

PENENTUAN PERSENTASE PASIR MINERAL BERDASARKAN WARNA DAN BENTUK MELALUI PENGOLAHAN CITRA PETROGRAPHY DENGAN METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM DAN SUPPORT VECTOR MACHINE

MINERAL SANDS PERCENTAGE BASED ON SHAPE AND COLOR THROUGH PETROGRAPHY IMAGE PROCESSING USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND SUPPORT VECTOR MACHINE METHOD

Farras Duto Hestopo¹, Bambang Hidayat², Andri Slamet Subandrio³

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

³Prodi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung

¹farrasd@students.telkomuniversity.ac.id, ²bhidayat@gmail.com

, ³andrisism@gmail.com

Abstrak

Petrografi adalah cabang dari petrologi yang menjelaskan deskripsi rinci dari batuan berdasarkan kandungan mineral dan tekstur. Proses geologi dapat membuat mineral membentuk suatu massa, dan massa itu akan membentuk pasir mineral oleh perubahan cuaca, iklim, dan proses geologi. Keberadaan pasir mineral dapat memprediksi keberadaan mineral yang lebih besar dengan jenis yang sama. Pada satu buah sampel pasir mineral, terdapat berbagai macam jenis mineral yang dapat dibedakan melalui bentuk dan warnanya. Dengan bantuan mikroskop, para ahli geologi dapat melihat dan mengelompokkan mineral pada satu sampel secara manual. Namun, hal tersebut dinilai tidak efektif karena membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui dan mengelompokkan mineral. Teknologi telekomunikasi dapat diaplikasikan dengan menggunakan pengolahan citra digital. Pengolahan citra dilakukan dengan *input* berupa citra digital dari pasir mineral secara mikroskopis yang diambil dari mikroskop. Setelah itu, dilakukan proses preprocessing, ekstraksi ciri menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT), dan diklasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM). Tugas akhir bertujuan untuk mengetahui persentase mineral pada satu buah sampel menggunakan pengolahan citra digital. Penentuan persentase dirancang menggunakan perangkat lunak berbasis Matlab. Metode ekstraksi ciri DWT dan klasifikasi SVM dapat menghasilkan suatu sistem yang dapat menentukan jenis dan presentase kelompok mineral pada satu sampel. Dari hasil pengujian yang dilakukan, mendapatkan akurasi terbaik sebesar 86%.

Kata Kunci: *Discrete Wavelet Transform, Support Vector Machine, dan mineral*

Abstract

Petrography is a branch of petrology that explains detailed descriptions of rocks based on mineral content and texture. Geological processes can form minerals into a mass, and the mass will form mineral sands by changes in weather, climate, and some geological processes. Existences of mineral sands could be predicting the presence of huge amount mineral with the same type. In one sample of mineral sands, there are various types of minerals that can be distinguished through the shape and color. Geologist can see and classify a sample of minerals manually through microscope. But, this way to do is not effective because it takes too long to classify the minerals. Telecommunication technology can be used with the implementation of digital image processing. Image processing process is started with microscopic digital image of mineral sands that captured from microscope as the input. Then, followed with preprocessing process, feature extraction using Discrete Wavelet Transform (DWT) methode, and classified using Support Vector Machine (SVM) methode. The purpose fo this final project is to know the percentage of minerals in one sample using digital image processing. Determination of mineral percentage designed using Matlab based software. With DWT methode for feature extraction and SVM methode for classification, system can decide the number and types of minerals in one sample. From the results of testing to be performed, the best accuracy is 86%.

Keywords: *Discrete Wavelet Transform, Support Vector Machine, and minerals*

1. Pendahuluan

Mineral merupakan padatan senyawa kimia homogen, anorganik, yang memiliki sistem kristal tertentu dan terbentuk secara alami yang tersebar luas di alam [1]. Satu jenis mineral atau lebih bergabung membentuk suatu massa yaitu pasir mineral. Pasir mineral adalah mineral yang berukuran kecil, dimana untuk mengamatinya diperlukan alat bantu optik (mikroskop). Petrografi adalah cabang bidang geologi pada studi mengenai batuan dan kondisi pembentukannya yang berfokus pada deskripsi rinci dari batuan [2].

