

SIMULASI DAN ANALISIS SISTEM KLASIFIKASI BATUBARA MENGGUNAKAN *DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT)*, *FUZZY COLOR HISTOGRAM (FCH)* DAN *K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN)* PADA CITRA DIGITAL

Viona Apriyaleva¹, Dr.Ir.Bambang Hidayat,DEA², Suci Aulia S.T.,MT. ³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

¹vionaapriyaleva@gmail.com, ²bhidayat@telkomuniversity.ac.id, ³suciaulia@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas mengenai teknik untuk mengklasifikasikan batubara dengan menggunakan pengolahan citra digital. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan *Fuzzy Color Histogram (FCH)*. Sedangkan metode klasifikasi yang digunakan adalah *K-Nearest Neighbor (K-NN)* yang akan diimplementasikan pada perangkat lunak Matlab. Penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat agar lebih jeli dalam memilih jenis batubara yang akan dibeli. Ada tiga jenis batubara yang digunakan pada penelitian ini. Tiga jenis tersebut yaitu batubara kelas rendah dengan kalori 4400 kal/gr, kelas sedang dengan kalori 5100 kal/gr, dan kelas tinggi dengan kalori 7000 kal/gr. Jenis-jenis batubara tersebut memiliki kekhasan pada warnanya. Sebagai contoh, batubara kelas tinggi memiliki warna yang lebih hitam pekat dibandingkan dengan batubara kelas sedang dan rendah. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan berdasarkan ciri warna pada citra batubara. Pada prosesnya terdapat 4 tahap utama yaitu akuisisi citra, *preprocessing*, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Untuk input citra, citra diperoleh dari pemotretan citra menggunakan kamera Canon EOS 600D dengan resolusi 18 MP. Parameter yang diukur adalah waktu komputasi dan tingkat akurasi. Untuk pengujian ini dilakukan pengujian dengan 90 sample foto batubara, dengan komposisi masing-masing kelas memiliki 20 data uji dan 10 data latih. Sehingga didapatkan akurasi terbaik sebesar 76,6666% dan waktu komputasi 4.844273618s dengan menggunakan metode DWT dengan parameter : Level dekomposisi 6, jenis wavelet *daubechies1*, filter LL, nilai $k=1$, dan jenis jarak *Euclidean*. Sedangkan dengan metode FCH didapatkan akurasi sebesar 61,6666% dan waktu komputasi 12.82627064s dengan parameter nilai $k=1$ dan jenis jarak *Euclidean*.

Kata Kunci : Batubara, *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, dan *Fuzzy Color Histogram (FCH)*, *K-Nearest Neighbor (K-NN)*

ABSTRACT

This research discusses about the method to classify coal with digital image processing. Feature extraction method used in this research is *Discrete Wavelet Transform (DWT)* and *Fuzzy Color Histogram (FCH)*, while classify method used in this research is *K-Nearest Neighbor (K-NN)* which will be implemented in Matlab software. This research expected to help the people to be more careful in choosing the type of coal to be purchased. There are three types of coal used in this research. They are low class coal with 4000 cal/gr, medium class with 5100 cal/gr, and high class with 7000 cal/gr. These kind of coals have a characteristic in their color. For example, high class coal has a darker color than medium and low class coal. Therefore, this research is done based on color feature on coal image. There are four main steps in processing such as image acquisition, preprocessing, feature extraction, and classification. For image input, image is obtained from photography using 18 MP Canon EOS 600D camera. The measured parameter is the computational time and accuracy rate. The test is done by taking 90 coal samples with each class composition have 20 test images and 10 train images so the result has 76,6666% accuracy and 4.844273618s computation time using DWT with parameters of decomposition level 6, *daubechies1* wavelet types, filter LL, the value of $k=1$, and the type of *Euclidean*. While FCH has accuracy with 61,6666% accuracy and 12.82627064s computation time with parameters the value of $k=1$, and the type of *Euclidean*.

