

51704-75676653191-2-SM (1).doc



# Implementasi *Forward Chaining Method* Untuk Analisis Klasifikasi Mineralogi Batuan Beku

1  
Rizqia Lestika Atimi<sup>#1</sup>, Sartika<sup>\*2</sup>

<sup>#</sup>Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Ketapang  
Jalan Rangge Sentap, Dalong, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat

1  
r1zqia.lestika@gmail.com

<sup>\*</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Politeknik Negeri Ketapang  
Jalan Rangge Sentap, Dalong, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat

2sartika@politap.ac.id

**Abstrak**—Kabupaten Ketapang dikaruniai potensi besar sumber daya alam di sektor tambang, terutama biji bauksit. Ilmu geologi [13] menyebutkan bahwa endapan bauksit terbentuk dari proses pelapukan (*residual concentration*) batuan yang kaya mineral feldspar atau mineral alumina silikat lainnya. Beragamnya jenis batuan mulai dari batuan beku, sedimen, dan metamorf memiliki ciri khas tertentu dari ciri tekstur, warna dan kandungan mineral sehingga perlu dilakukan proses identifikasi secara cermat oleh ahli petrologi. Potensi besar pada sektor pertambangan di Kabupaten Ketapang ini perlu diimbangi juga dengan potensialnya sumber daya manusia dalam ilmu petrologi untuk menjaga keberlangsungan sumber tambang tersebut kedepannya. Penelitian ini akan mengembangkan sistem identifikasi batuan beku dengan implementasi *forward chaining method*. Algoritma ini adalah algoritma sistem pakar yang menggunakan dan menyajikan data berbasis pengetahuan. *Forward chaining method* bekerja menggunakan aturan inferensi untuk menemukan *antecedent* (klausa IF-THEN) yang benar sehingga mesin pengambil keputusan dapat membuat kesimpulan. Implementasi *forward chaining method* pada sistem ini berhasil mengidentifikasi batuan beku berdasarkan tekstur dan warna dari batuan untuk mengklasifikasi mineralogi batuan. Sistem dievaluasi dengan menggunakan evaluasi *usability* untuk menilai kegunaan dan kepuasan pengguna terhadap sistem dengan lima indikator penilaian yaitu *learnability*, *memorability*, *errors*, *efficiency*, dan *satisfaction*. Hasil evaluasi *usability* dengan skor rata-rata sebesar 4,3 menunjukkan bahwa sistem ini berguna baik sebagai sarana pendukung pembelajaran bagi mahasiswa dalam mempelajari jenis batuan beku. Sistem yang dikembangkan memberikan manfaat, minim kegagalan, dan memberikan kepuasan bagi pengguna.

**Kata kunci**— Kecerdasan Buatan, Sistem Pakar, *Forward Chaining Method*, Mineralogi Batuan, Batuan Beku

## I. PENDAHULUAN

Kabupaten Ketapang, yang berdasarkan letak geografis berada pada bagian paling selatan Provinsi Kalimantan Barat, dikaruniai potensi sumber daya alam yang

melimpah pada sektor pertambangan. Berdasarkan hasil riset terakhir yang dilakukan pada tahun 2013 oleh Swandiri Institute, Kabupaten Ketapang adalah kabupaten di Provinsi Kalimantan Barat yang memiliki jumlah unit tambang terbesar dengan total mencapai 156 unit dan luasan 1.331.231,50 hektare [1]. Kabupaten Ketapang adalah salah satu daerah dengan potensi cebakan bauksit terbesar dari total 4.376.304.014,00 ton se-Provinsi Kalimantan Barat [2].

Potensialnya Kabupaten Ketapang di sumber daya pertambangan bauksit berdampak pada signifikannya perkembangan kawasan industri pertambangan pengolahan [18] bauksit yang diinvestasikan di Kabupaten Ketapang, baik skala nasional maupun internasional. Salah satunya adalah PT. Wel [20] Harvest Winning Alumina Refinery, pabrik pegolah biji bauksit menjadi alumina di Kendawangan Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat, yang memiliki kapasitas produksi 2 juta ton alumina untuk diekspor per tahunnya [2].

Secara ilmu geologi, terbentuknya endapan bauksit dikarenakan adanya proses pelapukan batuan yang memiliki kandungan mineral felspar dan alumina yang tinggi. Adapun batuan yang mengandung mineral tersebut diantaranya Granodiorit, Granit, Andesit, Riolit Dasit, Trakhit, Monzonit, Syenit, dan "Tuff" Riodasit [2]. Berdasarkan kandungan mineralnya, jenis batuan tersebut termasuk dalam klasifikasi batuan beku.