Keberadaan pasir mineral pada suatu lokasi tertentu dapat memprediksi keberadaan mineral yang lebih besar dengan jenis yang sama. Pada satu buah sampel pasir mineral, terdapat berbagai macam jenis pasir mineral yang terdiri dari berbagai unsur pembentuknya. Perbedaannya dapat terlihat setelah sampel diamati menggunakan mikroskop. Peneliti harus mengamati satu persatu pasir mineral untuk dapat mengklasifikasikan mineral tersebut. Cara ini sangat tidak efektif dalam pengklasifikasian mineral karena membutuhkan banyak waktu untuk mengamati mineral satu persatu dengan jumlah mineral yang banyak dalam satu kali pengamatan. Pengolahan citra digital dapat digunakan untuk mengetahui dan mengelompokkan mineral dalam satu sampel.

Pada tugas akhir ini, perancangan sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak Matlab versi R2017b. Dimana citra pasir mineral yang diambil akan diolah dengan menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) untuk ekstraksi cirinya dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk klasifikasinya.

2. Dasar Teori

2.1 Mineral

Mineral adalah suatu benda padat homogen yang terdapat di alam terbentuk secara anorganik, mempunyai komposisi kimia pada batas-batas tertentu dan mempunyai atom-atom yang tersusun secara teratur [1]. Mineral biasanya padat dan homogen dan hasil bentuk alam yang memiliki sifat-sifat fisik dan kimia tertentu serta umumnya berbentuk kristalin. Meskipun demikian ada beberapa bahan yang terjadi karena penguraian atau perubahan sisa-sisa tumbuhan dan hewan secara alamiah juga diklasifikasikan ke dalam mineral, seperti batubara, minyak bumi dan tanah diatome [2].

2.2 Petrografi

Petrografi adalah cabang bidang geologi pada studi mengenai batuan dan kondisi pembentukannya yang berfokus pada deskripsi rinci dari batuan dan klasifikasi batuan dengan menggunakan bantuan mikroskop [2]. Sampel citra yang diambil dapat dilihat pada Gambar 1.

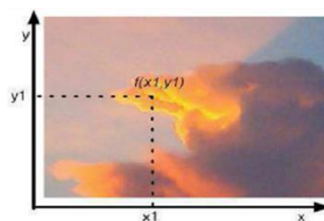


Gambar 1 Sampel citra pulau sebuku

Pada deskripsi batuan secara petrografis, hal yang penting diperhatikan adalah identifikasi komposisi mineral dan tekstur batuan. Pengelompokkan atau pengklasifikasian batuan didasarkan pada hasil pengamatan tekstur dan komposisi mineralogi utama (*rock forming minerals*) [3].

2.3 Citra Digital

Citra dapat didefinisikan ke dalam fungsi dua dimensi $f(x,y)$ seperti pada Gambar 2 dengan x dan y merupakan koordinat spasial dan amplituda f di titik koordinat (x,y) disebut intensitas atau tingkat keabuan citra pada titik tersebut. Citra yang diubah dari fungsi kontinu menjadi nilai-nilai diskrit yang dinilai sebagai citra digital. Jumlah *pixel* per satuan panjang akan menentukan resolusi citra tersebut, makin banyak *pixel* yang mewakili suatu citra maka nilai resolusi dari citra tersebut akan semakin tinggi yang ditandai dengan semakin halusya gambar atau citra tersebut [4].