Keywords: Coal, *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, *Fuzzy Color Histogram (FCH)*, *K-Nearest Neighbor (K-NN)*

1. Pendahuluan

Batubara adalah bahan bakar fosil yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan batuan organik yang terutama terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada masa mendatang, produksi batubara Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri (domestik), tetapi juga untuk memenuhi permintaan luar negeri (ekspor).

Untuk menjaga kepercayaan para konsumen dari luar negeri maupun dalam negeri maka perlu dilakukan pengklasifikasian batubara ini berdasarkan kualitasnya, supaya nantinya batubara yang dipasarkan tersebut merupakan batubara dengan kualitas yang telah mereka inginkan. Kualitas dari batubara dapat diketahui dari

jumlah kalori yang terkandung di dalamnya, sehingga mengakibatkan perbedaan warna pada batubara. Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini dilakukan klasifikasi batubara dengan melihat ciri warnanya berdasarkan pengamatan secara visual untuk mendapatkan hasil obyektif dengan membuat perangkat lunak dengan pengolahan citra digital.

Dalam penelitian sebelumnya tentang penentuan kualitas batubara dilakukan dengan melihat unsur-unsur pembentuk batubara dengan hanya memperhatikan unsur kimia pembentuk yang penting dan mengabaikan keberadaan senyawa kompleks yang ada di dalam batubara [1]. Sedangkan di penelitian lainnya dalam mengklasifikasikan batubara dilakukan berdasarkan nilai HGI dengan standar *American Society for Testing and Material (ASTM)*[4].

Penelitian pada Tugas Akhir ini, menggunakan metode ekstraksi ciri *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan *Fuzzy Color Histogram (FCH)* dengan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor (KNN)* untuk merancang perangkat lunak yang dapat mengklasifikasikan batubara, serta menguji metode tersebut sehingga menghasilkan teknik klasifikasi dengan akurasi yang baik. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menghasilkan perangkat lunak yang dapat mengklasifikasikan jenis batubara dengan akurasi yang baik dengan penggunaan metode yang tepat.

2. Dasar Teori

2.1 Batubara

Batubara adalah campuran yang sangat kompleks dari zat kimia organik yang mengandung karbon, oksigen, dan hydrogen dalam sebuah rantai karbon. Batubara merupakan sumber energi terpenting untuk pembangkitan listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi baja dan semen. Dengan tingkat produksi saat ini, cadangan batubara global diperkirakan habis sekitar 112 tahun ke depan. Cadangan batubara terbesar ditemukan di Amerika Serikat, Russia, Republik Rakyat Tiongkok (RRT), dan India [2].

Nilai kalori batubara merepresentasikan warna yang terkandung di dalamnya. Dimana nilai kalori merupakan indikasi kandungan nilai energi yang terdapat pada batubara dan merepresentasikan kombinasi pembakaran dari karbon, hidrogen, nitrogen, serta sulfur. Semakin ‘‘matang’’ batubara, semakin tinggi kandungan karbonnya. Implikasi yang paling jelas terlihat adalah warnanya yang semakin mengilap dan teksturnya yang semakin getas. Semakin tinggi nilai kalorinya maka kualitasnya semakin baik dan ditunjukkan dengan warnanya semakin hitam mengkilat[1].

Tabel 2.2 Kualitas Batubara Indonesia (Sumber: [3])

No	Kualitas	
	Kelas	Kriteria (Kal/gr, adb)
1	Kalori Rendah	<5100
2	Kalori Sedang	5100-6100
3	Kalori Tinggi	6100-7100
4	Kalori Sangat Tinggi	>7100

2.2 Teori Dasar Citra Digital

Citra merupakan suatu fungsi kontinu dari intensitas cahaya atau derajat keabuan dalam bidang 2 dimensi yang dapat didefinisikan dengan $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x, y dan nilai amplitudo f secara keseluruhan berhingga (finite) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital. Secara matematis persamaan untuk fungsi intensitas $f(x,y)$ adalah [1]:

$$0 < f(x,y) < \infty \quad (2.1)$$

Nilai pada suatu irisan antara baris dan kolom (pada posisi x,y) disebut dengan picture elements, pels, atau pixels. Pixel paling sering digunakan pada citra digital. Persamaan di bawah ini menunjukkan ilustrasi citra digital dengan M=16 baris dan N=16 kolom.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