Batuan merupakan kumpulan atau agregat [4] ilmiah dari beberapa mineral yang terdapat pada kerak bumi. Terdapat tiga jenis batuan utama berdasarkan proses dan lingkungan pembentukannya yaitu batuan beku (*igneous*), sedimen (*sedimentary*) dan metamorf (*metamorphic*) [3]. Beragamnya jenis batuan yang terbentuk dari proses alamiah memiliki ciri khas tertentu dari ciri tekstur, warna dan kandungan mineral sehingga perlu dilakukan proses identifikasi secara cermat oleh ahli petrologi. Proses identifikasi ini masih dilakukan dengan cara konvensional melalui pengamatan menggunakan indra penglihatan secara langsung atau dengan bantuan kaca pembesar [4]

sehingga berpotensi menyebabkan terjadinya kesalahan identifikasi jenis batuan.

Fakta adanya potensi besar sumber daya alam di sektor pertambangan yang dimiliki oleh Kabupaten Ketapang perlu diimbangi juga dengan potensinya sumber daya manusia untuk menjaga keberlangsungan sumber tambang kedepannya. Munculnya ahli petrologi yang handal dari putra-putri daerah yang dimiliki oleh Kabupaten Ketapang akan sangat bermanfaat dalam memunculkan potensi galian tambang baru untuk kontribusi daerah yang lebih besar nantinya.

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan identifikasi jenis batuan beku sudah pernah dilakukan dengan menggunakan metode ekstraksi ciri dengan pengolahan citra digital, dengan metode *Grey Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) [4] dan dengan metode *Gabor Wavelet* dan *Linier Discriminant Analysis* (LDA) [5]. Sedangkan untuk implementasi algoritma klasifikasi secara khusus untuk identifikasi jenis batuan baru dilakukan dengan menggunakan metode *decision tree* secara umum [4]. Implementasi algoritma C4.5 juga digunakan untuk klasifikasi lahan kritis [6] dan klasifikasi nasabah bank [7], terbukti memiliki akurasi yang baik dalam melakukan proses klasifikasi. Algoritma C4.5 adalah algoritma yang membantu proses klasifikasi dengan membentuk model pohon keputusan [5]. Untuk identifikasi jenis batuan beku dengan menggunakan sistem pakar metode *forward chaining*, berdasarkan hasil penelusuran literatur, sampai saat ini belum dilakukan. Pendekatan sistem pakar dengan metode *forward chaining* banyak dilakukan untuk diagnosa penyakit, baik pada manusia [8], hewan [9], atau tumbuhan [10].

Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem identifikasi batuan beku dengan mengimplementasikan *forward chaining method*. Algoritma ini adalah algoritma sistem pakar yang menggunakan dan menyajikan data berbasis pengetahuan. *Forward chaining method* bekerja menggunakan aturan inferensi untuk menemukan *antecedent* (klausa IF-THEN) yang benar sehingga mesin pengambil keputusan dapat membuat kesimpulan [11]. Sistem ini nantinya ditargetkan untuk dapat digunakan oleh siswa atau mahasiswa jurusan pertambangan sebagai calon ahli petrologi masa depan. Dengan dikembangkannya sistem ini diharapkan dapat menjadi sarana pendukung pembelajaran dalam mempelajari jenis batuan beku sehingga diperoleh *experience* awal sebelum observasi lapangan nantinya benar dilakukan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Batuan Beku (*Igneous Rock*)

Batuan beku adalah batuan yang terbentuk dari hasil pendinginan dan kristalisasi magma baik di dalam maupun permukaan bumi. Batuan beku merupakan kumpulan mineral hasil pendinginan dan solidifikasi magma yang berasal dari bagian bawah kerak bumi atau dikenal dengan mantel bumi. Proses pembentukan kerak magma dikontrol oleh *gradient* geothermal sebagai sumber panas yang diperlukan untuk proses peleburan

batuan dimana temperatur akan bertambah 3°C setiap kedalaman 100 meter [3].

Magma merupakan bahan lebur berasal dari dalam bumi berupa cairan silikat kental, memiliki pijar, mudah bergerak (*mobile*) dan bertemperatur tinggi. Magma yang mengintrusi hingga ke permukaan bumi dimakan lava. Ketika lava tersebut mendingin dan mengkristal maka terbentuklah batuan beku ekstrusif atau sering disebut batuan vulkanik. Sedangkan apabila magma hanya mengintrusi dan membeku di dalam kerak bumi dinamakan batuan beku intrusif [3].

Komposisi magma tergantung dari mana magma tersebut berasal dan komposisi mineral yang terkandung pada batuan yang melebur saat pembentukannya. Sedangkan batuan beku yang akan terbentuk dipengaruhi oleh komposisi magma, reaksi yang berlangsung dan laju perubahan suhu pada saat kristalisasi magma. Ketika proses tersebut terjadi maka akan terbentuk berbagai macam mineral dengan susunan kristal yang berbeda-beda. Kristalisasi dari mineral-mineral utama tersebut akan mengikuti suatu urutan proses yang dikenal dengan Seri Reaksi Bowen. Seri reaksi ini menjelaskan pembentukan batuan beku beserta mineral penyusunnya [3].

