4.3.1 Hasil pengujian terhadap pengaruh parameter ekstraksi ciri terhadap akurasi identifikasi jenis mineral

Berikut ini adalah data hasil pengujian dari skenario 1, untuk mencari parameter terbaik pada proses ekstraksi ciri yang paling optimal terhadap akurasi persamaan 4.1. Tabel 4.1 merupakan hasil akurasi klasifikasi secara keseluruhan dari 173 data uji. Tabel 4.1 merupakan hasil akurasi hasil klasifikasi secara keseluruhan dari 182 data uji untuk data *parallel*. Pengujian ini melakukan perubahan kombinasi nilai ukuran *resize* citra. Pengujian menggunakan blok dimensi HOG sebesar 2, dan nilai bin histogram dari HOG sebesar 6.

Tabel 4.1 Akurasi parameter ukuran citra *cross*

Ukuran Citra	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi (%)
128	173	93	53.76
256	173	104	60.12
512	173	122	70.52
1024	173	123	71.10

Berdasarkan tabel 4.1, terlihat bahwa perubahan akurasi bergerak naik pada saat perubahan ukuran *resize* citra diperbesar. Hasil ini dikarenakan semakin besar ukuran *resize* pola ciri untuk kelas jenis mineral semakin baik dan lebih detail. Hal sama juga pada citra *parallel* yang ditunjukkan pada table 4.2.

Tabel 4.2. Akurasi parameter ukuran citra *parallel*

Ukuran Citra	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi (%)
128	182	109	59.89
256	182	127	69.78
512	182	129	70.88
1024	182	133	73.08

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap parameter blok dimensi HOG. Dari hasil table 4.1 nilai parameter ukuran *resize* citra yang terbaik adalah 1024×1024. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.2.

Tabel 4.1 Pencarian parameter blok dimensi HOG citra *cross*

Dimensi Blok HOG	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi (%)
2	173	128	73.99
3	173	123	71.10
4	173	108	62.43

Hasil pengujian terhadap ukuran blok dimensi HOG yang digunakan pada proses ekstraksi ciri dilaporkan pada tabel 4.3 menunjukkan akurasi terbaik pada ukuran blok 2. Nilai akurasi semakin menurun saat nilai ukuran diperbesar berarti detail dari ciri HOG menjadi semakin buruk. Hal yang sama juga terjadi untuk data citra *parallel* yang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Pencarian parameter blok dimensi HOG citra *parallel*

Dimensi Blok HOG	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi (%)
2	182	144	79.12
3	182	133	73.08
4	182	125	68.68

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap parameter nilai bin histogram dari HOG. Dari hasil tabel 4.1 dan 4.1, nilai parameter ukuran *resize* citra yang terbaik adalah 1024×1024. Dari tabel 4.3 dan 4.4, nilai blok dimensi yang terbaik adalah 2. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada tabel 4.5 untuk citra *cross* dan tabel 4.6 untuk citra *parallel*.

Tabel 4.5 Pencarian parameter nbin HOG citra *cross*

Nbin Blok HOG	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi %
3	173	90	52.02312
6	173	107	61.84971
9	173	128	73.98844

Hasil pengujian terhadap ukuran nbin HOG yang digunakan pada proses ekstraksi ciri dilaporkan pada tabel 4.5 menunjukkan akurasi terbaik pada nbin = 9. Nilai akurasi semakin meningkat saat nilai ukuran diperbesar berarti detail dari ciri HOG menjadi semakin baik. Hal yang sama juga terjadi untuk data citra *parallel* yang ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pencarian parameter nbin HOG citra *parallel*

Nbin Blok HOG	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi %
3	182	102	56.04396
6	182	136	74.72527
9	182	144	79.12088

4.2.1 Hasil Pengujian pengaruh banyak data pada setiap kelas pada proses pembangunan model LDA terhadap akurasi identifikasi jenis mineral

Pengujian dilakukan dengan mengubah banyak data setiap kelas data latih pada proses pembangunan model LDA. Pengujian terhadap metode dilaporkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian pengaruh banyak data *cross*

Dimensi Blok HOG	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi %
5	173	69	39.88439
10	173	62	35.83815
15	173	91	52.60116
20	173	105	60.69364
25	173	112	64.73988

Tabel 4.3 Hasil Pengujian pengaruh banyak data *parallel*

Dimensi Blok HOG	Jumlah Data	Jumlah Benar	Akurasi %
5	182	39	21.42857
10	182	73	40.10989
15	182	104	57.14286
20	182	116	63.73626
25	182	127	69.78022

Berdasarkan tabel 4.3 nilai akurasi tertinggi adalah 64.73% pada banyak data 25 untuk data *cross*. Hal ini dapat disimpulkan semakin besar nilai banyak data akurasi meningkat dan akan turun apabila banyak data berkurang. Sehingga dapat disimpulkan dengan menambah banyak data klasifikasi LDA menjadi lebih baik apabila data yang ditambahkan memperbaiki pola dari ciri latih dimana ciri latih yang baik adalah ciri didalam kelas yang sama adalah mirip atau bahkan sama tetapi apabila dibandingkan ciri antar kelas satu dengan kelas lain harus berbeda atau *independent*. Untuk metode yang dirancang digunakan banyak data sebanyak 25 data setiap kelas saat pembangunan model LDA.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah :

- Dari skenario pengujian terhadap parameter pada proses ekstraksi ciri parameter terbaik:
 - Parameter ukuran *resize* : 1024×1024 piksel.
 - Parameter blok dimensi HOG: 2.
 - Parameter nbin HOG: 9.
- Setelah dilakukan pengujian terhadap pengaruh banyak data pada setiap kelas saat proses pembangunan model LDA, akurasi tertinggi adalah 73.9% untuk data *cross* dan 79.1% untuk data *parallel*. Sehingga disimpulkan banyak data dan komposisi pada data latih sangat mempengaruhi kinerja dari proses klasifikasi LDA.

Daftar Pustaka

- [1] D. Noor, *Pengantar Geologi*. Bogor:Universitas Pakuan, 2012.
- [2] Johan,Arif (2016).Lecture handout: Batuan & Mineral, Petunjuk Praktikum Lab Mikropal FITB Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Blatt, Harvey & Robert J.Tracy(1996), *Petrology, Igneous, Sedimentary, and Metamorphic, 2nd Ed.* W. H. Freeman.
- [4] Bowen, N.L. (1956). *The Evolution of the Igneous Rocks*. Canada: Dover.
- [5] <http://www.romlisapermana.com/2015/07/pengertian-citra-dan-pengolahan-citra.html> diakses pada 25 Oktober 2017.
- [6] Dalal, N.& Triggs, B.2005. *Histogram of Oriented Gradients for Human Detection*. Computer Vision and Pattern Recognition.
- [7] A.Scholahuiddin, R. E.Siregar, I. Supriana, and S.Hadi, "Penerapan metode Linier Discriminant Analysis Pada Pengenalan Wajah Berbasis Kamera, "no.October 2016, 2010.