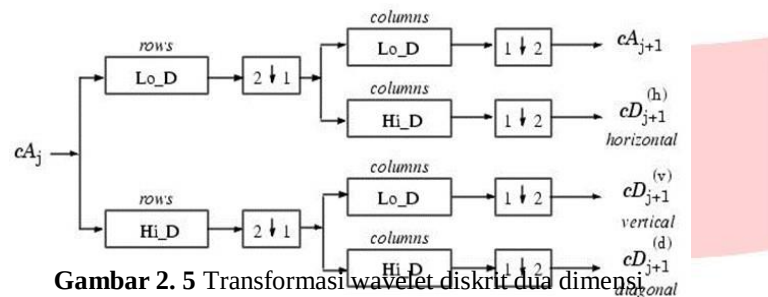
2.3 Transformasi Wavelet

Wavelet diartikan sebagai small wave atau gelombang singkat. Gelombang singkat tersebut merupakan fungsi basis yang terletak pada waktu berbeda. Dua operasi utama yang mendasari *wavelet* adalah penggeseran dan penyekalaan. Kombinasi kedua operasi inilah menghasilkan keluarga *wavelet* [7]. Analisis data pada transformasi *wavelet* dilakukan dengan mendekomposisikan suatu sinyal ke dalam komponen frekuensi yang berbeda-beda dan

selanjutnya masing masing komponen frekuensi tersebut dapat dianalisis sesuai dengan skala resolusinya atau level dekomposisinya. Hal seperti ini seperti proses *filtering*, dimana sinyal dalam domain waktu dilewatkan ke dalam *High Pass Filter* dan *Low Pass Filter* untuk memisahkan komponen frekuensi tinggi dan frekuensi rendah.

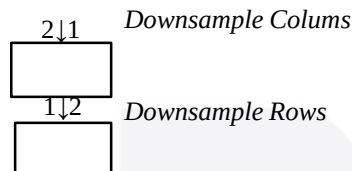
2.3.1 Discrete Wavelet Transform

Discrete Wavelet Transform secara umum merupakan dekomposisi citra pada frekuensi *subband* citra tersebut dimana komponennya dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi. Implementasi transformasi wavelet diskrit dapat dilakukan dengan cara melewatkan sinyal frekuensi tinggi atau *highpass filter* dan frekuensi rendah atau *lowpass filter* [10].



Gambar 2. 5 Transformasi wavelet diskrit dua dimensi dengan level dekomposisi Satu (Sumber: [10])

dimana :



Seperti yang terlihat pada gambar diatas , jika suatu citra dilakukan proses transformasi wavelet diskrit dua dimensi dengan level dekomposisi satu, maka akan menghasilkan empat buah *subband*, yaitu :

1. Koefisien Aproksimasi (CA j+1) atau disebut juga *subband* LL
2. Koefisien Detil Horisontal (CD(h) j+1) atau disebut juga *subband* HL
3. Koefisien Detil Vertikal (CD(v) j+1) atau disebut juga *subband* LH
4. Koefisien Detil Diagonal (CD(d) j+1) atau disebut juga *subband* HH

LL	HL
LH	HH

Gambar 2. 6 *Subband* transformasi wavelet diskrit dengan level dekomposisi Satu (Sumber: [10])