Klasifikasi batuan beku secara umum didasarkan pada komposisi mineral dan sifat teksturnya yang berguna untuk penamaan batuan dan menjelaskan asal kejadiannya [3]. Kehadiran berbagai macam mineral pada batuan menggambarkan magma asal pembentuk batuan tersebut serta bagaimana struktur geologi dari kerak dan mantel bumi tempat pembentukannya. Sedangkan tekstur pada batuan beku menggambarkan mengenai proses yang terjadi saat pendinginan magma dimana tekstur dapat dikenali melalui variasi ukuran dan bentuk butiran mineral.

### B. Pengenalan Batuan Beku

#### a. Komposisi Mineral

Batuan beku diklasifikasi berdasarkan kandungan silika pada batuan. Silika memberikan warna terang pada batuan, sehingga klasifikasi warna pada batuan beku didasarkan pada kandungan silika pada batuan tersebut. Silika terbentuk berdasarkan faktor konsentrasi silika pada lelehan magma, konsentrasi unsur (aluminium, besi, kalsium, magnesium, sodium dan potasium) pada lelehan magma, serta pengaruh suhu dan tekanan pada saat kristalisasi magma [12]. Komposisi unsur pada lelehan magma tersebut membentuk beberapa mineral yang menjadi kriteria mineralogi batuan beku diantaranya yaitu kehadiran Kuarsa, komposisi Felspar, dan proporsi mineral Feromagnesia (Fe-Mg) [3].

Kuarsa merupakan mineral yang tersusun atas silika sehingga batuan dengan komposisi mineral utamanya silika cenderung memiliki warna terang. Sedangkan batuan yang mengandung mineral olivine komponen utamanya terdiri atas besi, kalsium dan magnesium cenderung memiliki warna gelap. Batuan berwarna intermediet hingga mafik dicirikan dengan kehadiran piroksen dan amfibol [3].

b. Tekstur

Tekstur merupakan kenampakan variasi bentuk dan ukuran butir mineral (kristal), serta hubungan antar butir pada mineral dalam batuan. Pada deskripsi batuan secara makroskopik dikenal beberapa tekstur utama pada batuan beku, yaitu [3]:

1. Fenerik (*Phaneric*)

Tekstur fenerik ditemukan pada batuan yang memiliki tekstur kasar, dicirikan dengan ukuran kristal (butir) lebih besar dari 1 mm hingga lebih besar dari 5 mm. Laju kristalisasi magma yang lambat menyebabkan kristal terbentuk dengan ukuran kasar [13]. Bentuk kristal pada tekstur fenerik dapat dilihat jelas menggunakan mikroskop, sehingga kenampakan kristal dibedakan menjadi tiga macam yaitu *euhedral*, *subhedral* dan *anhedral*.

2. Afanitik (*Aphanitic*)

Tekstur afanitik ditemukan pada batuan yang memiliki tekstur halus atau berukuran mikroskopik dengan ukuran kurang dari 1 mm, sehingga sulit diamati tanpa bantuan mikroskop. Tekstur afanitik pada umumnya terdapat pada batuan dengan proses pendinginan yang cepat sehingga terbentuk kristal berukuran halus.

3. Porfiritik (*Porphyritic*)

Tekstur porfiritik ditemukan pada batuan yang memiliki tekstur tidak seragam dimana ukuran butirnya berupa campuran antara ukuran butir yang besar (*phenocryst*) dan ukuran butir yang lebih kecil (*groundmass/matrix*).

4. Vesikuler (*Vesicular*)

Tekstur vesikuler ditemukan pada batuan yang memiliki rongga atau pori (*vesicle*). Rongga tersebut terbentuk akibat terperangkap gelembung udara/gas pada saat batuan beku mengkristal. Apabila rongga tersebut telah terisi oleh mineral maka disebut *amygdaloidal*.

