

## IDENTIFIKASI TEKSTUR DAN WARNA MINERAL PADA BATUAN MENGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI GREY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX (GLCM) DAN DECISION TREE

### *Identification of Texture and Mineral Colors on Rock Using Extractions of Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) and Decision Tree*

Arvieda Nadya Astin Santosa, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA<sup>2</sup>, Dr. Ir. Andri Subandrio, Dpl, Geol. S.U.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran

<sup>1</sup>arvinad@students.telkomuniversity.ac.id,<sup>2</sup>bhidayat@telkomuniversity.co.id,

<sup>3</sup> andrissm@gmail.com

#### Abstrak

Di negara Indonesia kaya akan keberagaman jenis alam, salah satunya adalah keberagaman bebatuan. Batuan terbentuk disebabkan oleh kandungan mineral yang membeku, sehingga jenis batuan dapat dibedakan berdasarkan pembentukan kandungan mineralnya yang biasa disebut dengan *rock forming minerals*. Dengan bantuan alat mikroskop, para ahli geologi dapat mengklasifikasi jenis batuan berdasarkan karakteristik yang berasal dari jumlah mineral. Batu akan di sayat menjadi sayatan tipis, lalu diletakkan dibawah lensa yang terdapat di alat mikroskop. Hasil dari penglihatan dengan mata manusia yang dibantu oleh mikroskop dapat di analisis dan dibuat persentase kandungan mineral yang ada di dalam batu tersebut. Namun hasil yang didapat akan bergantung pada tingkat ketelitian manusia dalam meneliti dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Kelemahan tersebut dapat di minimalisir dengan menggunakan proses pengolahan citra digital. Pada karya ilmiah ini, penulis akan merancang sebuah simulasi pengolahan citra digital berbasis MATLAB. Simulasi tersebut dapat menganalisa dan mengklasifikasi jenis-jenis bebatuan secara lebih cepat, lebih akurat, dan lebih objektif. Citra objek yang di pakai untuk penelitian adalah batuan beku dengan mineralogi *optic cross nikol* dan *parallel nikol*. Secara garis besar, sistem ini terbagi menjadi dua, yaitu identifikasi batuan beku berdasarkan texture, dan identifikasi batuan beku berdasarkan warna. Dimana identifikasi batuan beku berdasarkan texture menggunakan metoda ekstraksi ciri *Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* dan klasifikasi citra *Decision Tree*. Lalu identifikasi batuan beku berdasarkan warna menggunakan segmentasi warna berdasarkan penentuan jumlah warna, dimana *output* nya akan dapat menghitung jumlah mineral dan nama batuan beku berdasarkan diagram QAPF. Hasil yang didapat pada penelitian ini, tingkat akurasi terbaik pada mineralogi *cross nikol* adalah 82,6% dan untuk mineralogi *parallel nikol* adalah 80,37%.

**Kata kunci :** Mikroskop, Citra Digital, GLCM, Decision Tree, *Cross Nikol*, *Paralel Nikol*

#### Abstract

Indonesia which has a lot of nature wealth, one of them is the diversity of type rocks. The rock made of frozen mineral, so that type of rock can divided based on mineral content formed, or called rock forming minerals. With the help of microscope, the geologist could classify based on the characteristic which originated from amount of minerals. Rock will be slashed into thin incision, then put below lense which are contained in microscope. The result obtained with humans eye with help of microscope will be analyzed and made percentage of mineral content. But, the result obtained will depend on human's accuracy level and takes a long time. The weakness can be minimized with digital signal processing. In this final project, the writer will simulate and designing a digital signal processing based on matlab. That simulation can analyze and classify kind of rocks with faster, more accurate and more objective. Image object that used for research is frozen rock with mineralogy *optic cross nikol* and *parallel nikol*. In general for identified type of rock, this system divided into two types, based on texture and rock's colour. In technical, frozen rocks based on teture will use Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) method and decicison tree as its classification method. Than identification of rocks colour use colour segmentation, which the output can calculated total mineral and rock's name based on QAP. The result in this research, the level of accuracy in *cross nikol* mineralogy is 82,6% and for *parallel nikol* mineralogy is 80,3%.