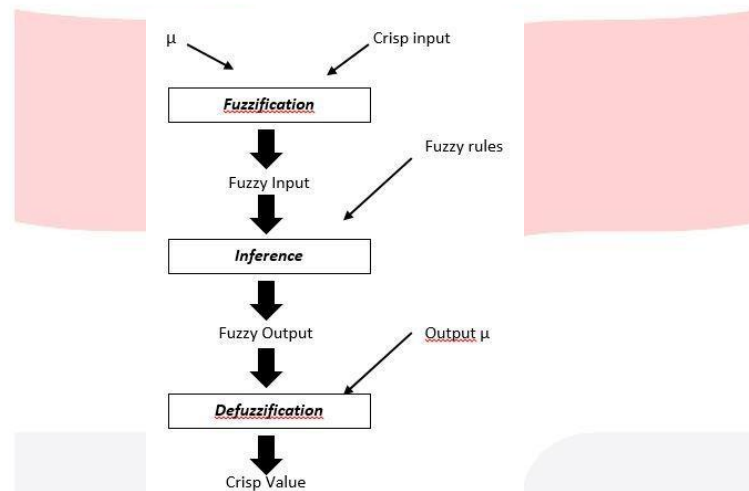
Dengan Level Dekomposisi 1 *subband* hasil dari dekomposisi dapat didekomposisi lagi karena level dekomposisi wavelet bernilai dari 1 sampai n atau disebut juga transformasi wavelet multilevel. Jika dilakukan dekomposisi lagi, maka *subband* LL yang akan didekomposisi karena *subband* LL berisi sebagian besar dari informasi citra. Jika dilakukan dekomposisi dengan level dekomposisi dua maka *Subband* LL akan menghasilkan empat buah *subband* baru, yaitu *subband* LL2 (Koefisien Aproksimasi 2), HL2 (Koefisien Detil Horisontal 2), LH2 (Koefisien Detil Vertikal 2), dan HH2 (Koefisien Detil Diagonal 2). Dan begitu juga seterusnya jika dilakukan dekomposisi lagi.

LL2	HL2	HL1
LH2	HH2	
LH1		HH1

Gambar 2. 7 *Subband* transformasi wavelet diskrit dengan level dekomposisi dua (Sumber: [10])

2.4 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy tersebut. Dalam banyak hal, logika fuzzy digunakan sebagai suatu cara untuk memecahkan permasalahan dari *input* menuju ke *output* yang diharapkan[5]. Sistem Fuzzy dirancang untuk menangani kasus yang mempunyai kebenaran parsial dan informasinya kurang lengkap. Sistem Fuzzy mempunyai derajat keanggotaan antara 0 sampai 1. Suatu sistem berbasis aturan fuzzy terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Fuzzification*, *Inference*, dan *Defuzzification* seperti terlihat pada gambar 2.9 di bawah ini.



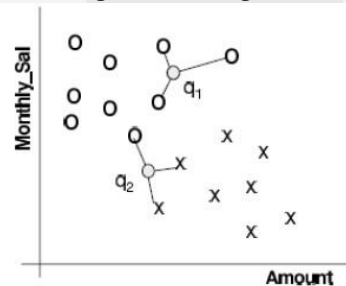
Gambar 2.9 Diagram Blok Sistem Berbasis Aturan Fuzzy [11]

2.4.1 Fuzzy Color Histogram

Fuzzy Color Histogram (FCH) merupakan suatu metode untuk merepresentasikan informasi warna dalam citra digital ke dalam bentuk histogram. Metode ini mempertimbangkan persamaan warna pada tiap piksel warna yang terasosiasikan ke sebuah bin histogram melalui *fuzzy set membership function*. Inti dari FCH adalah bahwa tiap warna direpresentasikan dengan himpunan fuzzy (*fuzzy set*) dan hubungan antar warna dimodelkan dengan fungsi keanggotaan (*membership function*) dari himpunan fuzzy [12].

2.5 K-Nearest Neighbor

Algoritma *K-Nearest Neighbor (K-NN)* adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data uji yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Pada data latih biasanya diambil lebih dari satu tetangga terdekat dengan data uji kemudian algoritma ini digunakan untuk menentukan kelasnya [9].



Gambar 2.10 Nilai K=3 Klasifikasi K-Nearest Neighbor (Sumber: [6])

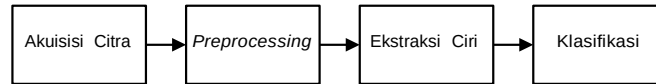
Pada Gambar diatas, diperlihatkan K=3. Untuk node q1 akan mendapatkan tiga tetangga terdekatnya yaitu di O semuanya. Sehingga diklasifikasikan sebagai kelas O. Dan untuk kasus q2 sedikit lebih complicated, dia mempunyai 2 tetangga dari kelas X dan satu lagi kelas O.

