

IDENTIFIKASI JENIS BATUAN BEKU MELIHAT BENTUK POLA BATUAN MENGUNAKAN METODE *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* (DWT) DAN *K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN)

*Identification Pattern Of Igneous Rock Using The Discrete Wevelet Transform (DWT)
Method And K-Nearest Neighbor (K-NN)*

Setyo Nugroho Wibowo¹, Dr.Ir.Bambang Hidayat, DEA², Dr.Ir.Johan Arif³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

¹setyonugrohowibowo@yahoo.com, ²bhidayat@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Batuan – batuan hasil proses alamiah sangat banyak jenisnya, umumnya terbagi menjadi tiga proses utama yaitu proses kristalisasi yang menghasilkan jenis batuan beku, proses metamorfisme yang menghasilkan jenis batuan metamorf, proses pengendapan yang menghasilkan jenis batuan sedimen. Dari tiap jenis batuan tadi juga menghasilkan batuan yang berbeda seperti batuan sedimen meliputi konglomerat, batu pasir, batuan gamping dan sebagainya, batuan beku juga terbagi lagi seperti batuan granit, batuan andesit dan batuan basalt. Dan jenis batuan metamorf juga terbagi lagi meliputi batuan marmer dan batusabak. Melihat banyaknya jenis batuan diatas, sebagai ahli geologi dalam menentukan jenis batuan menggunakan panca indra penglihatan masih memiliki kelemahan.

Pada Tugas Akhir ini, penulis akan mendesain sebuah perangkat lunak menggunakan MATLAB diharapkan sistem mampu mengklasifikasikan jenis batuan. Sistem ini akan diberi masukan berupa citra digital dari batuan yang akan dideteksi, yang kemudian akan dilakukan proses standardisasi citra. Sistem akan bekerja dengan pertama melakukan ekstraksi ciri untuk mendapatkan informasi di dalam citra melalui salah satu jenis dari *Transformasi Wavelet* yaitu *Discrete Wavelet Transform*(DWT). Setelah didapatkan ciri citra, selanjutnya adalah klasifikasi citra melalui metode jarak terdekat atau *K-Nearest Neighbor* (KNN) yang kemudian akan dikelompokkan dalam rentang citra tersebut.

Dari hasil pengujian, sistem yang telah dibangun mampu mendeteksi batuan dengan level DWT yang digunakan adalah level 1, dengan akurasi terbaik adalah 98.33%. Dalam sistem ini, perubahan jenis *mother wavelet* tidak terlalu berpengaruh besar. Dan untuk komponen terbaik dalam sistem ini adalah komponen LL pada proses DWT dengan akurasi 98.33%. Sedangkan pada proses klasifikasi K-NN jenis *distance* terbaik yang bisa digunakan adalah jenis *Euclidean* dan *Cityblock* dengan akurasi terbaik 98.33% dengan parameter yang terbaik ada pada k=1 dan k=3.

Kata Kunci : Jenis Batuan, Deteksi Citra, *Discrete Wavelet Transform*, *K-Nearest Neighbor*.

ABSTRACT

The natural process of rocks is very much a result of its kind, is generally consist of 3 main processes, first process is crystallization that that generates the type of igneous rock, second process is metamorfisme that produces a type of metamorphic rock, the deposition process that produces a type of sedimentary rock. Of each type of rock above also produces different of rock such as sedimentary rocks consist of konglomerat, sandstone, limestone rocks and so forth, igneous rocks are also divided as granite, rocks of andesite and basalt rocks. And the type of metamorphic rock are also divided consist of marble rocks and slite. See the large number of different types of rocks above, as geologists in determining the types of rocks using a sense of sight certainly has its disadvantages.

In this final Task, the writer will design a software using MATLAB expected the system capable of detecting the kind of rocks. This system will be provided with input in the form of a digital image of the rock that will be detected, which will then be carried out standardization process image. The system will first work with the extraction of characteristics to obtain information in the image through one type of Wavelet transform that is Discrete Wavelet Transform (DWT). After obtained characteristic image, next is the classification of the image through the nearest distance method or the K-Nearest Neighbor (KNN) which will then be grouping in vulnerable image.