5. Gelas (*Glassy*)

Tekstur gelas ditemukan pada batuan yang tampak seperti gelas serta tidak memiliki bentuk kristal (*amorph*). Lava yang mendingin dalam waktu yang cepat menyebabkan unsur penyusunnya tidak dapat membentuk susunan kristal sehingga mengeras menjadi seperti gelas/kaca [12].

c. Warna

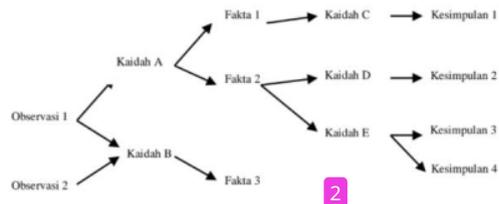
Warna batuan beku dapat diklasifikasikan ke dalam 4 jenis sebagai berikut [13]:

1. Felsik (terang), batuan beku yang mengandung silika lebih dari 65%.
2. Intermediet, batuan beku yang mengandung silika 55% - 65%.
3. Mafik (gelap), batuan beku yang mengandung silika 45% - 55%. Batuan ini juga memiliki 10% kuarsa dan kaya akan mineral besi-magnesium.
4. Ultramafik, batuan beku yang mengandung silika kurang dari 45%.

3

C. Metode Forward Chaining

Forward chaining adalah salah satu metode inferensi yang dapat digunakan dalam proses sistem berbasis pengetahuan untuk menghasilkan informasi baru dari informasi yang sudah diketahui. Pendekatan forward chaining adalah proses pelacakan yang dimulai dengan pengumpulan data atau fakta yang meyakinkan menuju kesimpulan akhir [5].



Gambar 1. Diagram Pelacakan Ke Depan (Forward Chaining) [5]

Forward chaining adalah teknik pencarian yang dimulai dengan fakta yang diketahui dan mencocokkan fakta-fakta tersebut dengan bagian IF dari aturan (rule) IF THEN. Jika ada fakta yang cocok dengan bagian IF maka aturan tersebut akan dieksekusi. Jika sebuah aturan dieksekusi maka sebuah fakta baru (bagian THEN) akan ditambahkan ke dalam database [5].

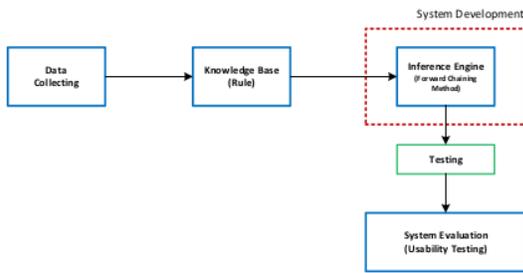
D. Usability Testing

Evaluasi usability adalah evaluasi untuk menilai ketergunaan dari sebuah produk. Sebuah produk dikatakan memiliki usability yang baik apabila dengan penggunaannya pengguna mendapatkan manfaat, produk berjalan/berfungsi dengan baik atau minim kegagalan, serta pengguna merasa puas [15]. Usability atau kegunaan adalah atribut kualitas yang menilai seberapa mudah antar muka digunakan oleh pengguna. Usability ditentukan oleh lima indikator kualitas [16], yaitu:

- a. *Learnability*, seberapa mudah pengguna menggunakan sebuah produk dalam menyelesaikan tugas-tugasnya ketika pertama kali masuk ke antar muka.
- b. *Efficiency*, seberapa cepat pengguna menyelesaikan tugas-tugas setelah pengguna mempelajari antar muka.
- c. *Memorability*, seberapa mudah pengguna dalam menggunakan antar muka setelah beberapa lama tidak menggunakannya.
- d. *Errors*, berapa banyak pengguna melakukan kesalahan, seberapa fatal kesalahannya, dan seberapa mudah pengguna untuk memperbaiki kesalahannya.
- e. *Satisfaction*, seberapa menyenangkannya pengguna Ketika menggunakan antar muka.

III. METODE PENELITIAN

Untuk dapat melakukan klasifikasi mineralogi berdasarkan hasil identifikasi jenis batuan beku, berikut metode yang dikembangkan untuk membangun sistem identifikasi batuan beku seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Alur Pengembangan Penelitian

24 a. Pengumpulan Data (Data Collecting)

Pengumpulan data adalah tahap inisiasi data batuan beku berdasarkan warna, tekstur, dan kandungan mineral. Data batuan beku yang diidentifikasi diperoleh dari hasil studi literatur buku batuan dan mineral [12] [13] [14] oleh Dosen Teknik Pertambangan sebagai pakar (*expert*). Dasar paling utama untuk klasifikasi batuan beku adalah kriteria komposisi mineral dan tekstur. Hasil dari tahap ini nantinya akan digunakan sebagai *requirement* untuk membangun basis pengetahuan (*knowledge base*) yang akan disimpan pada sistem untuk menghasilkan informasi baru dari informasi yang sudah diketahui.