K-NN dipilih berdasarkan metrik jarak. Kemudian ada berbagai cara dimana K-NN dapat digunakan untuk menentukan kelas dari q. Pada K-NN terdapat beberapa aturan jarak yang dapat digunakan, yaitu *Euclidean*, *Cosine*, *Correlation*, dan *Cityblock*.

3. Pembahasan

3.1 Diagram Sistem

Perangkat lunak yang akan dirancang pada penelitian ini menggunakan MATLAB, dimana secara umum memiliki tahapan sebagai berikut :



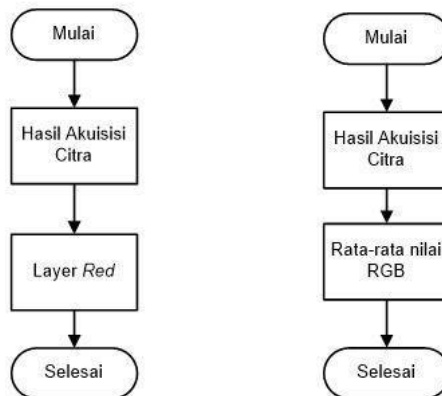
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Pada tugas akhir ini, perangkat lunak yang dirancang terdiri atas dua tahap yaitu tahap latih dan tahap uji. Sistem simulasi dan analisis dari penelitian ini terbagi menjadi dua skenario. Skenario pertama menggunakan DWT sebagai ekstraksi cirinya, sedangkan skenario kedua menggunakan FCH sebagai ekstraksi cirinya.

3.2 Akuisisi Citra

Citra batubara didapat dari kamera Canon EOS 600D dengan format .JPG. Citra yang didapat terbagi atas citra latih dan citra uji yang akan di proses dalam tahapan *preprocessing*. Citra latih dan citra uji yang digunakan merupakan citra batubara yang terdiri atas tiga kelas yaitu batubara kelas rendah, batubara kelas sedang, dan batubara kelas tinggi. Pada tahap akuisisi citra, pada penelitian ini citra yang sudah di-*capture* kemudian akan dilakukan *cropping* dan *resize* secara manual. Hal ini dilakukan agar citra yang tampak hanyalah daerah yang akan dideteksi.

3.3 Preprocessing



Gambar 3.5 Tahap *Preprocessing* Skenario 1 dan Skenario 2

3.4 Ekstraksi Ciri *Discrete Wavelet Transform* (DWT)

Proses selanjutnya yaitu ekstraksi ciri menggunakan metode DWT, yaitu melewati sinyal frekuensi tinggi *High Pass Filter* (HPF) dan frekuensi rendah *Low Pass Filter* (LPF). Proses awal pada kasus ini yaitu melakukan dekomposisi level satu pada citra. Kemudian citra tersebut difiltering menggunakan LPF dan HPF secara baris untuk semua baris dan dilanjutkan secara kolom untuk semua kolom. Setelah difiltering, dilanjutkan dengan 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.

3.5 Ekstraksi Ciri *Fuzzy Color Histogram* (FCH)

Dalam FCH, ada 3 tahapan utama yaitu, fuzzifikasi, inference, dan defuzzifikasi. Pada fuzzifikasi, masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti diubah ke dalam bentuk fuzzy input, yang berupa nilai linguistik yang ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu. Dimana pada penelitian ini ada tiga nilai linguistik yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Dan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Sedangkan pada tahap inference, dibuatlah aturan-aturan dari kombinasi antara variable dan nilai linguistiknya. Sistem ini menggunakan metode mamdani untuk menentukan outputnya. Selanjutnya, tahap defuzzifikasi, berfungsi untuk mengubah fuzzy output menjadi crisp value berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Metode yang digunakan dalam tahap defuzzifikasi di sistem ini adalah centroid. Output dari defuzzifikasi inilah yang dijadikan ciri.