**Keywords :** Microscope, Image Processing, GLCM, Decision Tree, *Cross Nikol*, *Parallel nikol*.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Seluruh kekayaan di bumi ini sangat banyak, salah satu nya ialah kekayaan bebatuan. Petrologi ialah bidang ilmu geologi yang mempelajari batuan dan kondisi pembentukannya. Petrologi memiliki 4 cabang ilmu, dimana cabang tersebut dibedakan dari proses pembentukan batu, yaitu petrologi batuan beku, cabang ini meneliti komposisi dan tekstur dari jenis batuan beku dimana batuan beku terbentuk karena pengendapan dari magma yang keluar dari gunung. Ada pula petrologi batuan sedimen, yaitu berfokus pada bebatuan yang terbentuk karena adanya endapan yang terbawa oleh angin atau air. Dan petrologi batuan metamorf, yaitu fokus pada penelitian batuan yang terbentuk karena perubahan dari batuan aslinya [1].

Dari jenis-jenis bebatuan yang terbentuk berasal dari proses alamiah, terbentuklah ciri khas tertentu yang muncul, yaitu dari ciri tekstur, warna, dan kandungan mineralnya. Sangat beragam variasi yang terbentuk, sehingga para ahli petrologi harus dengan teliti dalam melakukan penelitian yang masih dilakukan dengan panca indra penglihatan dibantu dengan alat mikroskop, dimana cara tersebut masih konvensional dan memiliki keterbatasan.

Dari masalah tersebut, penulis sedang merancang sebuah sistem yang dapat memudahkan ahli petrologi dalam menyelesaikan tugasnya. Sistem ini dapat dijadikan sebagai pembanding dalam mengklarifikasi jenis bebatuan berdasarkan dari tekstur yang dimiliki dari batu tersebut dengan menggunakan pengolahan citra digital menggunakan metode ekstraksi ciri *Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)*, yaitu menggunakan distribusi derajat keabuan yang dihitung menggunakan tingkat nilai kontras, energi, homogenitas, dan korelasi suatu daerah dari hubungan ketetanggaan antar piksel di dalam citra. Klasifikasi ciri yang digunakan yaitu dengan metode *Decision Tree*, yaitu menggunakan sebuah algoritma yang di misalkan menjadi sebuah struktur pohon, dimana di setiap bagian node pohon merepresentasikan sebuah atribut yang sudah di uji.

Terdapat cabang sebagai pembagi hasil nilai uji, dan ada node daun yang mempresentasikan suatu kelas tertentu, kemudian node terbesar yang sangat berpengaruh adalah akar dimana ia mempresentasikan suatu kelas tertentu. Aplikasi tersebut menggunakan MATLAB.

Penulis berharap penelitian ini dapat di realisasikan dengan baik, sehingga tercipta sebuah sistem yang dapat mengklarifikasi jenis batuan dengan tingkat akurasi yang lebih baik dan lebih tepat.

### 1.2 Tujuan penelitian

Tujuan dari tugas akhir adalah membuat simulasi yang dapat mengidentifikasi jenis batuan beku dan dapat menghitung kandungan mineral berdasarkan warna.

### 1.3 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah membantu ahli geologi untuk mengklasifikasi batuan beku dan menghitung kandungan mineralnya.

### 1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang sistem yang mampu mengidentifikasi jenis-jenis batuan berdasarkan tekstur batuan yang diperoleh dari ekstraksi ciri *Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* dan *Decision Tree*?
2. Bagaimana cara merancang sistem yang mampu mengidentifikasi jenis batuan dan komposisi mineral beserta jumlah kandungan mineral tersebut berdasarkan warna?
3. Bagaimana performansi sistem berdasarkan tingkat akurasi dan waktu komputasi yang diperoleh ?
4. Parameter apa saja yang mempengaruhi hasil akurasi sistem tersebut.

### 1.5 Batasan Masalah

Penyusunan Tugas Akhir mempunyai beberapa batasan masalah, yaitu :

1. Jenis batuan yang di teliti yaitu batuan beku plutonik dan vulkanik.
2. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah *Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)*.
3. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *Decision Tree*.
4. Pengambilan data yaitu berupa sayatan batuan beku plutonik dan vulkanik yang menggunakan wadah preparat berukuran 4cm x 4cm, yang dilakukan di Laboratorium Geologi ITB.
5. Perangkat yang digunakan adalah MATLAB R2017a.
6. Jenis Kamera yang digunakan yaitu kamera *Single Lens Reflex (SLR)*.
7. Menggunakan alat bantu mikroskop petrografi
8. Parameter yang digunakan dalam mendeteksi jenis batuan adalah dilihat dari metode ekstraksi ciri *Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)*.
9. Inputan sistem ini berupa citra batuan beku berupa file dengan format .jpeg.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Jenis Batuan