From the test results, the system that has been developed able to detect rocks with a DWT level used is level 1, with the best accuracy was 98.33%. In this system, changes the type of the mother wavelet is not too influential. And for the best component in this system is a component of LL in the DWT with 98.33% accuracy. While in the process of K-NN classification type of the distance that can be used is the best kind of Euclidean and the best accuracy with Cityblock 98.33% with the best parameters there are at $k = 1$ and $k = 3$.

Keywords: Rock Type, Image Detection, Discrete Wavelet Transform, K-Nearest Neighbor.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Geologi adalah ilmu bumi yang mempelajari asal, struktur, komposisi, dan sejarah (termasuk perkembangan kehidupan) serta proses yang telah menyebabkan keadaan saat bumi seperti ini [1].

Batuan terbentuk melalui proses alamiah, secara umum dibagi kedalam 3 proses utama, yaitu proses kristalisasi, dari proses kristalisasi akan mendapatkan jenis batuan beku. Proses metamorfisme, dari proses metamorfisme akan mendapatkan jenis batuan metamorf. Terakhir proses pengendapan, akan menghasilkan jenis batuan sedimen.

Batuan sedimen sendiri terbagi menjadi silisiklastik, organik, kimiawi. Batuan jenis silisiklastik juga terbagi bermacam jenisnya seperti batuan konglomerat, batupasir, dan batuan lumpur. Batuan jenis organik terbagi menjadi dua batuan, yaitu batu gamping dan batubara. Batuan jenis kimiawi terbagi menjadi dua macam batu rijang dan batu *gypsum*. Sedangkan batuan beku terbagi menjadi tiga batuan, seperti batuan granit, batuan andesit, batuan basalt. Dan batuan metamorf terbagi menjadi 2 yaitu batuan marmer dan batusabak.

Melihat banyaknya jenis batuan diatas, sebagai ahli geologi dalam menentukan jenis batuan menggunakan panca indra penglihatan masih memiliki kelemahan.

Dari permasalahan tersebut, penulis telah merancang sebuah sistem untuk pembandingan ahli geologi dalam mengklasifikasikan jenis-jenis batuan melihat dari tekstur batuan melalui proses pengolahan citra digital menggunakan metode ekstraksi ciri *Discrete Wavelet Transform* (DWT), membagi citra menjadi *subband-subband* yang memiliki frekuensi tinggi dan rendah, yang disebut dengan dekomposisi. Untuk metode klasifikasi yang digunakan adalah *K-Nearest Neighbor* (KNN) yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu tahap pelatihan dan tahap pengujian. Tahap pelatihan bertujuan untuk mendapatkan parameter ciri yang akan digunakan sebagai masukan untuk tahap pengujian. Tahap pengujian bertujuan untuk melihat bagaimana sistem berjalan dari awal sampai akhir dengan beberapa parameter pengujian. Sistem dirancang menggunakan aplikasi MATLAB R2015a.

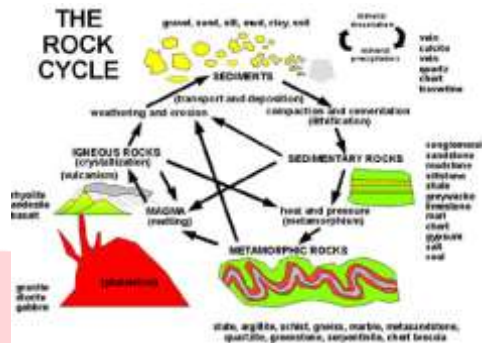
Penelitian ini diharapkan dapat menciptakan sistem yang dapat mengklasifikasikan jenis batuan dengan akurasi yang baik dengan penggunaan metode yang tepat.

2. Kajian Pustaka

2.1 Jenis – Jenis Batuan

Batuan adalah benda alam yang tersusun dari satu atau lebih mineral pembentuk kerak bumi. Kebanyakan batuan merupakan campuran mineral yang tergabung secara fisik satu sama lain. Batuan umumnya tersusun oleh gabungan mineral, bahan organik serta bahan-bahan vulkanik.