KANDUNGAN MINERAL UTAMA	WARNA TERANG		WARNA MENENGAH		WARNA SELAP	
	QUARTZ					
K-FELSPAR						
PLAGIOKLAS FELSPAR						
MUSCOVIT						
BIOTIT						
AMFIBOL						
PIROKSE						
OLIVIN						

KELASIFIKASI	NAMA BATUAN			
	FENERIK	GRANIT	DIORIT ("GRANITIK")	GABRO
FENERIK + FENOKRIS	GRANIT PORFIRI	DIORIT PORFIRI	GABRO PORFIRI	
AFANITIK	RYOLIT	ANDESIT (FELSIT)	BASAL	
AFANITIK + FENOKRIS	RYOLIT PORFIRI	ANDESIT PORFIRI (FELSIT PORFIRI)	BASAL PORFIRI	
VEHUKULER	PUMICE		OBSIDIAN	
SELAS				
PIROKLASTIK	TUFA, BREKSI VOLKANIK, ASLUMERAT			

Gambar 3. Cara Pengenalan Batuan Secara Umum Berdasarkan Komposisi Mineral [3]

b. Pembangunan Basis Pengetahuan (Knowledge Base)

Basis pengetahuan adalah tahap representasi pengetahuan (*rule*) dari hasil pengumpulan data warna tekstur, dan jenis batuan beku yang disimpan pada sistem. Basis pengetahuan ini menjadi dasar bagi sistem untuk menyimpulkan suatu permasalahan berdasarkan informasi yang diketahui, dalam kasus ini adalah identifikasi jenis batuan beku.

c. Pengembangan Mesin Inferensi (Inference Engine)

Tahap ini adalah tahap pengembangan mesin inferensi untuk menyimpulkan suatu permasalahan berdasarkan basis pengetahuan yang dimiliki. Pengembangan mesin

inferensi mengimplementasikan metode *forward chaining*. Tahap ini merupakan bagian dari pengembangan sistem identifikasi batuan beku secara keseluruhan yang dikembangkan berbasis web. Sistem dikembangkan sesuai dengan proses SDLC (*software development life cycle*) yang dimulai dari tahap identifikasi kebutuhan, analisis, perancangan, pemrograman, dan pengujian [17]. Setelah sistem berhasil dikembangkan sistem diuji oleh internal tim pengembang dengan metode pengujian *blackbox* untuk menguji fungsionalitas sistem [17].

d. Evaluasi Sistem (System Evaluation)

Evaluasi sistem dilakukan dengan evaluasi *usability* untuk menilai tingkat kepuasan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan. Evaluasi *usability* terhadap sistem menggunakan lima indikator penilaian yaitu *learnability*, *memorability*, *errors*, *efficiency*, dan *satisfaction* yang diturunkan ke dalam pertanyaan-pertanyaan kuesioner. Skala pengukuran jawaban mengacu pada Skala Likert (*Likert Scale*) dengan skala 1-5 untuk masing-masing kategori jawaban sebagai berikut:

- Sangat Setuju (SS), memiliki skala 5.
- Setuju (S), memiliki skala 4.
- Ragu-ragu (RR), memiliki skala 3.
- Tidak Setuju (TS), memiliki skala 2.
- Sangat Tidak Setuju (STS), memiliki skala 1.

22 IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data (Data Collecting)

Data mengenai batuan beku (kelompok batuan, warna, dan tekstur) dan kandungan mineral utama dikumpulkan dengan metode studi literatur dan diidentifikasi oleh pakar. Pada penelitian ini, data batuan beku terbatas pada 13 jenis batuan. Data ini digunakan sebagai basis pengetahuan (*knowledge base*) yang disimpan pada sistem.

TABEL I  
HASIL IDENTIFIKASI KELOMPOK BATUAN, WARNA, DAN TEKSTUR

Kelompok Batuan	Warna	Tekstur	Mineral Utama
Granit	Felsik	Fenerik	Kuarsa, Potassium Feldspar, Plagioklas, Biotit
Granit + Porfiri	Felsik	Fenerik + Fenokris	Potassium Feldspar, Kuarsa
Riolit	Felsik	Afanitik	Kuarsa, Feldspar Alkali
Riolit + Porfiri	Felsik	Afanitik + Fenokris	Gelas
Pumice	Felsik/Intermediet	Fesikular	Gelas
Obsidian	Felsik/Intermediet/Mafik	Gelas	Felspar, kuarsa
Diorit	Intermediet	Fenerik	Plagioklas, Hornblende
Diorit + Porfiri	Intermediet	Fenerik +	Potassium

Kelompok Batuan	Warna	Tekstur	Mineral Utama
		Fenokris	Feldsapar, Kuarsa
Andesit	Intermediet	Afanitik	Plagioklas, Biotit
Scoria	Intermediet /Mafik	Fesikular	Plagioklas, Piroksen dan olivin
Peridotit	Ultramafik	Fenerik	Olivin, Klinopiroksen, Ortopiroksen
Basal	Mafik	Afanitik	Plagioklas, Olivin
Gabro	Mafik	Fenerik	Plagioklas, Olivin

**B. Pengembangan Basis Pengetahuan (Knowledge Base)**

Basis pengetahuan dibangun pada sistem untuk menyimpan data warna, tekstur, dan kelompok batuan yang direpresentasikan ke dalam *rule*, yang nantinya digunakan oleh mesin inferensi untuk menyimpulkan suatu permasalahan.