Batuan terbentuk karena ada nya kandungan abiotik yang berada di tengah-tengah ekosistem yang ada di alam ini. Batuan terbentuk karena ada nya proses atau siklus. Semua batu pada dasar nya terbentuk dari magma. Mayoritas dari bebatuan tersebut terbentuk dari kandungan mineral yang bercampur secara fisik antar satu dengan yang lain. Dari siklus batuan tersebut, batuan dapat di bedakan menjadi 3 jenis, yaitu batuan beku, sedimen, dan metamorf.

#### 2.1.1 Batuan Beku

Batuan beku berasal dari hasil pembekuan magma. Pada saat magma mengalami proses pendinginan, atom-atom oksigen dan silikon akan saling mengikat dan kemudian akan mengikat ion-ion kandungan lain nya, sehingga akan membentuk inti kristal. Mineral yang menyusun magma akan terbentuk di saat waktu yang berbeda, sehingga terkadang magma megkristal menjadi padat dan di kelilingi oleh material yang masih cair. Komposisi magma dan kandungan bahan volatil akan mempengaruhi proses kristalisasi, hal ini mengakibatkan ada nya perbedaan dari segi fisik dan komposisi dalam pembentukan batuan beku. Butiran-butiran mineral yang terkandung dalam batuan beku biasanya akan mengakibatkan adanya perbedaan tekstur.

#### 2.1.2 Tekstur Pada Batuan Beku

Tekstur pada batuan beku adalah sebagai wujud penggambaran penampakan batuan yang didasarkan pada ukuran, bentuk, susunan kristalinitas, dan hubungan kandungan mineral sebagai bahan penyusun batuan beku. Kristalinitas ini dapat menunjukkan kecepatan dair pembekuan batuan beku. Sedangkan granulitas di artikan sebagai ukuran butir pada batuan beku.

Batuan beku yang terbentuk di dekat permukaan bumi akan memiliki tekstur butiran halus atau disebut dengan afanitik. Ciri khas dari batuan afanitik terdapat lubang-lubang yang bentuknya Panjang atau sedikit memudar, yang disebut vesikuler.

Batuan beku yang terbentuk jauh di bawah permukaan bumi akan menghasilkan tekstur kasar atau disebut dengan feneritik. Umumnya, feneritik ini memiliki tekstur yang besar dan kasar. Batuan ini baru akan keluar setelah batuan yang menutupinya telah mengalami erosi.

Ada pula batuan beku yang mengalami pembekuan secara cepat yang mengakibatkan terbentuknya tekstur gelas (glass), batuan ini disebut dengan obsidian. [4]

#### 2.1.3 Warna Batuan Beku

Warna batuan beku bergantung pada kandungan mineral penyusun nya. Mineral penyusun batuan dipengaruhi oleh magma asal nya, kecuali untuk batuan yang bertekstur gelas. Batuan beku yang berwarna cerah biasanya terbentuk dari mineral felsic, batuan tersebut masuk dalam kategori batuan beku asam.

Sedangkan batuan yang memiliki warna gelap-hitam biasanya terbentuk dari mineral felsic dan mafik, batuan tersebut masuk dalam kategori batuan beku intermedier. Batuan yang memiliki warna hitam-kehijauan biasanya terbentuk dari mineral mafik dan masuk dalam kategori batuan beku basa. [5]

#### 2.1.4 Morfologi Batuan Beku

##### a. Intrusif (Plutonik)

Batuan beku yang terbentuk di dalam bawah permukaan kerak bumi sehingga proses pembekuan nya lambat. Hal itu menyebabkan batuan beku intrusif (plutonik) memiliki permukaan kasar (*coarse grained*) dan berongga. Para ahli geologi biasa memberikan kode untuk batuan plutonik dengan huruf C.

##### b. Ekstrusif (Vulkanik)

Batuan beku yang terbentuk di permukaan kerak bumi yang disebabkan oleh pencairan sebagian batuan yang berasal dari mantel dan kerak bumi. Hal itu menyebabkan batuan beku ekstrusif (vulkanik) memiliki permukaan halus (*fine grained*). Para ahli geologi biasa memberikan kode untuk batuan vulkanik dengan huruf F.