Berdasarkan proses pembentukannya, secara umum dibagi kedalam 3 proses utama, yaitu proses kristalisasi, dari proses kristalisasi akan terbentuk jenis batuan beku. Proses metamorfisme, dari proses metamorfisme akan terbentuk jenis batuan metamorf. Proses terakhir proses pengendapan, akan terbentuk jenis batuan sedimen.

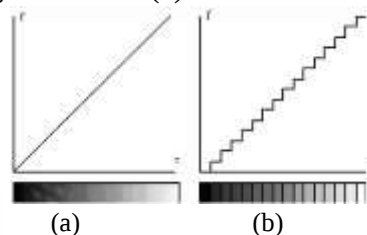


Gambar 2.1. Siklus Batuan [2]

2.2 Citra Digital^{[6][8]}

Komputer merupakan alat yang beroperasi dalam sistem *digital* yang menggunakan *bit* dan *byte* dalam pengukuran datanya, dan yang terpenting dalam sistem *digital* adalah sifatnya yang diskrit, bukan kontinu. Pada dasarnya citra asal bersifat analog atau kontinu. Sedangkan yang dibutuhkan oleh komputer adalah sebuah citra yang bersifat diskrit. Untuk merubah citra yang bersifat kontinu ke diskrit diperlukan sebuah cara untuk mengubahnya dalam bentuk data *digital*, dalam hal ini komputer menggunakan sistem bilangan biner untuk melakukan konversi. Dengan menggunakan sistem bilangan biner ini, citra dapat diproses dalam komputer dengan sebelumnya mengekstrak informasi citra analog asli dan mengirimkannya ke komputer dalam bentuk biner. Proses ini disebut dengan digitisasi. Digitisasi dapat dilakukan oleh alat seperti kamera *digital* atau *scanner*.

Citra digital merupakan citra yang tersusun dari piksel diskrit dari tingkat kecerahan dan warna yang telah terkuantisasi. Jadi pada citra asal seperti tingkat kecerahan, warna, dan sebagainya harus dirubah ke bentuk diskrit. Seperti Gambar 2.2. dibawah ini. Terlihat sebuah kurva tingkat kecerahan yang kontinu dengan nilai hitam dan putih yang tidak terbatas (a). dan kurva tingkat kecerahan setelah mengalami kuantisasi dalam 16 tingkatan diskrit(b).



Gambar 2.2. (a) Tingkat kecerahan yang kontinu, (b) Tingkat kecerahan yang telah terkuantisasi 16 step diskrit.

Citra digital berbentuk empat persegi panjang dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (lebar x panjang). Citra digital yang tingginya N , lebarnya M dan memiliki L derajat keabuannya dapat dianggap sebagai fungsi:

$$f(x,y) \begin{cases} 0 \leq x \leq M \\ 0 \leq y \leq N \\ 0 \leq f \leq L \end{cases} \quad (1)$$

Citra digital yang berukuran $N \times M$ lazimnya dinyatakan dengan matriks berukuran N baris dan M kolom, dan masing-masing elemen pada citra digital disebut pixel.

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.3 Ekstraksi Ciri Dengan Discrete Wavelet Transform (DWT)^[9]

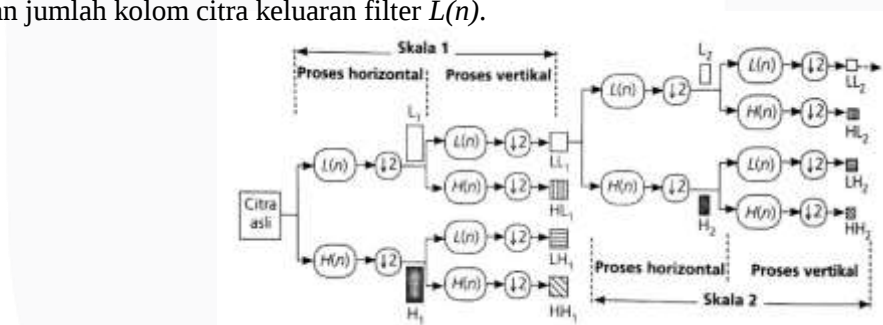
Transformasi wavelet diskret (DWT) merupakan salah satu metode yang sangat terpakai dan sangat baik untuk representasi dan analisis sinyal diskret. Kelebihan dari DWT adalah pada saat yang bersamaan dapat memberikan informasi frekuensi dan informasi temporal, berbeda dengan DFT dan

DCT yang hanya memberikan informasi frekuensi. Sehingga, DWT lebih sering digunakan untuk analisis *time-frequency* dari sebuah sinyal.