3.6 Klasifikasi K- Nearest Neighbor (K-NN)

Langkah terakhir adalah menentukan kelas dari objek yang diteliti menggunakan metode klasifikasi K- Nearest Neighbor (K-NN). Dimana pada penelitian tugas akhir ini menggunakan empat cara dalam pengukuran kemiripannya, yaitu berdasarkan *Euclidean*, *Cosine*, *Correlation*, dan *Cityblock*. Analisis yang dilakukan pada K-NN adalah pengaruh penggunaan pengukuran kemiripan dan nilai k yang digunakan terhadap akurasi dan kesalahan sistem dalam mengklasifikasi identitas batubara. Nilai k yang di uji adalah 1, 3, dan 5. Dipilihnya nilai k yang ganjil agar mengurangi kesalahan algoritma jika peluang kemiripannya sama.

3.7 Performansi Sistem

Dalam penelitian diperlukan pengujian sistem untuk selanjutnya dievaluasi hasil performansi sistem. Dari hasil evaluasi akan dapat dilihat kelebihan dan kekurangan sistem. Parameter yang digunakan adalah akurasi system dan waktu komputasi system.

4. Hasil Pengujian

4.1 Hasil Analisis Pengujian Sistem Skenario 1 Menggunakan Ekstraksi Ciri DWT dan Klasifikasi K-NN

4.1.1 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Level Dekomposisi terhadap DWT Klasifikasi Kualitas Batubara

Berikut ini adalah data hasil pengujian untuk mencari nilai level pada proses ekstraksi ciri DWT terhadap akurasi dan waktu komputasi dengan 60 citra uji. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter filter DWT LL, nilai $k = 1$, dan jenis jarak *Euclidean*.

Tabel 4.1 Akurasi dan Waktu Komputasi parameter level dekomposisi DWT

Level Dekomposisi	Akurasi	Waktu Komputasi	Jumlah Data Benar
Level 1	51.66666667	9.86526238	31
Level 2	56.66666667	9.139645507	34
Level 3	61.66666667	9.269570483	37
Level 4	66.66666667	9.566835737	40
Level 5	73.33333333	9.855084928	44
Level 6	76.66666667	10.13178262	46

Berdasarkan table 4.1 akurasi terbesar di dapatkan pada saat level dekomposisi 6 yaitu 76.66666667% dan akurasi terkecil sebesar 51.66666667% di level dekomposisi 1. Sedangkan waktu komputasi terbesar didapatkan saat level dekomposisi 6 yaitu 10.13178262s dan waktu komputasi terkecil terdapat di level dekomposisi 2 yaitu 9.139645507s.

4.1.2 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Filter DWT terhadap Klasifikasi Kualitas Batubara

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap perubahan parameter filter DWT pada proses ekstraksi ciri. Pengujian pada tahap ini menggunakan 60 data uji dengan level dekomposisi 6, nilai $k = 1$, dan jenis jarak *Euclidean*. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.2.

Tabel 4.2 Akurasi dan Waktu Komputasi parameter Filter DWT

Jenis Filter	Akurasi	Waktu Komputasi	Jumlah Data Benar
LL	76.66666667	10.13178262	46
HL	66.66666667	10.13008344	40
LH	45	10.13215251	27
HH	33.33333333	10.13017991	20

Berdasarkan table 4.2 akurasi terbesar di dapatkan pada saat filter DWT LL yaitu 76.66666667% dan akurasi terkecil sebesar 33.33333333% dengan filter DWT HH. Sedangkan Waktu komputasi terbesar di dapatkan pada saat filter DWT LH yaitu 10.13215251s.

4.1.3 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Nilai k terhadap Klasifikasi Batubara

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap perubahan parameter nilai k pada proses klasifikasi. Pengujian pada tahap ini menggunakan 60 data uji dengan level dekomposisi 6, filter DWT LL, dan jenis jarak *Euclidean*. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.3.

Tabel 4.3 Akurasi dan Waktu Komputasi parameter nilai k

K	Akurasi	Waktu Komputasi	Jumlah Data Benar
K=1	76.66666667	10.13178262	46
K=3	68.33333333	10.65746149	41
K=5	60	10.45057977	36

Berdasarkan table 4.3 akurasi terbesar didapatkan pada saat nilai $k=1$ yaitu sebesar 76.66666667% akurasi terkecil pada saat nilai $k=5$ yaitu sebesar 60% . Sedangkan Waktu komputasi terbesar didapatkan saat nilai $k=3$ yaitu 10.65746149s dan waktu komputasi terkecil disaat $k=1$ yaitu 10.13178262s.