#### 2.1.5 Diagram QAP

Diagram QAP adalah diagram segitiga yang dapat digunakan untuk mengklasifikasi jenis batuan beku berdasarkan kandungan mineralnya. Cara kerja dari diagram QAPF ini ialah, batuan beku dapat di klasifikasikan berdasarkan kandungan mineral utama nya menggunakan persentase, yaitu kuarsa (*quartz*), alkali feldspar, dan plagioklas (*plagioclase*). Lalu kandungan mineral utama tersebut di normalisasikan agar jumlah nya tetap 100%. Diagram ini bisa di gunakan untuk klasifikasi batuna plutonik dan batuan vulkanik

## 2.2 Citra Digital

Pada dasar nya, citra atau *image* adalah berupa informasi yang berbentuk visual yang merepresentasi kan dari suatu objek. Secara umum citra di bagi 2, yaitu citra analog yang bersifat kontinu, sedangkan citra digital bersifat diskrit. Dalam *image processing*, citra yang di butuhkan adalah citra yang bersifat diskrit, sehingga apabila informasi awal yang di pakai sebagai sumber data adalah berupa citra analog atau bersifat kontinu, maka perlu di ubah menjadi citra digital yang bersifat diskrit, proses tersebut disebut dengan digitisasi.

### 2.3 Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)

Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) adalah salah satu metode ekstraksi ciri, dimana terdiri dari suatu algoritma analisis tekstur. GLCM mengekstrak informasi struktural tentang pola tekstur yang akan di analisis pada skala dan orientasi yang berbeda. GLCM didefinisikan sebagai tabulasi dari data piksel citra dimana seberapa sering kombinasi yang berbeda pada nilai keabuan yang muncul pada citra. Langkah-langkah yang dilakukan pada GLCM adalah: kuantisasi, kookurensi, simetrik, normalisasi, dan ekstraksi fitur. Pada penelitian ini di lakukan 4 ekstraksi fitur yaitu:

1.  $Energy = \sum_{i,j=0}^{N-1} \{p(i,j)\}^2$   
Dimana:  $i$  = Baris,  $j$  = Kolom,  $N$  = Jumlah Piksel.
2.  $Contrast = \sum_{i,j} |i - j|^2 P(i,j)$
3.  $Homogeneity = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P(i,j)}{1+(i-j)^2}$
4.  $Correlation = \sum_{i,j} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)P(i,j)}{\sigma_i \sigma_j}$

$$\mu_i = \sum_{i,j} i[P(i,j)]$$

$$\mu_j = \sum_{i,j} j[P(i,j)]$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{i,j} P(i,j)(i - \mu_i)^2}$$

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{i,j} P(i,j)(j - \mu_j)^2}$$

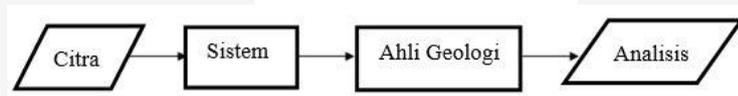
### 2.4 Decision Tree

Decision Tree adalah salah satu metode klasifikasi yang menggunakan representasi pohon, terdapat node-node yang merepresentasikan atribut, daun yang merepresentasikan kelas, dan cabang nya merepresentasikan nilai dari kelas tersebut.

## 3. Perancangan Sistem

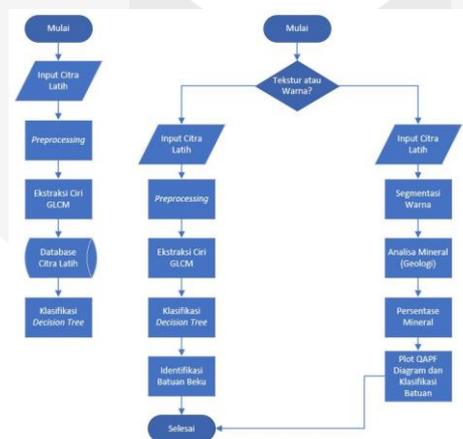
### 3.1 Gambaran Umum Sistem

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah perancangan sistem yang dapat membantu para ahli geologi dalam meneliti batuan, sehingga sistem ini dapat memperkuat diagnose dari para ahli geologi. Berikut adalah gambaran umum dari perancangan sistem penelitian ini :



Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

### 3.2 Diagram Alir Sistem



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

### 3.3 Perancangan Sistem Berdasarkan Tekstur.



Gambar 3.3 Perancangan Sistem Berdasarkan Tekstur

Untuk lebih jelasnya, berikut penjelasan dari tahap-tahap perancangan system berdasarkan tekstur:

#### 1. Akuisisi

Tahap akuisisi adalah tahap pengambilan data yang berasal dari objek penelitian berupa citra digital, data tersebut sebagai data latih dan data uji di dalam *system* simulasi penelitian ini. Untuk *cross nikol* menggunakan 315 citra, dengan komposisi 223 sebagai citra latih dan 92 citra uji dimana masing-masing terdapat 3 jenis batuan beku plutonik dan 3 jenis batuan beku vulkanik. Untuk *parallel nikol* menggunakan 309 citra, dengan komposisi 202 citra latih dan 107 citra uji dimana masing-masing terdapat 3 jenis batuan beku vulkanik. Preparat untuk meletakkan sayatan batuan berukuran 4cm x 2cm, namun gambar yang akan di akuisisi berukuran 2cm x 2cm. Sedangkan gambar yang bisa di tangkap oleh kamera hanya berukuran 0,3cm x 0,4cm dari preparat tersebut, maka proses akuisisi citra dilakukan secara tumpang tindih atau *overlapping*, lalu di geser

#### 2. Pre-Processing

Tahap ini merupakan tahap pengolahan citra yang masih kasar sehingga diproses lebih lanjut. Tujuan dari tahap ini adalah untuk meningkatkan kualitas citra. Tahap yang dilakukan pada *pre-processing* adalah dengan mengubah citra RGB menjadi *grayscale*, kemudian di lakukan *resize*.

#### 3. Ekstraksi Ciri dengan GLCM [16]

Metode GLCM pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan fitur pada citra objek yang akan diteliti. GLCM dihitung sebagai histogram orde kedua dari *gray image*. GLCM adalah sebuah matriks dimana dimensinya bergantung pada jumlah (intensitas) *gray levels* (N) dalam suatu image. GLCM mengandung informasi frekuensi yang terdapat pada dua kombinasi *neighboring pixel* dalam suatu *grey image*. Pada penelitian ini akan digunakan empat fitur dari GLCM, yaitu : korelasi, energy, kontras dan homogenitas.

#### 4. Klasifikasi

Pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi dengan *decision tree*

### 3.4 Perancangan Sistem Berdasarkan Warna



Gambar 3.4 Perancangan Sistem Berdasarkan Warna

Berikut adalah penjelasan mengenai tahap-tahap pada perancangan system berdasarkan warna yang tercantum pada Gambar 3.4:

#### 1. Akuisisi

Proses Akuisisi sama seperti pada perancangan sistem berdasarkan tekstur

#### 2. Pre-Processing

Proses pre-processing sama seperti pada perancangan sistem berdasarkan tekstur, namun hasil dari tahap tersebut, citra di buat menjadi satu kesatuan menggunakan *image stitching* kemudian di crop untuk di ambil gambar utuh yang bagus.

#### 3. Segmentasi Warna

Citra akan di segmentasi berdasarkan perbedaan warna.

#### 4. Perhitungan Persentase Mineral

Dari hasil segmentasi, maka akan di hitung persentase dimana warna tersebut mewakili kandungan mineral batuan

#### 5. QAP Diagram

Kemudian di pilih 3 mineral utama dan di masukan dalam QAP diagram untuk melihat nama dari batuan tersebut.

#### 4. Analisis dan Hasil Performansi

##### 4.1 Pengujian Parameter Fitur Ekstraksi Ciri GLCM

Pada pengujian ini, di lakukan perubahan pada parameter order 2 di GLCM, yaitu energi, kontras, homogenitas, dan korelasi. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter GLCM dengan  $d=1$  dan level kuantisasi 8. Berdasarkan hasil pengujian pada *cross nikol* yang tercantum pada Tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 akurasi terbaik pada saat menggunakan kontras, korelasi, homogenitas, dan energi dengan akurasi 64,13% dan waktu komputasi 104,82 sekon.pada *cross nikol*, sedangkan pada *parallel nikol* akurasi mencapai 72,89% dan waktu komputasi 61,65 sekon.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kontras dan Korelasi Cross Nikol

Sudut Arah	Offset	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (sekon)
0	[0 1]	60,86	54,08
45	[-1 1]	57,60	53,68
90	[-1 0]	50	52,64
135	[-1 -1]	57,60	62,34