Transformasi wavelet diskret adalah sembarang bentuk gelombang atau sinyal elektrik yang disampel secara diskret kemudian dilakukan proses transformasi. DWT pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli matematika Hungaria bernama Alfred Haar. Untuk sederetan data sinyal masukan yang direpresentasikan dalam bilangan numerik 2^n , transformasi wavelet Haar ini menyatakan bahwa setiap pasang bilangan data masukan itu dapat dinyatakan dalam satu nilai selisih dan satu nilai jumlah antara keduanya. Bagian deretan nilai selisih dapat disimpan dan bagian deretan nilai jumlah dapat digunakan untuk proses transformasi yang sama seperti di atas, sehingga proses transformasi dapat dilakukan secara berulang dan rekursif. Transformasi secara rekursif ini disebut sebagai *multiscale transform* (transformasi multi-skala), dimana pada akhir proses transformasi ini akan menghasilkan $2^n - 1$ bagian nilai selisih dan satu bagian nilai jumlah.

Dalam DWT, bagian nilai jumlah dinyatakan sebagai *koefisien aproksimasi* yang berisikan informasi global atau komponen frekuensi rendah yang terdapat dalam sebuah citra, sedangkan bagian nilai selisih dikenal sebagai *koefisien wavelet* yang berisikan informasi detail atau informasi frekuensi tinggi. Koefisien frekuensi tinggi inilah yang akan digunakan sebagai parameter untuk mengetahui kualitas citra yang baik.

Gambar 2.3. memperlihatkan proses transformasi wavelet multi-skala dari sebuah citra. Proses transformasi dimulai dari perhitungan secara bersamaan terhadap komponen dari citra asli: komponen frekuensi rendah dengan fungsi *low-pass filter* $L(n)$, komponen frekuensi tinggi dengan fungsi *high-pass filter* $H(n)$. Proses ini dilakukan pada arah *horizontal* antara dua piksel atau lebih, dimulai pada baris pertama dari kolom pertama hingga kolom terakhir, kemudian dilanjutkan ke baris berikutnya hingga baris terakhir. Simbol operator *downsampling* $\downarrow 2$ bermakna bahwa untuk setiap dua kolom citra asli akan tinggal menghasilkan satu kolom setelah proses. Ini sama seperti proses subsampling. Dengan demikian, keluaran dari filter $L(n)$ adalah citra L_1 yang berisikan informasi global yang mirip dengan citra aslinya namun jumlah kolomnya menjadi setengahnya, sedangkan keluaran dari filter $H(n)$ adalah citra H_1 yang mengandung informasi detail dengan jumlah kolomnya sama dengan jumlah kolom citra keluaran filter $L(n)$.



Gambar 2.3. Struktur proses transformasi wavelet multi-skala [9]

2.4 Klasifikasi K- Nearest Neighbor (K- NN)^[12]

K-Nearest Neighbor atau K-NN adalah salah satu algoritma *instance based learning* atau *case-based reasoning*. Dimana *case-based reasoning* sendiri adalah sebuah pendekatan penyelesaian masalah dengan cara memanfaatkan kondisi yang telah dilakukan sebelumnya. K-NN bisa dikatakan sebagai algoritma *supervised learning* dimana hasil dari *instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori K-tetangga terdekat. K-NN digunakan dalam banyak aplikasi *data mining*, *statistical pattern recognition*, *image processing*, dan lain sebagainya. Tujuan dari algoritma ini adalah untuk mengklasifikasikan obyek baru berdasarkan atribut dan sampel-sample dari *data training*.^[6]

Dalam pengklasifikasiannya, algoritma K-NN menggunakan *neighborhood classification* sebagai nilai prediksi dari nilai *instance* yang baru. K-NN bekerja berdasarkan jarak minimum dari data baru ke sample data latih untuk menentukan K tetangga terdekat. Setelahnya nantinya akan kita dapatkan nilai mayoritas sebagai hasil prediksi dari data yang baru tersebut.