4.1.4 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Jenis Jarak terhadap Klasifikasi Batubara

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap perubahan parameter jenis jarak pada proses klasifikasi. Dari hasil tabel 4.4 akurasi terbaik didapatkan pada saat menggunakan nilai $k=1$. Pengujian pada tahap ini menggunakan 60 data uji dengan level dekomposisi 6, filter DWT LL, dan nilai $k=1$. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.4.

Tabel 4.4 Akurasi dan Waktu Komputasi parameter jenis jarak

Jenis Jarak	Akurasi	Waktu Komputasi	Jumlah Data Benar
Euclidean	76.66666667	10.13178262	46
Cosine	73.33333333	10.17965125	44
Correlation	70	10.21335126	42
Cityblock	71.66666667	10.32946026	43

Berdasarkan table 4.4 akurasi terbesar di dapatkan pada saat jenis jarak Euclidean yaitu sebesar 76.66666667% dan akurasi terkecil pada saat jenis jarak Correlation sebesar 70%. Sedangkan waktu komputasi terbesar didapat saat jenis jarak Cityblock yaitu 10.32946026s dan waktu komputasi terkecil didapat saat jenis jarak Euclidean yaitu 10.13178262s.

4.2 Hasil Analisis Pengujian Sistem Skenario 2 Menggunakan Ekstraksi Ciri FCH dan Klasifikasi K-NN

4.2.1 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Nilai k terhadap Klasifikasi Batubara

Berikut adalah data hasil pengujian terhadap perubahan parameter nilai k pada proses klasifikasi batubara. Pengujian pada tahap ini menggunakan 60 data uji dengan jenis jarak *Euclidean*. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.5.

Tabel 4.5 Akurasi dan Waktu Komputasi parameter nilai k

K	Akurasi	Waktu Komputasi	Jumlah Data Benar
K=1	61.66667	12.82627064	37
K=3	51.66667	11.39774824	31
K=5	51.66667	11.35534254	31

Berdasarkan table 4.5 akurasi terbesar di dapatkan pada saat nilai $k=1$ yaitu sebesar 61.66667% dengan waktu komputasi 12.82627064s dan akurasi terkecil pada saat nilai $k=5$ sebesar 51.66667% dengan waktu komputasi 11.35534254s.

4.2.2 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Jenis Jarak terhadap Klasifikasi Batubara

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap perubahan parameter jenis jarak pada proses klasifikasi. Dari hasil tabel 4.5 akurasi terbaik didapatkan pada saat menggunakan nilai $k=1$. Pengujian pada tahap ini menggunakan 60 data uji dengan level dekomposisi 6 dengan nilai $k=1$. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.6.

Tabel 4.6 Akurasi dan Waktu Komputasi parameter jenis jarak

Jenis Jarak	Akurasi	Waktu Komputasi	Jumlah Data Benar
Euclidean	61.66667	12.82627064	37
Cosine	33.3333	12.14828881	20
Correlation	33.3333	10.97965167	20
Cityblock	61.66667	9.418050598	37

Berdasarkan table 4.6 akurasi terbesar di dapatkan pada saat jenis jarak *Euclidean* dan *Cityblock* yaitu sebesar 61.66666667% dengan waktu komputasi 12.82627064s dan 9.418050598s. Dan akurasi terkecil pada saat jenis jarak *Cosine* dan *Correlation* yaitu sebesar 33.3333%.