TABEL III  
TABEL KODE WARNA

Kode	Warna
W1	Felsik
W2	Intermediet
W3	Mafik
W4	Ultramafik

TABEL IIIII  
TABEL KODE TEKSTUR

Kode	Tekstur
T1	Afanitik
T2	Afanitik+fenokris
T3	Fenerik
T4	Fenerik+fenokris
T5	Vesikuler
T6	Gelas

TABEL IVV  
TABEL KODE KELOMPOK BATUAN

Kode	Kelompok Batuan
B1	Granit
B2	Granit Porfiri
B3	Riolit
B4	Riolit Porfiri
B5	Pumice
B6	Obsidian
B7	Diorit
B8	Diorit Porfiri
B9	Andesit
B10	Scoria
B11	Peridotit
B12	Basal
B13	Gabro

TABEL VV  
TABEL RULE

RULE	IF	THEN
1	IF w1 AND t3	B1
2	IF w1 AND t4	B2
3	IF w1 AND t1	B3
4	IF w1 AND t2	B4

RULE	IF	THEN
5	IF w1 AND t5	B5
6	IF w1 AND t6	B6
7	IF w2 AND t3	B7
8	IF w2 AND t4	H8
9	IF w2 AND t1	H9
10	IF w2 AND t5	B10
11	IF w2 AND t6	B6
12	IF w3 AND t3	B12
13	IF w3 AND t1	B13
14	IF w3 AND t5	B10
15	IF w3 AND t6	B6
16	IF w4 AND t3	B11

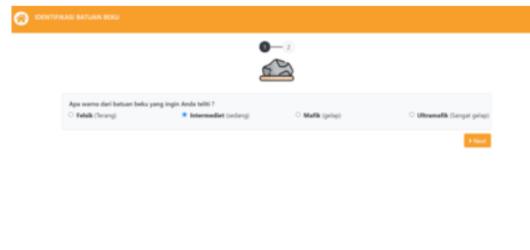
**C. Pengembangan Mesin Inferensi (Inference Engine)**

Pengembangan mesin inferensi bertujuan agar sistem dapat mengidentifikasi jenis/kelompok batuan beku untuk klasifikasi mineralogi batuan. Metode *forward chaining* diimplementasikan pada mesin ini dikembangkan dengan bahasa pemrograman PHP. Pengembangan mesin inferensi merupakan salah satu bagian dari pengembangan sistem secara keseluruhan yang dikembangkan berbasis web.

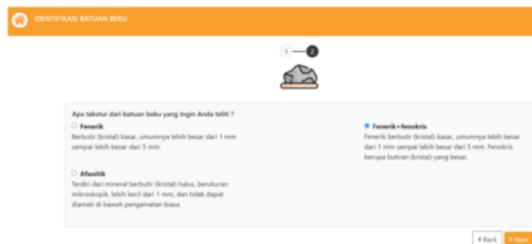
Sistem yang dikembangkan memiliki dua fitur utama yaitu, fitur materi batuan beku dan identifikasi batuan beku. Fitur materi batuan beku berisi informasi mengenai teori pengantar batuan beku yang dapat membantu dalam mempelajari dan mengenal batuan beku. Fitur identifikasi batuan beku adalah fitur yang berfungsi untuk mengidentifikasi jenis batuan beku berdasarkan kategori warna dan tekstur batuan. Berikut beberapa tampilan antar muka aplikasi yang berhasil dikembangkan.



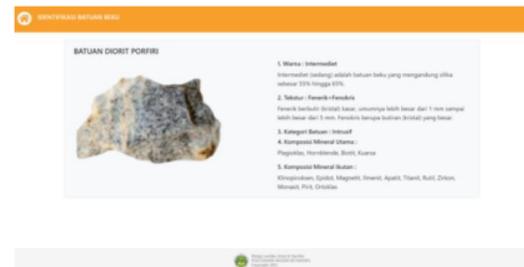
Gambar 4. Tampilan Antar Muka Halaman Utama Aplikasi



Gambar 5. Tampilan Antar Muka Halaman Identifikasi Batuan Beku



Gambar 6. Tampilan Antar Muka Halaman Identifikasi Batuan Beku



Gambar 7. Tampilan Antar Muka Hasil Identifikasi Batuan Beku

#### D. Evaluasi Sistem

Evaluasi *usability* dilakukan dengan menyusun kuesioner dengan 19 pertanyaan yang mewakili indikator penilaian *learnability*, *memorability*, *errors*, *efficiency*, dan *satisfaction*.