Langkah – langkah dari algoritma *K – Nearest Neighbor* (K-NN):

1. Tentukan parameter K = jumlah banyaknya tetangga terdekat.
2. Hitung jarak antar data baru dan semua data yang ada di data latih.
3. Urutkan jarak tersebut dan tentukan tetangga mana yang terdekat berdasarkan jarak minimum ke $- K$.
4. Tentukan kategori dari tetangga terdekat.
5. Gunakan kategori mayoritas yang sederhana dari tetangga yang terdekat tersebut sebagai nilai prediksi dari data yang baru.

3. Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem

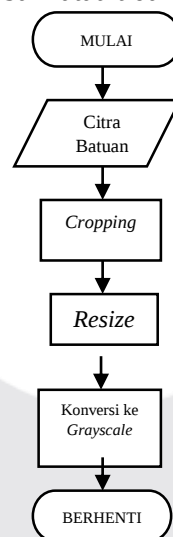
Aplikasi yang akan di implementasikan merupakan aplikasi yang dapat mendeteksi citra digital, yang nantinya dari citra digital tersebut akan diproses untuk bisa membedakan jenis batuan melalui tekstur batuan. Berikut alur kerja sistem, aplikasi akan bekerja melalui beberapa tahapan meliputi *preprocessing*, ekstraksi ciri, klasifikasi.



Gambar 3.1. Blok diagram sistem

Dalam perancangan tugas akhir ini, terlihat pada gambar 3.1. ada 3 tahapan penting. Pada proses pertama yaitu blok *preprocessing*, dimana pada tahap ini citra akan dibaca oleh sistem dan dilakukan proses *standarisasi*. Meliputi proses penghilangan *noise*, menghilangkan *background*, *cropping* dan lain sebagainya. Tahapan yang kedua adalah blok ekstraksi ciri, setelah proses *preprocessing* dilakukan, berikutnya sinyal citra uji akan diambil cirinya menggunakan metode ekstraksi ciri DWT (*Discrete Wavelet Transform*). Setelah didapatkan ciri dari citra dari citra latih, berikutnya adalah sistem akan melakukan klasifikasi menggunakan metode KNN (*K-Nearest Neighbor*) untuk menentukan jenis batuan tersebut termasuk dalam jenis batuan yang baik atau tidak.