Gambar 2 Citra digital [4]

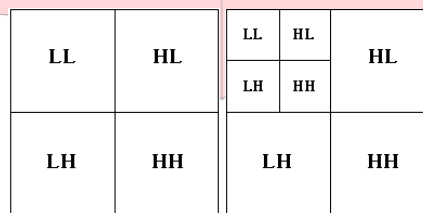
Sebuah citra dapat dinyatakan sebagai suatu matriks dengan indeks baris dan kolom menyatakan koordinat sebuah titik pada citra tersebut dan nilai masing-masing elemen menyatakan intensitas cahaya pada titik tersebut. Suatu titik pada sebuah citra digital sering disebut sebagai *image element*, *picture element*, atau *pixel*. Citra digital dengan matriks yang berukuran N baris dan M kolom memiliki persamaan (1).

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & \cdots & f(0,M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N-1,0) & \cdots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \tag{1}$$

2.4 Discrete Wavelet Transform (DWT)

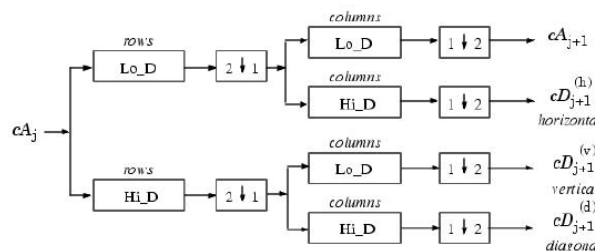
Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan metode dekomposisi sinyal pada frekuensi *subband*. Komponen *subband* dihasilkan dari hasil penurunan *level* dekomposisi sinyal yang diimplementasikan dengan cara melewati sinyal melalui filter berupa *low pass filter* (LPF) dan *high pass filter* (HPF). DWT lebih umum digunakan karena lebih mudah diimplementasikan dan memiliki waktu komputasi yang lebih sederhana [5].

Proses DWT pada sinyal satu dimensi mendekomposisi sebanyak dua *subband*, yaitu *Low* dan *High*. Proses dekomposisi ini dapat dilakukan dengan melakukan proses yang sama pada *subband* yang dihasilkan dari proses dekomposisi sebelumnya [6]. Berikut adalah empat subbidang citra, yaitu *Low-Low* (LL), *Low-High* (LH), *High-Low* (HL) dan *High-High* (HH) dan proses dekomposisi DWT *level 2* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Dekomposisi DWT [6]

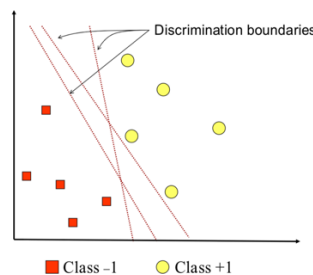
Proses dekomposisi pada citra (2 dimensi) dilakukan atas baris dan kolom dalam array dua dimensi, yang masing-masing bersesuaian dengan arah horizontal dan arah vertikal dalam citra. Proses dekomposisi koefisien aproksimasi pada *level j*, menghasilkan satu koefisien aproksimasi pada *level j + 1* beserta tiga orientasi koefisien detail (horizontal, vertikal, dan diagonal). Ilustrasi diagram dekomposisi dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini [7].



Gambar 4 Diagram dekomposisi DWT [8]

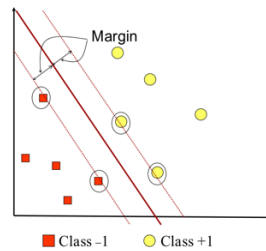
2.5 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) dikembangkan oleh Boser, Guyon, Vapnik, dan pertama kalinya dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. Konsep dasar SVM sebenarnya merupakan kombinasi harmonis dari teori-teori komputasi yang telah ada puluhan tahun sebelumnya. Akan tetapi hingga tahun 1992, belum pernah ada upaya merangkaikan komponen-komponen tersebut [9].



Gambar 5 SVM berusaha menemukan hyperplane terbaik [10]

Konsep SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah *class* pada *input space*. Gambar 5 memperlihatkan berbagai alternatif garis pemisah (*discrimination boundaries*) dan beberapa *pattern* yang merupakan anggota dari dua buah *class*: +1 dan -1. *Pattern* yang tergabung pada *class* -1 disimbolkan dengan warna merah (kotak), sedangkan *pattern* pada *class* +1, disimbolkan dengan warna kuning (lingkaran). Problem klasifikasi dapat diterjemahkan dengan usaha menemukan garis (*hyperplane*) yang memisahkan antara kedua kelompok tersebut [10].