4.3 Hasil Pengujian Skenario 1 dan 2 dengan Cropping Otomatis

Tabel dibawah ini adalah hasil pengujian ketika dilakukan cropping otomatis pada system. Dengan metode DWT menggunakan parameter level dekomposisi 6, filter LL, $k=1$, dan jenis jarak Euclidean. Sedangkan pada metode FCH menggunakan parameter percobaan rules 1, $k=1$, dan jenis jarak Euclidean

Tabel 4.7 Akurasi dan Waktu Komputasi DWT dan FCH

Metode	Akurasi	Waktu Komputasi
DWT	58.33333333	3.469747421
FCH	33.3333	10.73292102

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada simulasi pengklasifikasian batubara pada penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem ini sudah mampu mengklasifikasikan jenis batubara menggunakan metode DWT dan K-NN, dan metode FCH dan K-NN.
2. Simulasi klasifikasi batubara dilakukan dengan tahapan akuisisi citra berupa pengambilan citra menggunakan kamera Canon EOS 600D. Kemudian dilanjutkan dengan *preprocessing*. Ekstraksi ciri dengan skenario 1 menggunakan metode DWT dan skenario 2 menggunakan metode FCH. Kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi K-NN.
3. Metode DWT lebih cocok dipasangkan dengan metode klasifikasi K-NN karena menghasilkan klasifikasi yang baik dengan akurasi sebesar 76,666666% dengan waktu komputasi 10.13178262s. Tingkat akurasi tersebut diperoleh dengan parameter DWT dekomposisi level 6, filter LL dan klasifikasi K-NN dengan parameter nilai $k=1$ dan jenis jarak *Euclidean*.
4. Metode FCH juga cukup cocok dipasangkan dengan K-NN karena akurasi yang dihasilkan juga cukup yaitu 61.6666666% dan waktu komputasi 12.82627064s. Tingkat akurasi tersebut diperoleh dengan parameter K-NN dengan nilai $k=1$ dan jenis jarak *Euclidean*.
5. Semakin tinggi level dekomposisi pada DWT maka semakin lama pula nilai waktu komputasi sistem.
6. Jenis jarak *euclidean distance* sangat cocok digunakan sehingga didapat hasil klasifikasi yang paling optimal.

Sistem klasifikasi batubara ini masih dapat dikembangkan, sehingga tingkat akurasi yang diperoleh lebih besar dan akurat tanpa butuh waktu komputasi yang lama. Oleh karena itu, adapun saran untuk pengembangan tugas akhir ini selanjutnya yaitu :

1. Menggunakan algoritma yang lebih sederhana sehingga dapat mengurangi waktu komputasi.
2. Menggunakan tahap *pre-processing* lain yang lebih baik agar menghasilkan ciri yang lebih baik juga pada tahap ekstraksi cirinya.
3. Menggunakan *tools* yang berbeda dengan metode yang sama, agar dapat dilihat lagi performansi dari metode-metode yang dipakai.
4. Menggunakan metode yang berbeda untuk mendeteksi batubara, agar dapat dibandingkan metode mana yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, Irwandy. 2014. Batubara Indonesia. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- [2] <http://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/batu-bara/item236> diakses pada 7 November 2015 pukul 15:48.
- [3] <http://www.tekmira.esdm.go.id/data/files/Batubara%20Indonesia.pdf> diakses pada tanggal 7 November 2015 pukul 16.01.
- [4] Ismul Hadi, Arif. 2012. Analisis Kualitas Batubara Berdasarkan Nilai HGI dengan standar ASTM..
- [5] Kusumadewi, Sri & Purnomo, Hari. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [6] Padraig Cunningham, and Sarah Jane Delany. 2007. "*K-Nearest Neighbor Classifier*," Technical Report UCD-CSI, vol. 4, pp. 1-2.
- [7] Putra, Darma, 2010. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta. Penerbit: ANDI.
- [8] R.H Sianipar, 2013. Pemograman Matlab dalam Contoh dan Penerapan. Bandung: Informatika.
- [9] S. Aksoy. 2008. "*Non Bayesian Classifier, K-Nearest Neighbor Classifier and Distance Functions*". Ankara: *Bilkent University.*, vol. I, pp. 5-6.
- [10] Sutarno. 2010. Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Citra Wajah. Vol.5 No.2.
- [11] Suyanto. 2008. Soft Computing. Bandung : Informatika
- [12] Zhang R, Zhang Z. 2004. *A Robust Color Object Analysis Approach to Efficient Image Retrieval*. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 871-885.