3.2. Blok Preprocessing

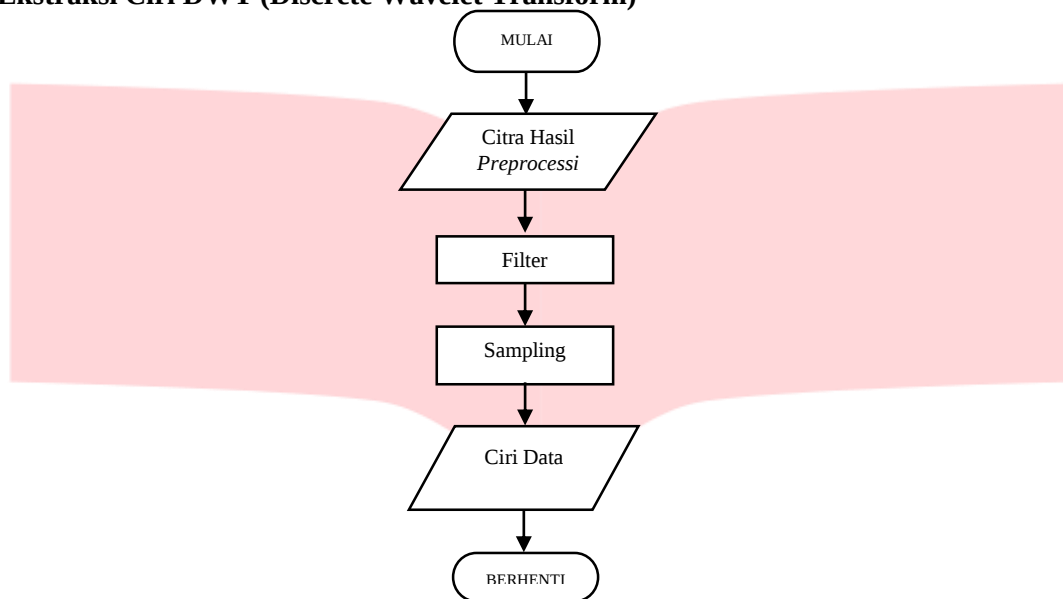


Gambar 3.2. Diagram alir Preprocessing

Pada tahap ini citra yang akan diuji akan melalui tahapan *preprocessing*, meliputi *cropping*, *resize*, *grayscale*. Seperti terlihat pada gambar 3.2. proses pertama yaitu *cropping*, citra yang dibutuhkan oleh sistem adalah citra yang akan dideteksi saja. Sehingga diperlukan proses *cropping* untuk memisahkan bagian *background* citra dan bagian citra yang akan dideteksi. Proses kedua adalah *resize*, tujuan dari proses *resize* adalah agar citra inputan mempunyai ukuran resolusi yang sama, sehingga nantinya dalam proses komputasi akan lebih cepat. Dalam proses *resize*, citra inputan akan di ubah ukuran resolusinya menjadi ukuran 1024x1024. Proses terakhir adalah *grayscale*, citra inputan umumnya adalah sebuah citra tiga dimensi yang terdiri dari tiga *layer* yaitu *layer red*, *layer green*, dan *layer blue*. Namun dalam

sistem ini dalam melakukan deteksi melihat dari teksturnya, sehingga perlu kita ubah komponen citra tiga dimensi menjadi satu dimensi atau disebut dengan citra grayscale.

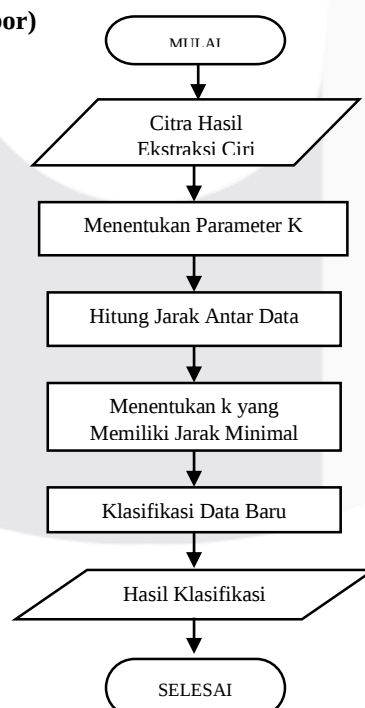
3.3. Ekstraksi Ciri DWT (Discrete Wavelet Transform)



Gambar 3.3. Diagram alir Ekstraksi Ciri DWT (*Discrete Wavelet Transform*)

Pada tahap ini adalah ekstraksi ciri menggunakan metode DWT (*Discrete Wavelet Transform*), yaitu dengan melewati sinyal dengan frekuensi tinggi menggunakan filter HPF (*High Pass Filter*) dan frekuensi rendah menggunakan filter LPF (*Low Pass Filter*). Proses utama dalam metode DWT adalah melakukan dekomposisi. Seperti terlihat pada gambar 3.3. Proses pertama pada DWT adalah melakukan dekomposisi pada level satu pada citra. Kemudian citra tersebut difilter menggunakan LPF dan HPF secara baris untuk semua baris dan dilanjutkan secara kolom untuk semua kolom. Setelah difilter, langkah berikutnya pada metode DWT adalah proses operasi sub sampling, sehingga akan menghasilkan 4 buah *Subband* yaitu LL, LH, HL, dan HH. Sehingga didapatkan koefisien *wavelet* level 1. Proses ini diulang sampai dekomposisi ke enam. Sehingga akan didapatkan koefisien *wavelet* masing-masing *subband* hingga level 6. Hasil koefisien *wavelet* inilah yang nantinya akan mencari ciri dari suatu citra.