Gambar 6 SVM menemukan hyperplane terbaik [10]

Hyperplane pemisah terbaik antara kedua *class* dapat ditemukan dengan mengukur margin *hyperplane* tersebut, dan mencari titik maksimalnya. Margin adalah jarak antara *hyperplane* tersebut dengan *pattern* terdekat dari masing-masing *class*. *Pattern* yang paling dekat ini disebut sebagai *support vector*. Garis solid pada Gambar 6 menunjukkan *hyperplane* yang terbaik, yaitu yang terletak tepat pada tengah-tengah kedua *class*, sedangkan titik merah dan kuning yang berada dalam lingkaran hitam adalah *support vector* [10].

Berbagai jenis kernel yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah: Polynomial dengan persamaan (2), Gaussian dengan persamaan (3), dan Linear dengan persamaan (4).

$$K(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = (\vec{x}_i \cdot \vec{x}_j + 1)^p \quad (2)$$

$$K(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = \exp\left(-\frac{\|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

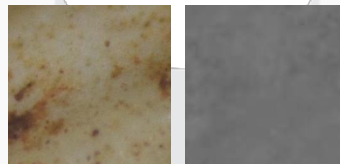
$$K(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = \vec{x}_i \cdot \vec{x}_j \quad (4)$$

3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Alir Sistem

Pada penelitian ini, perancangan perangkat lunak yang dirancang terdiri dari dua tahap yaitu tahap latih dan tahap uji. Tahap latih adalah mencari nilai *pixel* untuk dijadikan *database* yang didapat melalui ekstraksi ciri. Tahap uji adalah tahap untuk menguji data citra dengan *database* sehingga dapat diklasifikasikan oleh sistem yang dirancang.

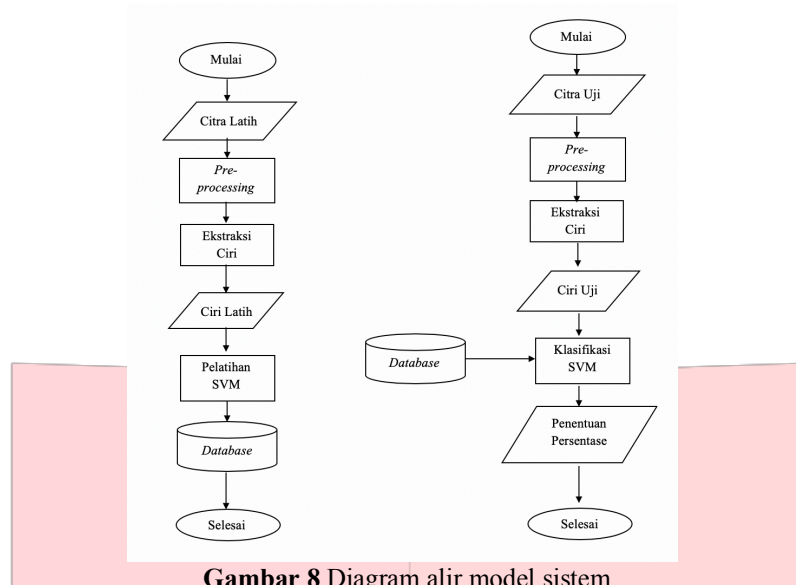
Pada tahap latih setiap proses diawali dengan tahap *pre-processing* terhadap data latih citra yang dimasukkan, Gambar 7 merupakan salah satu gambar butiran pasir mineral yang telah di *preprocessing*.



Gambar 7 Citra setelah *preprocessing* RGB (kiri) & layer Cb (kanan)

Kemudian dilakukan proses ekstraksi ciri dengan metode DWT dan pelatihan dengan metode SVM sehingga didapatkan *database* yang akan dipergunakan pada tahap uji. Dalam tahap uji, citra uji akan masuk ke tahap *pre-processing* dilanjutkan dengan proses ekstraksi ciri dengan metode DWT.