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kontras, Korelasi, Homogenitas dan Energi Cross Nikol

Sudut Arah	Offset	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (sekon)
0	[0 1]	59,78	46,68
45	[-1 1]	64,13	104,82
90	[-1 0]	61,95	47,92
135	[-1 -1]	58,69	48,09

Tabel 4.3 Pengujian Kontras dan Korelasi Paralel Nikol

Sudut	Offset	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (sekon)
0	[0 1]	67,28	59,98
45	[-1 1]	71,96	65,62
90	[-1 0]	71,96	64,96
135	[-1 -1]	70,09	71,71

Tabel 4.4 Pengujian Kontras, Korelasi, Homogenitas dan Energi Paralel Nikol

Sudut	Offset	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (sekon)
0	[0 1]	72,89	61,65
45	[-1 1]	71,96	59,86
90	[-1 0]	71,02	61,56
135	[-1 -1]	66,35	55,53

##### 4.2 Pengujian Arah, Jarak dan Level Kuantisasi

Pada pengujian tahap ini, parameter yang di ujikan yaitu  $d=1,2,3,4$  dan arah sudut=0,45,90,135, dan parameter orde dua GLCM yang digunakan adalah energi, kontras, homogenitas, dan korelasi, dengan pengujian level kuantisasi 16,32 dan pengujian *resize* 1024x684 piksel dan 512x342 piksel.

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 4.7, 4.8, 4.9, dan 4.10, akurasi terbaik pada *cross nikol* adalah 82,6% dengan waktu komputasi 45,54 sekon. Sedangkan akurasi terbaik pada *parallel nikol* adalah 80,37% dengan waktu komputasi 57,08 sekon.

a. Cross Nikol 1024x684 Piksel

Tabel 4.7 Pengujian Arah, Jarak dan 16 Level Kuantisasi Cross Nikol

Jarak	Derajat	Offset	Akurasi Uji (%)	Waktu (sekon)
1	0	[0 1]	63,04	45,58
	45	[-1 1]	69,56	46,11
	90	[-1 0]	66,31	45,90
	135	[-1 -1]	68,47	59
2	0	[0 2]	65,21	48,88
	45	[-2 2]	69,56	50,93
	90	[-2 0]	70,65	49,71
	135	[-2 -2]	70,65	48,24

Tabel 4.8 Pengujian Arah, Jarak, dan 32 Level Kuantisasi Paralel Nikol

Jarak	Derajat	Offset	Akurasi Uji (%)	Waktu (sekon)
1	0	[0 1]	61,95	45,97
	45	[-1 1]	82,6	45,65
	90	[-1 0]	73,91	45,11
	135	[-1 -1]	80,43	44,82
2	0	[0 2]	75	45,17
	45	[-2 2]	68,47	46,03
	90	[-2 0]	78,26	46,4
	135	[-2 -2]	78,26	46,49

b. Paralel Nikol 512x342 Piksel

Tabel 4.9 Pengujian Arah, Jarak 16 Level Kuantisasi Cross Nikol

3	0	[0 3]	79,43	90,41
	45	[-3 3]	78,5	56,04
	90	[-3 0]	80,37	57,19
	135	[-3 -3]	76,63	55,81
4	0	[0 4]	79,43	51,44
	45	[-4 4]	79,43	103,42
	90	[-4 0]	75,7	60,24
	135	[-4 -4]	77,57	99,29

Tabel 4.10 Pengujian Arah, Jarak, 32 Level Kuantisasi Paralel Nikol

3	0	[0 3]	77,57	58,43
	45	[-3 3]	78,50	57,76
	90	[-3 0]	77,57	56,52
	135	[-3 -3]	74,76	58,17
4	0	[0 4]	80,37	57,08
	45	[-4 4]	76,63	111,79
	90	[-4 0]	75,70	56,06
	135	[-4 -4]	78,50	57,04

4.3 Pengujian Warna

Dalam pengujian ini sistem perlu adanya bantuan dari ahli geologi petrologi, guna untuk menentukan segmentasi warna yang tepat. Karena hasil yang di dapat bergantung pada jumlah warna yang di *input* kan dalam sistem.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian analisis yang sudah di jelaskan pada BAB IV, kesimpulan yang di dapat adalah:

1. Menggunakan metoda GLCM dan klasifikasi *decision tree* dalam sistem ini dapat digunakan untuk mendeteksi nama jenis batuan plutonik dan vulkanik berdasarkan dari hasil nilai ciri yang di dapat.
2. Dalam analisis penelitian ini, untuk *cross nikol* memiliki tingkat akurasi terbaik yaitu 82.6% dengan ukuran *resize* 1024 x 684 piksel, jarak d=1, arah sudut 45 derajat, dengan waktu komputasi 45,65 sekon.  
Untuk *parallel nikol* memiliki tingkat akurasi terbaik yaitu 80.37% dengan ukuran *resize* 512x342 piksel pada 16 level kuantisasi, jarak d=3, sudut arah 90 derajat, dan pada level kuantisasi 32, jarak d=4, sudut arah 0 derajat, dengan waktu komputasi masing-masing 57,19 sekon dan 57,08 sekon.
3. Pada data citra *cross nikol*, citra memiliki lebih banyak warna yang muncul, sehingga sistem membutuhkan ukuran *resize* yang lebih besar. Hal ini berkebalikan dengan citra *parallel nikol*, citra memiliki warna yang tidak dominan dan sedikit, sehingga sistem cukup membutuhkan ukuran *resize* yang lebih kecil.
4. Jarak (d) dan sudut arah pada parameter GLCM tidak terlalu berpengaruh pada hasil *output* akurasi sistem.
5. Semakin tinggi level kuantisasi, maka akan semakin baik tingkat akurasi sistem.

6. Pengujian warna untuk mendapatkan nama jenis batuan beku pada sistem ini, perlu adanya campur tangan ahli geologi untuk menentukan jumlah warna yang bisa di proses oleh sistem

#### Daftar Pustaka

- [1] D. Endarto, Pengantar Geologi Dasar, Surakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan, 2005.
- [2] R. Puji, "Soft Ilmu," Indonesia, 11 Juli 2014. [Online]. Available: <http://www.softilmu.com/2014/07/batuan-pembentuk-litosfer.html>. [Diakses 2 September 2017].
- [3] P. H. Kamus Kebumihan, Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia, 1994.
- [4] D. R. Symes, Rick & Mineral, London: A Dorling Kindersley Limited, 1988.
- [5] Pedoman Praktikum Geologi Fisik, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [6] Alfatwa, "Handout Informatika, Image Processing," Intitut Teknologi Bandung, Bandung, Report.
- [7] S. Nugroho, "Identifikasi Jenis Batuan Beku Melihat Tekstur Batuan Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Dan K-Nearest Neighbour (KNN)," Telkom University, Bandung, 2017.
- [8] M. H. Robert, "Textural Features for Image Classification," IEEE, USA, 1973.
- [9] N. W. Wisu, "Analisis CBIR (Content Based Image Retrieval) Untuk Menentukan Tingkat Kematangan Biji Kopi Jenis Robusta," Universitas Dian Nuswanto, Semarang, 2015.
- [10] T. J. Cristianini N., An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-Based Learning Methods, Cambridge: Cambridge Press University, 2000.
- [11] A. Wijaya, "Pengolahan Citra Digital Menggunakan MatLAB Image Processing Toolbox," Informatika, Bandung, 2007.
- [12] D. Putra, Pengolahan Citra Digital, Jakarta: Penerbit Andi, 2010.
- [13] G. A, Texture Characterization based on Conference of Informatics and Management Science, Slovakia: Institution of The Univeristy of Zilina, 2013.
- [14] P. Darma, Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta: Penerbit Andi, 2010.
- [15] B. d. Tesy, "Algoritma Klasifikasi Decision Tree," Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2009.
- [16] H. K. Nyein, "Myanmar Paper Currency Recognition Using GLCM and k-NN," Thailand, 2016.
- [17] S. A.L, "Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks," Recommendations of the IUGS Subcommission on the Sysmetrics of Igneous Rocks, vol. 36, pp. 773-785, 1974.
- [18] H. R. Sihite, Makalah Fisika Batuan, Medan: Univeristas Negri Medan, 2015.
- [19] Nandi, "Handout Geologi Lingkungan," Universitas Pendidikan Indonesia, 2010, 2010.
- [20] Lokanarta dan Jordi, "Modul Petrologi 2008," Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2014.
- [21] R. Nuzuar, "Batuan Sedimen," Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta, 2014.