3.4. Klasifikasi KNN (K- Nearest Neighbor)



Gambar 3.4. Diagram alir Klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*)

Setelah diproses koefisien DWT dari proses sebelumnya, berikutnya akan dilakukan proses klasifikasi KNN terlihat pada gambar 3.4. untuk menentukan apakah jenis batuan tersebut masih layak digunakan atau tidak. Tahap pertama dalam klasifikasi KNN adalah menentukan parameter k yang digunakan. Parameter k adalah variable yang bernilai ganjil.

Setelah menentukan nilai parameter k, proses berikutnya adalah menghitung jarak antara citra uji ke citra latih yang telah disimpan sebelumnya. Banyaknya parameter k akan mempengaruhi terhadap penentuan jarak ke beberapa citra latih sesuai dengan jumlah parameter k. Klasifikasi data baru dilakukan berdasarkan hasil perhitungan jarak minimal ke beberapa titik sesuai jumlah parameter k. Klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*) akan mengklasifikasikan citra uji tersebut sesuai dengan banyaknya kelas yang dominan pada saat perhitungan jarak minimal.

3.5. Performansi Sistem

3.5.1. Akurasi

Akurasi adalah ukuran ketelitian sistem dalam mengenali *input* yang diberikan sehingga menghasilkan *output* yang benar. Parameter akurasi secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data terdeteksi benar}}{\text{Jumlah data keseluruhan}} \times 100\% \quad (3)$$

3.5.2. Waktu Komputasi

Waktu Komputasi adalah waktu yang diperlukan sistem dalam melakukan proses dari awal sampai akhir. Parameter waktu komputasi secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Waktu Komputasi} = \text{waktu akhir} - \text{waktu mulai} \quad (4)$$

4. Pengujian Sistem

4.1 Pengaruh Ukuran Terhadap Akurasi Output Sistem

Untuk menganalisis pengaruh ukuran terhadap akurasi *output* sistem terdapat beberapa skenario yang diujikan. Dalam skenario ini dilakukan pengujian dengan nilai *threshold* yaitu 256x256, 512x512, dan 1024x1024. Parameter K yang digunakan dalam pengujian ini adalah 1, 3, 5, 7, dan 9. Dalam pengujian digunakan data latih sebanyak 10 buah citra dan data uji sebanyak 20 buah citra masing-masing kelas, total kelas sejumlah 6 kelas sehingga total data keseluruhan ada 180 citra. Pengujian menggunakan Level DWT 2, menggunakan komponen DWT LL, dengan tipe DWT = db1 atau *Haar*, menggunakan jenis hitungan jarak KNN *Euclidean*. Dari hasil pengujian, dilakukan analisis akurasi sistem menggunakan Persamaan 3.1.

Ciri Histogram:

Ukuran	K	Citra Makroskopis		Citra Mikroskopis	
		Akurasi Uji	Waktu	Akurasi Uji	Waktu
256x256	1	65.00	0.071	70.00	0.069
	3	76.67	0.071	73.33	0.069
	5	75.00	0.071	60.00	0.069
	7	76.67	0.071	63.33	0.069
	9	68.33	0.071	70.00	0.069
512x512	1	83.33	0.118	76.67	0.117
	3	86.67	0.118	73.33	0.117
	5	83.33	0.118	66.67	0.117
	7	83.33	0.118	68.33	0.117
	9	81.67	0.118	70.00	0.117
1024x1024	1	85.00	0.313	73.33	0.326
	3	85.00	0.313	75.00	0.326
	5	81.67	0.313	68.33	0.326

Ciri Statistik:

Ukuran	K	Citra Makroskopis		Citra Mikroskopis	
		Akurasi Uji	Waktu	Akurasi Uji	Waktu
256x256	1	68.33	0.089	75.00	0.075
	3	76.67	0.089	73.33	0.075
	5	78.33	0.089	61.67	0.075
	7	73.33	0.089	63.33	0.075
	9	68.33	0.089	71.67	0.075
512x512	1	85.00	0.140	76.67	0.145
	3	85.00	0.140	75.00	0.145
	5	80.00	0.140	66.67	0.145
	7	81.67	0.140	71.67	0.145
	9	83.33	0.140	70.00	0.145
1024x1024	1	86.67	0.431	73.33	0.428
	3	85.00	0.431	73.33	0.428
	5	81.67	0.431	68.33	0.428

	7	81.67	0.313	70.00	0.326		7	81.67	0.431	70.00	0.428
	9	80.00	0.313	73.33	0.326		9	80.00	0.431	71.67	0.428

5. Kesimpulan

5.1. Kesimpulan

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

1. Sistem ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis batuan beku menggunakan metode ekstraksi ciri DWT dan metode klasifikasi K-NN.
2. Setelah dilakukan pengujian terhadap pengaruh ukuran terhadap citra pada proses *preprocessing*, semakin besar ukuran citra maka akurasi akan semakin baik.
3. Setelah dilakukan pengujian terhadap pengaruh level DWT, didapatkan level DWT terbaik pada ciri *histogram* ada pada level 1 dengan akurasi 98.33 %, pada ciri statistik ada pada level 1 dengan akurasi 98.33 %.
4. Setelah dilakukan pengujian terhadap pengaruh jenis *mother wavelet* DWT pada proses ekstraksi ciri, perubahan jenis *mother wavelet* DWT tidak terlalu mempengaruhi akurasi *output* sistem.
5. Setelah dilakukan pengujian terhadap pengaruh komponen DWT, didapatkan komponen DWT terbaik yaitu pada ciri *histogram* komponen DWT LL dengan akurasi 98.33 %, pada ciri statistik komponen DWT LL dengan akurasi 98.33 %.
6. Setelah dilakukan pengujian terhadap pengaruh *distance* K-NN, didapatkan *distance* K-NN pada ciri *histogram* akurasi terbaik 98.33 % ada pada *distance Euclidean* dan *Cityblock*, ciri statistik akurasi terbaik 98.33% ada pada *distance Euclidean* dan *Cityblock*.
7. Parameter K terbaik ada pada K=1 dan K=3 pada setiap pengujian.

Daftar Pustaka

- [1] D. G. A. Whitten and J. R. V. Brooks, Dictionary of Geology, U.K.: Penguins Books, 1982.
- [2] USGS, "Overview of Geologic Fundamentals", 03 Mei 2017. [Online]. Available: <https://3dparks.wr.usgs.gov/nyc/common/geologicbasics.htm>. [Accessed 06 Juni 2017].
- [3] Nandi, Handout Geologi Lingkungan, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia, 2010.
- [4] Monroe, James S., and Reed Wicander, The Changing Earth: Exploring Geology and Evolution, 2nd ed. Belmont: West Publishing Company, 1997.
- [5] Koesoemadinata, R.P. Prinsip-Prinsip Sedimentasi. Departemen Teknik ITB. Bandung. 1996.
- [6] Munir R., Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik, Bandung: Informatika Bandung, 2004.
- [7] O. Dwi and N. , "Multimedia Pembentukan Citra", 11 Agustus 2010. [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/20108/>. [Accessed 27 Mei 2017].
- [8] D. F. Alfatwa, "Watermarking Pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform," Institut Teknologi Bandung, 2010. [Online]. Available: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/>. [Accessed 10 September 2016].
- [9] S. Madenda, Pengolahan Citra & Video Digital, Jakarta: Erlangga, 2016.
- [10] K. Anwar, A. Sugiharto and P. S. Sasongko, "Diponegoro University," 01 Desember 2009. [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/1947/>. [Accessed 29 Agustus 2016].
- [11] Van Fleet, P. J., "Discrete Wavelet Transfotmations: An Elementary Approach with Applications", Wileyinterscience. John Wiley & Sons Inc. Publication, 2008.
- [12] D. Enda, "K-Nearest Neighbor," 23 Januari 2014. [Online]. Available: <http://depandienda.it.student.pens.ac.id/>. [Accessed 05 Oktober 2016].