Hasil dari ekstraksi ciri dari tahap uji akan diklasifikasi dengan menggunakan metode SVM untuk mengetahui kecocokan ciri citra dari data uji terhadap data latih. Sehingga hasil dari data yang sudah diklasifikasikan dapat dihitung persentase dari masing-masing kelasnya yang terdapat dalam satu sampel. Adapun diagram alir sistem dari tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram alir model sistem

3.2 Ekstraksi Ciri

Tahap selanjutnya adalah ekstraksi ciri menggunakan metode DWT, yaitu dengan melewati sinyal dengan frekuensi tinggi menggunakan filter HPF (*High Pass Filter*) dan frekuensi rendah menggunakan filter LPF (*Low Pass Filter*) sehingga dihasilkan 4 buah *subband* yaitu LL, LH, HL, dan HH proses ini lebih dikenal dengan nama *sampling* [9]. Setelah dilakukannya *sampling*, akan dilakukan pemilihan *level* dekomposisi. Dimana *level* yang diujikan dari 1 sampai dengan 5. Setelah itu dilakukan untuk *feature selection* untuk mengetahui *feature* yang paling tepat. Adapun pengujian yang dilakukan adalah kombinasi dari 5 *feature* yaitu *mean*, *variance*, *skewness*, kurtosis, dan *standard deviation*.

3.3 Klasifikasi

Setelah tahapan ekstraksi ciri, kemudian ciri yang didapatkan akan melalui proses klasifikasi. Pada sistem yang dirancang, metode klasifikasi yang digunakan adalah SVM yaitu untuk mencari *hyperplane* atau bidang pemisah antara *class*. Pengujian dilakukan terhadap 3 kernel yaitu Linear, Gaussian, dan Polynomial. Proses klasifikasi terbagi menjadi dua yaitu proses pelatihan dan proses uji.

4. Hasil Pengujian Sistem dan Analisis

Pengujian sistem dilakukan berdasarkan beberapa parameter yang diperoleh selama proses pemrograman sistem. Masing-masing pengujian memiliki hasil yang direpresentasikan dalam bentuk tabel, grafik, dan analisis. Dalam tugas akhir ini akurasi tinggi adalah yang lebih diutamakan, karena waktu komputasi yang didapat tidak berbeda signifikan. Skenario pengujian pada sistem ini adalah sebagai berikut:

4.1 Pengaruh Jenis Layer Terhadap Akurasi Sistem

Pengujian pertama yaitu memilih *layer* yang tepat untuk mendapatkan akurasi dan waktu komputasi terbaik. Citra yang digunakan telah dilakukan tahap *cropping* dan *resize*. *Subband* DWT yang digunakan adalah LL, *level* dekomposisi 1, menggunakan kombinasi dari semua jenis *feature*, dan kernel SVM yang digunakan yaitu Gaussian. Terdapat 160 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Sebuku dan 138 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Bangka Belitung. Citra untuk kedua pulau tersebut dibagi menjadi 3 kelas jenis batuan dan 1 kelas untuk latarnya.

Tabel 1 Hasil Pengujian Layer

Layer	Bangka Belitung		Pulau Sebuku	
	Akurasi (%)	Waktu (detik)	Akurasi (%)	Waktu (detik)
Grayscale	76,4151	1,8775	78,3019	1,8866
R	76,4151	1,8274	78,3019	1,8855
G	77,3585	1,8628	78,3019	1,8400
B	73,5849	1,8209	77,3585	1,8624
Y	76,4151	2,0651	78,3019	1,9453
Cb	76,4151	1,9911	83,9623	1,9634
Cr	73,5849	1,9708	79,2453	1,9722

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa layer terbaik untuk citra Bangka Belitung yaitu G (*green*) dengan akurasi 77,3585% dan waktu komputasi 1,8628 detik, dan untuk citra Sebuku yaitu Cb (*chroma blue*) dengan akurasi 83,9623% dan waktu komputasi 1,9634 detik.