TABEL V  
RELEVANSI PERTANYAAN KUESIONER DENGAN INDIKATOR EVALUASI  
USABILITY

Indikator	Pertanyaan Kuesioner (Q)
<i>Learnability</i>	Q1, Q2, Q3
<i>Memorability</i>	Q4, Q5, Q6
<i>Errors</i>	Q7, Q8, Q9, Q10, Q11
<i>Efficiency</i>	Q12, Q13
<i>Satisfaction</i>	Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19

Jumlah partisipan kuesioner evaluasi *usability* sebanyak 47 orang mahasiswa Prodi D3 Teknik Pertambangan Politeknik Negeri Ketapang. Kuesioner disebar secara *online* menggunakan aplikasi Google Form pada alamat <https://bit.ly/surveyaplikasibatuanbeku>.

TABEL VVI  
HASIL TABULASI KUESIONER

Indikator	Rata-rata Skor Jawaban
<i>Learnability</i>	4,4
<i>Memorability</i>	4,2
<i>Errors</i>	4,4
<i>Efficiency</i>	4,3
<i>Satisfaction</i>	4,4
<b>Total Rata-rata</b>	<b>4,3</b>

#### V. KESIMPULAN

Implementasi metode *forward chaining* pada sistem yang dikembangkan berhasil mengidentifikasi jenis batuan beku untuk analisis klasifikasi mineralogi batuan beku. Berdasarkan hasil kuesioner evaluasi *usability* sistem diperoleh rata-rata skor jawaban untuk indikator *learnability* adalah 4,4, 4,2 untuk *memorability*, 4,4 untuk *errors*, 4,3 *efficiency*, dan 4,4 untuk *satisfaction*. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan berguna dengan baik bagi pengguna sebagai sarana pendukung pembelajaran dalam mempelajari jenis batuan beku dengan skor rata-rata evaluasi *usability* keseluruhan sistem sebesar 4,3. Sistem yang dikembangkan memberikan manfaat, minim kegagalan, dan memberikan kepuasan bagi pengguna.

#### REFERENSI

- [1] Areal Tambang di Ketapang Terbesar di Kalbar. Diakses pada tanggal 5 April 2021, dari <https://pwpypindonesia.org/id/areal-tambang-di-ketapang-terbesar-di-kalbar/>
- [2] Bahan Galian Bausit di Kalimantan Barat. Diakses pada tanggal 5 April 2021, dari <https://esdm.kalbarprov.go.id/ppid/keberadaan-4-ksit-di-kalimantan-barat/>
- [3] Balfas, M D. Geologi Untuk Pertambangan Umum. Graha Ilmu: Yogyakarta. 2015.
- [4] Santosa, Arvied N A, Bambang Hidayat, dan Andri Slamet Subandrio. "Identifikasi Struktur dan Warna Mineral Pada Batuan Menggunakan Ekstraksi Ciri Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Decision Tree. E-Proceeding of Engineering". 5(2), 2064-2073. 2018.
- [5] Rahmah, Rosa C, Bambang Hidayat, dan Andri Slamet Subandrio. "Identifikasi Mineralogi Untuk Klasifikasi Batuan Beku Menggunakan Ekstraksi Ciri Gabor Wavelet Dan Linier Discriminant Analysis (LDA) Pada Citra Digital. E-Proceeding of Engineering". 5(2), 2074-2079. 2019.
- [6] Hevi Wahyu Nursafa'ah. Perbandingan Metode Split Atribut menggunakan Information Gain dan Gain Ratio pada Algoritma C4.5 untuk Klasifikasi Lahan Kritis Di Kabupaten Grobogan. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang. 2019.
- [7] Rusito, Meidy Taufani Firmansyah. "Implementasi Metode Decision Tree dan Algoritma C4.5 Untuk Klasifikasi Data Tabung Bank". INFOKAM. 7(1), 1-12. 2016.
- [8] Rizky Rizky, Sukisno, Mohammad Ridwan, dan Zaenal Hakim. "Implementasi Metode Forward Chaining Untuk Diagnosa Penyakit Covid 19 di RSUD Berkah Pandeglang Banten". Jurnal Teknologi Informatika. 14(1), 69-72. 2020.
- [9] Siti Nurajizah, dan Maulana Saputra. "Sistem Pakar Berbasis Android Untuk Diagnosa Penyakit Kulit Kucing dengan Metode Forward Chaining". 2018. Jurnal PILAR Nusa Mandiri. 14(1), 7-13.
- [10] Zaenal Hakim, et al. "Implementasi Metode Forward Chaining Untuk Sistem Pakar Diagnosis Hama Tanaman Kacang Kedelai Pada Dinas Pertanian Pandeglang Provinsi Banten". Jurnal Teknologi Informatika. 8(1), 68-78. 2020.
- [11] Hayadi, B. Irawan. Sistem Pakar Penyelesaian Kasus Menentukan Minat Baca, Kecenderungan, dan Karakter Siswa dengan Metode Forward Chaining. Deepublish: Yogyakarta. 2018.
- [12] Bonewittz, Ronald Louis. Nature Guide Rocks and Minerals. DK Publishing. 2012.
- [13] Freeman, Tom. Environmental Geology Laboratory. John Wiley & Sons, Inc. 1976.
- [14] Mottana, A, Rodolfo Crespti, dan Giuseppe Liborio. Guide to Rocks and Minerals. Simon & Schuster Inc. 1978.
- [15] Jeffrey Rubin and Dana Chisnell. Handbook of Usability Testing. How to Plan, Design, and Conduct Effective Usability Tests. Wiley Publishing, Indianapolis. 2008.
- [16] Nielsen J. Usability 101: Introduction to usability. Alertbox. Diakses pada tanggal 7 Oktober 2021, dari <https://www.useit.com/alertbox/>