4.2 Pengaruh Jenis *Subband* Terhadap Akurasi Sistem

Pada skenario ini, untuk mengetahui jenis *subband* yang paling tepat dilakukan pengujian pada keempat *subband* yaitu LL, LH, HL, dan HH. Adapun untuk *layer* yang digunakan adalah G untuk citra Bangka Belitung, dan Cb untuk citra Sebuku. *Level* dekomposisi adalah 1, menggunakan kombinasi dari semua jenis *feature*, dan kernel SVM yang digunakan yaitu Gaussian. Citra yang digunakan yaitu 160 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Sebuku dan 138 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Bangka Belitung. Citra untuk kedua pulau tersebut dibagi menjadi 3 kelas jenis batuan dan 1 kelas untuk latarnya.

Tabel 2 Hasil Pengujian Subband

Subband	Bangka Belitung		Pulau Sebuku	
	Akurasi (%)	Waktu (detik)	Akurasi (%)	Waktu (detik)
LL	77,3585	1,8628	83,9623	1,9634
LH	68,8679	1,8957	60,3774	2,0876
HL	72,6415	1,9432	66,0377	1,9679
HH	71,6981	1,9133	60,3774	2,0886

Tabel 2 menunjukkan bahwa *subband* terbaik untuk citra Bangka Belitung maupun Sebuku yaitu LL. Akurasi 77,3585% dengan waktu komputasi 1,8628 detik untuk Bangka Belitung dan akurasi 83,9623% dengan waktu komputasi 1,9634 detik untuk Sebuku. *Subband* LL memiliki akurasi yang lebih tinggi dan waktu komputasi yang lebih rendah dari *subband* lainnya.

4.3 Pengaruh *Level* Dekomposisi Terhadap Akurasi Sistem

Pada skenario ini, untuk mengetahui *level* dekomposisi yang paling tepat dilakukan pengujian pada rentang 1 sampai dengan 5. Untuk *layer* yang digunakan adalah G untuk citra Bangka Belitung, dan Cb untuk citra Sebuku. Jenis *subband* adalah LL, menggunakan kombinasi dari semua jenis *feature*, dan kernel SVM yang digunakan yaitu Gaussian. Citra yang digunakan yaitu 160 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Sebuku dan 138 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Bangka Belitung. Citra untuk kedua pulau tersebut dibagi menjadi 3 kelas jenis batuan dan 1 kelas untuk latarnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Level Dekomposisi

Level	Bangka Belitung		Pulau Sebuku	
	Akurasi (%)	Waktu (detik)	Akurasi (%)	Waktu (detik)
1	77,3585	1,8628	83,9623	1,9634
2	80,1887	1,8576	84,9057	1,9814
3	81,1321	1,9086	83,9623	1,9503
4	80,1887	1,9457	84,9057	2,0174
5	77,3585	1,9434	81,1321	2,0780

Level dekomposisi terbaik untuk citra Bangka Belitung adalah 3 dengan akurasi 81,1231% dengan waktu komputasi 1,9086 detik, dan untuk citra Sebuku adalah 2 dengan akurasi 84,9057% dan waktu komputasi 1,9814 detik. Terjadi tingkat akurasi yang sama pada citra Pulau Sebuku yaitu pada *level* 2 dan 4. Tetapi pada *level* dekomposisi 2, waktu komputasi lebih singkat yaitu 1,9814 detik dibandingkan 2,0174 detik.

4.4 Pengaruh *Feature Selection* Terhadap Akurasi Sistem

Pada skenario ini, untuk mengetahui *feature* yang paling tepat dilakukan pengujian pada kombinasi dari 5 *feature* yaitu *mean*, *variance*, *skewness*, *kurtosis*, dan *standard deviation*. Untuk *layer* yang digunakan adalah G untuk citra Bangka Belitung, dan Cb untuk citra Sebuku. Jenis *subband* adalah LL, dan kernel SVM yang digunakan yaitu Gaussian. Citra yang digunakan yaitu 160 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Sebuku dan 138 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Bangka Belitung. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil Pengujian Feature Selection

M = Mean	V = Variance	S = Skewness	K = Kurtosis	SD = Standard Deviation
Feature	Bangka Belitung		Pulau Sebuku	
	Akurasi (%)	Waktu (detik)	Akurasi (%)	Waktu (detik)
M	50	2,4612	64,1509	1,9676
V	70,7547	2,3045	66,9811	1,9961
S	66,0377	2,0656	58,4906	1,8555
K	46,2264	2,0815	60,3774	1,9397
SD	68,8679	2,0246	66,0377	1,9080
M, V	66,0377	2,0691	83,0189	2,2979
M, S	57,5472	2,1761	76,4151	2,2546
M, K	54,7170	2,1019	78,3019	2,2424
M, SD	66,9811	1,9954	83,0189	2,2561
V, S	83,0189	2,1936	75,4717	2,1521
V, K	75,4717	1,6282	68,8679	2,2183
V, SD	70,7547	2,0373	66,0377	2,2030
S, K	70,7547	2,0106	60,3774	2,4060
S, SD	83,9623	2,0210	75,4717	2,1022
K, SD	74,5283	2,4284	69,8113	2,2543
M, V, S	76,4151	2,4556	80,1887	2,0917
M, V, K	69,8113	2,0685	82,0755	2,0573
M, V, SD	67,9245	2,0959	83,0189	2,0778
M, S, K	59,4340	2,0399	80,1887	2,0748
M, S, SD	77,3585	1,9930	83,0189	2,0968
M, K, SD	69,8113	2,0366	84,9057	2,1959
V, S, K	82,0755	2,43	74,5283	2,1226
V, S, SD	83,9623	2,0299	75,4717	2,1455
V, K, SD	74,5283	1,9688	67,9245	2,1069
S, K, SD	84,9057	2,0448	75,4717	2,1572
M, V, S, K	77,3585	2,1591	81,1321	2,1327
M, V, S, SD	79,2453	2,0878	83,9623	1,9508
M, V, K, SD	71,6981	1,9887	85,8491	2,1626
M, S, K, SD	80,1887	1,9510	85,8491	1,8947
V, S, K, SD	83,9623	2,0983	79,2453	2,1303
M, V, S, K, SD	77,3585	1,9434	84,9057	1,9814

Feature selection yang paling tepat untuk citra Bangka Belitung adalah kombinasi dari *skewness*, *kurtosis*, dan *standard deviation* dengan akurasi 84,9057% dengan waktu komputasi 2,0448 detik, dan untuk citra Sebuku adalah kombinasi dari *mean*, *skewness*, *kurtosis*, dan *standard deviation* dengan akurasi 85,8491% dan waktu komputasi 1,8947 detik. Kombinasi dilakukan dari 1 sampai dengan 5 *feature* yang digunakan. Urutan *feature* tidak berpengaruh pada hasil dan tidak diperkenankan *feature* yang kembar dalam pengujian.

4.5 Pengaruh Kernel SVM Terhadap Akurasi Sistem

Pada skenario terakhir ini, untuk mengetahui kernel SVM yang paling tepat, dilakukan pengujian terhadap 3 kernel yaitu Linear, Gaussian, dan Polynomial. Untuk *layer* yang digunakan adalah G untuk citra Bangka Belitung, dan Cb untuk citra Sebuku. Jenis *subband* adalah LL, dan *level* dekomposisi untuk citra Bangka Belitung adalah 3 dan untuk citra Sebuku adalah 2. *Feature* yang dipilih untuk citra Bangka Belitung adalah kombinasi dari *skewness*, *kurtosis*, dan *standard deviation* dan untuk citra Sebuku adalah kombinasi dari *mean*, *skewness*, *kurtosis*, dan *standard deviation*. Citra yang digunakan yaitu 160 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Sebuku dan 138 citra latih dan 110 citra uji untuk Pulau Bangka Belitung. Citra untuk kedua pulau tersebut dibagi menjadi 3 kelas jenis batuan dan 1 kelas untuk latarnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil Pengujian Kernel SVM

Kernel	Bangka Belitung		Pulau Sebuku	
	Akurasi (%)	Waktu (detik)	Akurasi (%)	Waktu (detik)
Linear	75,4717	2,0301	76,4151	2,4359
Gaussian	84,9057	2,0448	85,8491	2,1626
Polynomial	83,0189	1,9994	86,7925	2,0972

Kernel SVM yang paling tepat untuk citra Bangka Belitung adalah Gaussian dengan akurasi 84,9057% dengan waktu komputasi 2,0448 detik, dan untuk citra Sebuku adalah Polynomial dengan akurasi 86,7925% dan waktu komputasi 2,0972 detik.

5. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil terbaik yang didapatkan setelah melakukan proses pengujian pada citra petrografi dengan metode ekstraksi ciri DWT dan klasifikasi SVM adalah akurasi 84,9057% dengan waktu komputasi 2,0448

detik untuk pasir mineral Pulau Bangka Belitung, dan akurasi 86,7925% dengan waktu komputasi 2,0972 detik untuk citra Sebuku.

2. Parameter optimal yang digunakan pada metode DWT yaitu pada subband LL, level dekomposisi 3 untuk citra Bangka Belitung dan 2 untuk citra Sebuku, dan layer yang digunakan adalah G (green) untuk citra Bangka Belitung, dan Cb (chroma blue) untuk citra Sebuku.
3. Parameter yang paling optimal pada metode klasifikasi SVM yaitu dengan menggunakan kernel Gaussian pada citra Bangka Belitung dan Polynomial pada citra Pulau Sebuku.

Daftar Pustaka

- [1] D. S. Graha, *Batuan dan Mineral*, Bandung: Nova, 1987.
- [2] H. Blatt and R. J. Tracy, *Petrology: Igneous, Sedimentary, and Metamorphic*, New York: W.H. Freeman, 1996.
- [3] I. Hardjono, *Vulkanologi dan Mineralogi Petrografi*, Surakarta: MUP UMS, 2015.
- [4] A. Kadir and A. Susanto, *Teori Dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Yogyakarta: Andi, 2013.
- [5] Sutarno, "Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Sinyal Wajah," *Jurnal Generic*, vol. 5, no. 2, pp. 15-21, 2010.
- [6] C. S. Burrus, R. A. Gopinath and H. Guo, *Introduction to Wavelets and Wavelet Transform: A Primer*, Houston: Pearson, 1997.
- [7] D. R. Sulistyaningrum and H. Khukmiyati, "Penerapan Transformasi Wavelet Diskrit untuk Reduksi Noise pada Citra Digital," *Limits*, vol. 1, no. 1, pp. 49-57, 2004.
- [8] MathWorks, "dwt2," The MathWorks, Inc., [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/wavelet/ref/dwt2.html>. [Accessed 10 December 2018].
- [9] S. Madenda, *Pengolahan Citra & Video Digital*, Jakarta: Erlangga, 2016.
- [10] L. Berry, B. Mason and R. Dietrich, *Mineralogy : Second Edition*, New York: W.H. Freeman and Company, 1983.
- [11] S. Fachrurrazi, "Penggunaan Metode Support Vector Machine (SVM) Untuk Mengklasifikasi dan Memprediksi Angkutan Udara dan Jenis Penerbangan Domestik dan Internasional di Banda Aceh," in *Universitas Sumatera Utara*, Medan, 2012.
- [12] A. S. Nugroho, A. B. Witarto and D. Handoko, "Application of Support Vector Machine in Bioinformatics," in *Proceeding of Indonesian Scientific Meeting in Central Japan*, Gifu, 2003.