- <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- [17] Sommerville, Ian. Software Engineering 7th Edition. Addison Weasley. 2004.
- [18] Kendall, Kenneth E. System Analyst and Design 8th Edition. Pearson Education. 2013.

15%

SIMILARITY INDEX

---

PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="http://jurnal.untan.ac.id">jurnal.untan.ac.id</a> Internet	100 words — 3%
2	<a href="http://slideplayer.info">slideplayer.info</a> Internet	46 words — 1%
3	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet	40 words — 1%
4	<a href="http://e-journals.unmul.ac.id">e-journals.unmul.ac.id</a> Internet	36 words — 1%
5	<a href="http://libraryproceeding.telkomuniversity.ac.id">libraryproceeding.telkomuniversity.ac.id</a> Internet	31 words — 1%
6	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Internet	28 words — 1%
7	<a href="http://repository.radenintan.ac.id">repository.radenintan.ac.id</a> Internet	26 words — 1%
8	<a href="http://eprints.uny.ac.id">eprints.uny.ac.id</a> Internet	21 words — 1%
9	<a href="http://repository.unimus.ac.id">repository.unimus.ac.id</a> Internet	21 words — 1%
10	<a href="http://repo.itera.ac.id">repo.itera.ac.id</a> Internet	

18 words — 1%

11 [www.hials.no](http://www.hials.no)  
Internet

16 words — < 1%

12 [fenery.org](http://fenery.org)  
Internet

15 words — < 1%

13 Idris Herkan Afandi. "Perbandingan Sampling dengan Metode Test Pit dan Pengeboran pada Endapan Bauksit PT. Prima Abadi Mineral Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat", JURNAL SIMETRIK, 2019  
Crossref

14 words — < 1%

14 [e-jurnal.pnl.ac.id](http://e-jurnal.pnl.ac.id)  
Internet

14 words — < 1%

15 [evansww.staff.gunadarma.ac.id](http://evansww.staff.gunadarma.ac.id)  
Internet

11 words — < 1%

16 [iopscience.iop.org](http://iopscience.iop.org)  
Internet

11 words — < 1%

17 [core.ac.uk](http://core.ac.uk)  
Internet

9 words — < 1%

18 [dspace.umkt.ac.id](http://dspace.umkt.ac.id)  
Internet

9 words — < 1%

19 [hes-gotappointment-newspaper.icu](http://hes-gotappointment-newspaper.icu)  
Internet

9 words — < 1%

20 Edwaren Liun, Nurlaila Nurlaila. "Kebutuhan Energi Untuk Pengolahan Bauksit di Kalimantan Barat", Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, 2021  
Crossref

8 words — < 1%

- 21 [ejournal.seminar-id.com](http://ejournal.seminar-id.com)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 22 [juminten.upnjatim.ac.id](http://juminten.upnjatim.ac.id)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 23 [jurnalinformatika.petra.ac.id](http://jurnalinformatika.petra.ac.id)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 24 [repository.usd.ac.id](http://repository.usd.ac.id)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 25 Jur TI. "DEWAN REDAKSI, PENGANTAR DAN DAFTAR ISI", Jurnal Teknologi Informasi, 2020  
Crossref 7 words — < 1%
- 
- 26 Khikma Mei Rida, Gita Fadila Fitriana, Darmansah Darmansah. "PERANCANGAN PROTOTYPE APLIKASI TIKET WISATA DI KOTA PEMALANG MENGGUNAKAN UX LIFECYCLE", Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab, 2022  
Crossref 7 words — < 1%
- 
- 27 [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)  
Internet 7 words — < 1%
- 
- 28 [ejournal.unis.ac.id](http://ejournal.unis.ac.id)  
Internet 6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF