



## Analisis Lama Waktu Pemanasan dan Rasio Komposisi Oli terhadap Peningkatan Kualitas Batubara menggunakan Metode *Upgrading Brown Coal*

Ferry Samuel Maringan Siregar<sup>1\*</sup>, Windhu Nugroho<sup>2</sup>, Henny Magdalena<sup>3</sup>, Agus Winarno<sup>4</sup>, Rety Winonazada<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Universitas Mulawarman, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [ferrysamuelms06@gmail.com](mailto:ferrysamuelms06@gmail.com)

**Abstract.** *Low-rank coal generally has a high moisture content, which results in a low calorific value and suboptimal quality for utilization as an energy source. One method that can be applied to improve coal quality is the Upgrading Brown Coal (UBC) process, which functions to reduce moisture content and increase fixed carbon value. This study aims to analyze the effect of heating time and the ratio of used oil composition on improving coal quality based on proximate parameters. The research method includes collecting coal samples from four locations in Samarinda and its surrounding areas, namely SMAN 1 Samarinda, Bhineka Street, Palaran Stadium, and Tani Bakti Village. The samples were analyzed using proximate analysis, including inherent moisture (IM), ash content (AC), volatile matter (VM), and fixed carbon (FC), both before and after the UBC process. The upgrading process was carried out with variations in heating time and used oil composition as a coating medium to enhance coal stability and prevent moisture reabsorption. The final results of the upgrading process showed the best values of inherent moisture at 13.64%, ash content at 4.66%, volatile matter at 55.06%, and fixed carbon at 44.94%. The results indicate that the UBC process is capable of reducing inherent moisture and increasing fixed carbon, thereby improving coal quality. Variations in heating time and used oil composition have a significant effect on changes in proximate parameters. Longer heating time and an appropriate ratio of used oil composition result in a more optimal improvement in coal quality.*

**Keywords:** *Coal Quality; Coal; Heating Time; Oil Composition Ratio; Upgrading Brown Coal.*

**Abstrak.** Batubara peringkat rendah umumnya memiliki kandungan air yang tinggi sehingga menyebabkan nilai kalor rendah dan kualitasnya kurang optimal untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas batubara adalah *Upgrading Brown Coal* (UBC), yang berfungsi untuk menurunkan kadar air dan meningkatkan nilai karbon tetap. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lama waktu pemanasan dan rasio komposisi oli bekas terhadap peningkatan kualitas batubara berdasarkan parameter proksimat. Metode penelitian yang digunakan meliputi pengambilan sampel batubara dari empat lokasi di wilayah Samarinda dan sekitarnya, yaitu SMAN 1 Samarinda, Jalan Bhineka, Stadion Palaran, dan Desa Tani Bakti. Sampel kemudian diuji menggunakan analisis proksimat yang mencakup *inherent moisture* (IM), *ash content* (AC), *volatile matter* (VM), dan *fixed carbon* (FC), baik sebelum maupun setelah proses UBC. Proses upgrading dilakukan dengan variasi waktu pemanasan dan komposisi oli bekas sebagai media pelapis untuk meningkatkan kestabilan batubara dan mencegah penyerapan kembali air. Hasil akhir dari proses upgrading, didapatkan nilai *Inherent Moisture* terbaik dengan nilai 13,64%, nilai AC terbaik dengan nilai 4,66%, nilai VM terbaik dengan nilai 55,06%, dan nilai FC terbaik di angka 44,94%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses UBC mampu menurunkan nilai *inherent moisture* dan meningkatkan nilai *fixed carbon*, sehingga kualitas batubara mengalami peningkatan. Variasi waktu pemanasan dan komposisi oli bekas memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan nilai parameter proksimat. Semakin lama waktu pemanasan dan semakin tepat rasio komposisi oli bekas, maka peningkatan kualitas batubara menjadi lebih optimal.

**Kata Kunci:** Batubara; Kualitas Batubara; Rasio Komposisi Oli; *Upgrading Brown Coal*; Waktu Pemanasan

## 1. LATAR BELAKANG

Dalam usaha untuk menaikkan kualitas batubara, perlu adanya metode yang tepat untuk dilakukan. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah metode *upgrading brown coal* (UBC). Menurut Heriyanto et al., (2014) *upgrading brown coal* merupakan suatu teknologi peningkatan nilai kalori batubara peringkat rendah menjadi produk yang relatif sama dengan batubara peringkat tinggi yang memiliki nilai kalori tinggi dan kandungan air rendah. Proses ini sangat sederhana karena berdasarkan pengurangan kandungan air sehingga tidak ada reaksi kimia yang terjadi. Akan tetapi bila batubara tersebut hanya dikeringkan saja, maka akan dihasilkan produk yang tidak stabil, karena batubara yang telah kering tersebut akan mengabsorpsi kembali uap air yang ada disekitarnya.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian penulis, Batubara akan dicampurkan menggunakan campuran berupa minyak pelumas bekas/oli bekas yang didapatkan dari bengkel sekitar kampus yang tidak ada angka pasti dari kualitas oli bekas yang digunakan pada pengujian ini. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang *upgrading brown coal* dari hasil parameter kualitas batubara (*inherent moisture, ash content, volatile matter, dan fixed carbon*) untuk memenuhi tujuan *upgrading brown coal* yaitu menaikkan kualitas dari batubara berkualitas rendah.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### Pengertian Batubara

Menurut Elliot, (1981) dalam Irwandy, (2014) batubara adalah batuan sedimen yang secara kimia dan fisika mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, serta oksigen sebagai unsur tambahan. Zat lain yaitu senyawa anorganik pembentuk *ash* (debu), tersebar sebagai partikel zat mineral yang terpisah di seluruh senyawa batubara.

Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

### Klasifikasi Batubara

Pengklasifikasian batubara adalah perubahan tumbuhan sampai sampai bentuk gambut, dilanjutkan oleh perubahan gambut menuju *lignit, subbituminus, bituminus, semi-antrasit ke antrasit dan meta-antrasit*.

Tingkat perubahan atau pengklasifikasian batubara disebut peringkat batubara, dan identifikasi awal dari peringkat *deposit* batubara yang sedang diselidiki akan menentukan potensi dan ketertarikan di masa depan pada deposit tersebut.

Untuk memahami peringkat batubara, penjelasan singkat dari proses pengklasifikasian batubara diberikan, khususnya kondisi dimana batubara dengan peringkat yang berbeda diproduksi (Larry, 2020).

Menurut (Sukandarrumidi, 2009) klasifikasi batubara berdasarkan atas nilai kalor dibagi sebagai berikut: 1) Batubara tingkat tinggi (*high rank*), meliputi *meta anthracite*, *anthracite*, dan *semi anthracite*, 2) Batubara tingkat menengah (*moderate rank*), meliputi *low volatile bituminous coal*, dan *high volatile coal*, 3) Batubara tingkat rendah (*low rank*), meliputi *sub bituminous coal*, dan *lignite*.

### **Kualitas Batubara**

Kualitas suatu batubara dapat ditentukan dengan cara analisa parameter tertentu baik secara fisik maupun kimia. Kualitas batubara juga ditentukan oleh maseral dan mineral *matter* penyusunnya, serta oleh derajat *coalification* (*rank*). Parameter kualitas batubara terdiri dari (Winarno dkk., 2021):

#### ***Analisis Proksimat***

Analisis proksimat adalah analisa batubara yang bertujuan untuk menentukan kelompok senyawa penyusun batubara. Analisis proksimat meliputi beberapa pengujian antara lain sebagai berikut:

##### a) *Inherent moisture* (IM)

*Inherent moisture* merupakan kandungan air yang terkandung dalam batubara setelah batubara tersebut dikeringkan, metode yang digunakan adalah ASTM D3173 untuk mencari kandungan air.

##### b) *Ash Content* (Kandungan Abu)

*Ash content* adalah bagian batubara yang tersisa saat batubara dibakar secara sempurna. Abu batubara terbentuk dari sisa pembakaran mineral-mineral yang terdapat di dalam batubara. Semakin banyak mineral yang terdapat di dalam batubara maka kadar abunya juga akan semakin tinggi (Sudarsono, 2003), metode yang digunakan adalah ASTM D3174 untuk mencari kadar abu.

##### c) *Volatile Matter* (Zat Terbang)

Zat terbang adalah bagian dari batubara yang hilang bila batubara tersebut dipanaskan tanpa udara pada temperatur 950 °C, metode yang digunakan adalah ASTM D3175 untuk mencari kandungan zat terbang.

d) *Fixed Carbon* (Karbon Tertambat)

Karbon tertambat adalah karbon yang tertinggal pada batubara saat batubara dipanaskan dalam kondisi *inert* pada temperatur dan lama waktu tertentu, metode yang digunakan adalah ASTM D3172 untuk mencari nilai karbon tertambat.

### **Basis Pelaporan Hasil Analisis**

Di dalam analisa kualitas batubara di laboratorium menurut ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dilaporkan dengan beberapa basis pelaporan hasil analisis batubara (Sudarsono, 2003), yaitu:

- a) *As Received* (Ar) adalah basis yang menyatakan parameter kualitas batubara pada saat diterima atau batubara hasil dari proses penambangan. Dengan demikian, analisis pada basis ini juga mengikut sertakan air yang menempel pada batubara yang diakibatkan oleh hujan, proses pencucian batubara (*coal washing*) atau penyemprotan ketika di *stockpile* maupun pada saat *loading*.
- b) *Air dried Basis* (ADB) adalah batubara yang telah mengalami proses pemanasan lanjutan, sehingga kandungan air bebasnya hilang pada kondisi temperatur dan kelembaban standar sehingga tidak diperhitungkan lagi. Pada kondisi ini batubara dikatakan dalam dasar udara kering yang masih mengandung abu dan *inherent moisture*.
- c) *Dry Basis* (DB) adalah keadaan batubara kondisi dasar udara kering yang dipanaskan pada suhu standar, sehingga batubara dalam kondisi dasar kering dan bebas dari kandungan air total tapi masih mengandung abu.
- d) *Dry Ash Free* (DAF) adalah basis yang menyatakan suatu parameter kualitas batubara yang seolah-olah sama sekali tidak mengandung air maupun abu. Pada basis ini kadar air dan kadar abu diabaikan karena kadarnya dianggap sama dengan nol.
- e) *Dry Mineral Matter Free* (DMMF) adalah basis ini diartikan sebagai *pure coal basis*, yang berarti batubara diasumsikan dalam keadaan murni dan tidak mengandung air, abu, serta zat mineral lainnya. Analisis ini diperlukan untuk memberikan gambaran mengenai komposisi organik murni.

### **Upgrading Brown Coal (UBC)**

Menurut Muchjidin, (2013) proses *upgrading* merupakan proses peningkatan nilai kalori batubara kalori rendah melalui penurunan kadar air lembab dalam batubara. Air yang terkandung dalam batubara terdiri dari air bebas (*free moisture*) dan air lembab (*inherent moisture*) jika *moisture* diturunkan, maka CV akan meningkatkan menjadi tinggi. Inilah maksud utama dari proses *upgrading brown coal* (UBC).

Prinsip proses UBC adalah mencampurkan batubara *rank* rendah dengan minyak pada suhu 150°C. Setelah berakhir, *inherent moisture* akan menjadi stabil dan setelah minyak membasahi pori-pori batubara, minyak akan teradsorpsi secara selektif dalam pori-pori, menyebabkan partikel batubara dilapisi oleh minyak. Akibatnya *moisture* yang keluar dari pori-pori tidak dapat masuk lagi ke dalam batubara. Pemisahan batubara dengan minyak dikerjakan pada suhu 130°C. Tujuan *Upgrading Brown Coal* sendiri untuk peningkatan nilai kalori batubara kalori rendah melalui penurunan kadar air lembab dalam batubara.

### **Oli Bekas**

Pelumas (*lubricant*) atau sering disebut oli adalah suatu bahan (biasanya berbentuk cairan) yang berfungsi untuk mereduksi keausan antara dua permukaan benda bergerak yang saling bergesekan. Suatu bahan cairan dapat dikategorikan sebagai pelumas jika mengandung bahan dasar (bisa berupa *oil based* atau *water/glycol based*) dan zat aditif (Putri & Fadillah 2020).

Oli bekas yang digunakan dalam proses *Upgraded Brown Coal* (UBC) tidak hanya berfungsi sebagai media pelapis selama proses berlangsung, tetapi juga mengalami perubahan karakteristik menjadi residu yang melekat pada permukaan batubara. Kondisi ini menunjukkan bahwa setelah digunakan, oli bekas tidak lagi berada dalam bentuk fluida awal, melainkan teradsorpsi sebagai lapisan pada batubara. Lapisan tersebut berperan dalam meningkatkan kestabilan batubara serta mengurangi kemampuan batubara untuk menyerap kembali air.

## **3. METODE PENELITIAN**

Materi penelitian yang terdapat dalam skripsi ini berisi pemaparan tentang proses *upgrading brown coal* yang dilakukan Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara Fakultas Teknik Universitas Mulawarman dan mencakup tentang optimasi penggunaan batubara dalam proses *upgrading brown coal*. Kriteria optimal dalam kajian *upgrading brown coal* ini adalah mengoptimalkan penggunaan batubara anpa melebihi batasan kuantitas yang tersedia sehingga diperoleh kualitas hasil *upgrading* yang optimal.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kualitas dan Sebaran Batubara Daerah Penelitian**

Batubara di daerah Samarinda termasuk dalam Cekungan Kutai, salah satu cekungan penghasil batubara terbesar di Indonesia. Secara umum, batubara di wilayah ini berjenis *low rank* hingga *sub-bituminous*, dari segi sebaran, lapisan batubara di Samarinda umumnya menerus secara lateral dengan ketebalan antara 5 hingga lebih dari 10 meter.

Meskipun sering dijumpai perbedaan ketebalan akibat lipatan, sesar, maupun perubahan lingkungan pengendapan. Batubara di wilayah ini banyak ditemukan pada formasi sedimen delta, rawa, dan alluvial, sehingga keberadaannya meluas di daerah Samarinda.

Batubara sebaran daerah penelitian berada pada Formasi Kampungbaru dan Pulau Balang di daerah ini didominasi oleh komposisi maseral vitrinite dengan nilai reflaktan vitrinitenya 0,47-0,50% . Nilai *moisture* menengah, nilai *volatile matter* menengah, dan nilai *ash* yang rendah merupakan ciri-ciri batubara di wilayah ini. Hal-hal tersebut mengindikasikan bahwa batubara tersebut merupakan batubara berjenis sub-bituminous A – high volatile bituminous.

### **Kualitas dan Sebaran Batubara Daerah Penelitian**

#### ***Analisis Proksimat Batubara Awal***

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui nilai *Inherent moisture*, *Ash content*, *volatile Matter* dan *Fixed Carbon* pada batubara awal tanpa ada dilakukannya perlakuan tambahan pada sampel batubara awal yang akan diuji. Berikut merupakan hasil pengujian proksimat batubara awal.

**Tabel 1. Proksimat Batubara Awal.**

Sampel	<i>Inherent Moisture</i> (%) (adb)	<i>Ash Content</i> (%) (adb)	<i>Volatile Matter</i> (%) (adb)	<i>Fixed Carbon</i> (%) (adb)
Lokasi 1	16,2	6,9	53,7	23,2
Lokasi 2	17,6	5,6	51,9	24,9
Lokasi 3	19,4	5,2	58,7	16,7
Lokasi 4	13,9	3,8	57,2	25,1

Berdasarkan tabel tersebut menunjukkan variasi karakteristik batubara dari empat lokasi di Samarinda, pada perhitungan *Inherent moisture* ke empat lokasi menggunakan basis adb. Dengan kadar air (%IM) tertinggi (19,4%) dan terendah (13,9%) keduanya ditemukan pada lokasi 4. Sementara itu, lokasi 1 memiliki kadar abu (%AC) tertinggi sebesar 6,9%, sedangkan kadar abu terendah tercatat pada Lokasi 4 (3,8%). Adapun kandungan zat terbang (%VM) tertinggi ditemukan pada Lokasi 3 (58,7%), yang mengindikasikan bahwa batubara dari lokasi tersebut lebih mudah terbakar.

Sebaliknya, lokasi 4 mencatatkan kandungan karbon tertambat (%FC) tertinggi sebesar 25,1%, yang merupakan penanda kandungan energi yang lebih unggul dibandingkan lokasi lainnya. Secara keseluruhan, batubara dari lokasi 4 memiliki kualitas paling baik karena kombinasi kadar air dan abu yang rendah serta kadar karbon tertambat yang tinggi.

#### **Hasil Perhitungan IM Pada 4 Lokasi**

Berikut merupakan hasil perhitungan IM pada 4 lokasi dengan campuran oli bekas dan pemanasan pada sampel batubara setelah dilakukannya UBC.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan IM Pada 4 Lokasi Setelah Dilakukan UBC.

Sampel	Waktu (Menit)	MI	<i>Inherent Moisture</i> Awal (AR) (%)	<i>Inherent Moisture</i> Akhir (DB) (%)	Delta <i>Inherent Moisture</i> (%)	Kenaikan Relatif (%)
Lokasi 1	90	50 ml	15	17,65	2,65	17,65
	120	50 ml	13	14,55	1,85	14,55
	150	50 ml	12	13,64	1,64	13,64
	90	75 ml	15	18,34	2,84	18,34
	120	75 ml	14	15,74	2,14	15,74
	150	75 ml	12	13,77	1,67	13,77
	90	100 ml	16	19,19	3,09	19,19
	120	100 ml	14	16,28	2,28	16,28
	150	100 ml	13	14,68	1,88	14,68
Lokasi 2	90	50 ml	16	18,34	2,84	18,34
	120	50 ml	13	14,42	1,82	14,42
	150	50 ml	12	13,77	1,67	13,77
	90	75 ml	16	19,05	3,05	19,05
	120	75 ml	13	14,68	1,88	14,68
	150	75 ml	13	14,29	1,79	14,29
	90	100 ml	18	22,10	4,00	22,10
	120	100 ml	16	18,91	3,01	18,91
	150	100 ml	14	15,61	2,11	15,61
Lokasi 3	90	50 ml	15	17,92	2,72	17,92
	120	50 ml	15	16,96	2,46	16,96
	150	50 ml	14	16,14	2,24	16,14
	90	75 ml	16	18,76	2,96	18,76
	120	75 ml	15	17,23	2,53	17,23
	150	75 ml	14	16,55	2,35	16,55
	90	100 ml	17	20,19	3,39	20,19
	120	100 ml	16	19,33	3,13	19,33
	150	100 ml	15	17,79	2,69	17,79
Lokasi 4	90	50 ml	14	16,41	2,31	16,41
	120	50 ml	13	14,81	1,91	14,81
	150	50 ml	12	13,64	1,64	13,64
	90	75 ml	15	17,65	2,65	17,65
	120	75 ml	13	14,68	1,88	14,68
	150	75 ml	12	13,77	1,67	13,77
	90	100 ml	16	18,76	2,96	18,76
	120	100 ml	14	16,14	2,24	16,14
	150	100 ml	12	13,90	1,70	13,90

Data pada tabel diatas memperlihatkan bahwa variasi waktu pemanasan dan rasio oli memberikan dampak signifikan terhadap perubahan sifat batubara, khususnya pada parameter *Inherent Moisture* (IM).

Pada perhitungan *Inherent moisture* ke empat lokasi menggunakan basis DB. Peningkatan durasi pemanasan secara umum menyebabkan penurunan nilai IM pada seluruh lokasi, sehingga menunjukkan bahwa proses pemanasan efektif dalam mengurangi kandungan air alami batubara. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa lamanya waktu pemanasan pada pencampuran batubara dengan oli bekas dapat menurunkan kadar air pada sampel batubara.

### Hasil Perhitungan AC Pada 4 Lokasi

Berikut merupakan hasil perhitungan AC pada 4 lokasi dengan campuran oli bekas dan pemanasan pada sampel batubara setelah dilakukannya UBC.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan AC Pada 4 Lokasi Setelah Dilakukan UBC.

Sampel	Waktu (Menit)	Ml	Ash Content Awal (Ar) (%)	Ash Content Akhir (DB) (%)	Delta Ash Content (%)	Kenaikan Relatif (%)
Lokasi 1	90	50 ml	7,10	8,35	1,25	17,65
	120	50 ml	7,10	9,16	2,06	29,07
	150	50 ml	7,10	10,45	3,35	47,25
	90	75 ml	7,10	8,52	1,42	20,01
	120	75 ml	7,10	9,84	2,74	38,56
	150	75 ml	7,10	10,69	3,59	50,62
	90	100 ml	7,10	9,06	1,96	27,58
	120	100 ml	7,10	10,47	3,37	47,40
	150	100 ml	7,10	11,35	4,25	59,90
Lokasi 2	90	50 ml	7,10	6,39	-0,71	-9,99
	120	50 ml	7,10	8,12	1,02	14,42
	150	50 ml	7,10	8,76	1,66	23,38
	90	75 ml	7,10	7,26	0,16	2,28
	120	75 ml	7,10	8,49	1,39	19,52
	150	75 ml	7,10	9,60	2,50	35,21
	90	100 ml	7,10	8,42	1,32	18,66
	120	100 ml	7,10	9,04	1,94	27,28
	150	100 ml	7,10	9,94	2,84	40,03
Lokasi 3	90	50 ml	7,10	6,13	-0,97	-13,63
	120	50 ml	7,10	7,02	-0,08	-1,16
	150	50 ml	7,10	8,25	1,15	16,14
	90	75 ml	7,10	6,53	-0,57	-8,00
	120	75 ml	7,10	7,39	0,29	4,02
	150	75 ml	7,10	8,74	1,64	23,12
	90	100 ml	7,10	7,09	-0,01	-0,12
	120	100 ml	7,10	8,11	1,01	14,29
	150	100 ml	7,10	9,19	2,09	29,40
Lokasi 4	90	50 ml	7,10	4,66	-2,44	-34,41
	120	50 ml	7,10	5,51	-1,59	-22,38
	150	50 ml	7,10	6,70	-0,40	-5,57
	90	75 ml	7,10	4,94	-2,16	-30,41
	120	75 ml	7,10	5,85	-1,25	-17,63
	150	75 ml	7,10	7,28	0,18	2,55
	90	100 ml	7,10	5,34	-1,76	-24,73
	120	100 ml	7,10	6,39	-0,71	-10,03
	150	100 ml	7,10	7,52	0,42	5,87

Berdasarkan data pada tabel diatas memperlihatkan bahwa variasi waktu pemanasan dan rasio komposisi oli bekas memberikan dampak signifikan terhadap perubahan sifat batubara, khususnya pada parameter *Ash Content* (AC), pada perhitungan *Ash Content* ke empat lokasi menggunakan basis DB. Durasi pemanasan dan campuran dengan oli bekas secara umum menyebabkan peningkatan nilai AC pada seluruh kondisi akibat adanya kandungan pada bahan campuran oli bekas.

Sehingga menunjukkan bahwa dalam proses pemanasan dan pencampuran oli bekas dapat mempengaruhi nilai kadar abu pada saat pengujian nilai *Ash Content*. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa kandungan pengotor yang dihasilkan pada batubara dapat meningkatkan nilai AC jika adanya penambahan zat pada sampel batubara.

#### Hasil Perhitungan VM Pada 4 Lokasi

Berikut merupakan hasil perhitungan VM pada 4 lokasi dengan campuran oli bekas dan pemanasan pada sampel batubara setelah dilakukannya UBC.

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan VM Pada 4 Lokasi Setelah Dilakukan UBC.

Sampel	Waktu (Menit)	ML	<i>Volatile Matter</i> Awal (Ar) (%)	<i>Volatile Matter</i> Akhir (DAF) (%)	Delta <i>Volatile Matter</i> (%)	Kenaikan Relatif (%)
Lokasi 1	90	50 ml	47,00	60,33	13,33	28,37
	120	50 ml	57,40	72,38	14,98	26,10
	150	50 ml	51,70	65,61	13,91	26,90
	90	75 ml	54,80	70,89	16,09	29,37
	120	75 ml	53,80	69,06	15,26	28,37
	150	75 ml	51,40	65,48	14,08	27,39
	90	100 ml	52,50	68,81	16,31	31,06
	120	100 ml	53,90	70,00	16,10	29,87
	150	100 ml	60,50	78,27	17,77	29,37
Lokasi 2	90	50 ml	49,70	62,83	13,13	26,42
	120	50 ml	52,00	64,76	12,76	24,53
	150	50 ml	56,00	69,83	13,83	24,69
	90	75 ml	49,60	63,67	14,07	28,37
	120	75 ml	47,50	59,52	12,02	25,31
	150	75 ml	57,30	72,44	15,14	26,42
	90	100 ml	49,10	65,47	16,37	33,33
	120	100 ml	51,90	67,84	15,94	30,72
	150	100 ml	54,00	69,32	15,32	28,37
Lokasi 3	90	50 ml	50,60	63,57	12,97	25,63
	120	50 ml	52,00	65,41	13,41	25,79
	150	50 ml	43,50	55,06	11,56	26,58
	90	75 ml	52,40	66,58	14,18	27,06
	120	75 ml	46,90	59,37	12,47	26,58
	150	75 ml	49,80	63,60	13,80	27,71
	90	100 ml	53,60	69,34	15,74	29,37
	120	100 ml	52,60	68,31	15,71	29,87
	150	100 ml	49,20	63,81	14,61	29,70
Lokasi 4	90	50 ml	48,00	58,61	10,61	22,10
	120	50 ml	52,40	63,67	11,27	21,51
	150	50 ml	49,90	60,78	10,88	21,80
	90	75 ml	51,60	63,86	12,26	23,76
	120	75 ml	51,20	62,36	11,16	21,80
	150	75 ml	53,00	65,03	12,03	22,70
	90	100 ml	51,90	65,12	13,22	25,47
	120	100 ml	46,80	58,06	11,26	24,07
	150	100 ml	48,40	59,61	11,21	23,15

Data pada tabel diatas memperlihatkan bahwa variasi waktu pemanasan dan rasio komposisi oli bekas memberikan dampak signifikan terhadap perubahan sifat batubara, khususnya pada parameter *Volatile Matter* (VM), pada perhitungan *Volatile Matter* ke empat lokasi menggunakan basis DAF. Durasi pemanasan dan campuran dengan oli bekas pada beberapa pengujian ada yang mengalami peningkatan dan juga ada yang mengalami penurunan terhadap nilai VM pada seluruh kondisi akibat adanya kandungan pada bahan campuran oli bekas, sehingga menunjukkan bahwa dalam proses pemanasan dan pencampuran oli bekas dapat mempengaruhi nilai kadar abu pada saat pengujian nilai *Volatile Matter*. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa nilai VM pada batubara dapat terpengaruh jika adanya penambahan zat pada sampel batubara.

### Hasil Perhitungan FC Pada 4 Lokasi

Berikut merupakan hasil perhitungan FC pada 4 lokasi dengan campuran oli bekas dan pemanasan pada sampel batubara setelah dilakukannya UBC.

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan FC Pada 4 Lokasi Setelah Dilakukan UBC.

Sampel	Waktu (Menit)	ML	<i>Fixed Carbon</i> Awal (Ar) (%)	<i>Fixed Carbon</i> Akhir (DAF) (%)	Delta <i>Fixed Carbon</i> (%)	Kenaikan Relatif (%)
Lokasi 1	90	50 ml	30,90	39,67	8,77	28,37
	120	50 ml	21,90	27,62	5,72	26,10
	150	50 ml	27,10	34,39	7,29	26,90
	90	75 ml	22,50	29,11	18,49	29,37
	120	75 ml	24,10	30,94	16,59	28,37
	150	75 ml	27,10	34,52	15,84	27,39
	90	100 ml	23,80	31,19	7,39	31,06
	120	100 ml	23,10	30,00	6,90	29,87
	150	100 ml	16,80	21,73	4,93	29,37
Lokasi 2	90	50 ml	29,40	37,17	7,77	26,42
	120	50 ml	28,30	35,24	6,94	24,53
	150	50 ml	24,20	30,17	5,97	24,69
	90	75 ml	28,30	36,33	8,03	28,37
	120	75 ml	32,30	40,48	8,18	25,31
	150	75 ml	21,80	27,56	5,76	26,42
	90	100 ml	25,90	34,53	8,63	33,33
	120	100 ml	24,60	32,16	7,56	30,72
	150	100 ml	23,90	30,68	6,78	28,37
Lokasi 3	90	50 ml	29,00	36,43	7,43	25,63
	120	50 ml	27,50	34,59	7,09	25,79
	150	50 ml	35,50	44,94	9,44	26,58
	90	75 ml	26,30	33,42	7,12	27,06
	120	75 ml	32,10	40,63	8,53	26,58
	150	75 ml	28,50	36,40	7,90	27,71
	90	100 ml	23,70	30,66	6,96	29,37
	120	100 ml	24,40	31,69	7,29	29,87
	150	100 ml	27,90	36,19	8,29	29,70
Lokasi 4	90	50 ml	33,90	41,39	7,49	22,10
	120	50 ml	29,90	36,33	6,43	21,51

150	50 ml	32,20	39,22	7,02	21,80
90	75 ml	29,20	36,14	6,94	23,76
120	75 ml	30,90	37,64	6,74	21,80
150	75 ml	28,50	34,97	6,47	22,70
90	100 ml	27,80	34,88	7,08	25,47
120	100 ml	33,80	41,94	8,14	24,07
150	100 ml	32,80	40,39	10,14	23,15

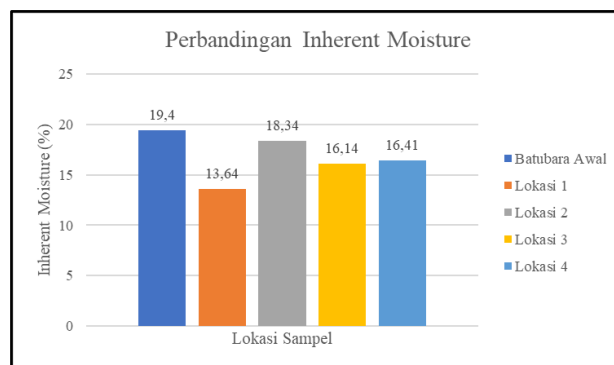
Data pada tabel diatas memperlihatkan bahwa variasi waktu pemanasan dan rasio komposisi oli bekas memberikan dampak signifikan terhadap perubahan sifat batubara, khususnya pada parameter *Fixed Carbon* (FC) , pada perhitungan *Fixed Carbon* ke empat lokasi menggunakan basis DAF. Durasi pemanasan dan campuran dengan oli bekas pada beberapa pengujian ada yang mengalami peningkatan dan juga ada yang mengalami penurunan dan mempengaruhi perhitungan terhadap nilai FC pada seluruh kondisi akibat adanya kandungan pada bahan campuran oli bekas, sehingga menunjukkan bahwa dalam proses pemanasan dan pencampuran oli bekas dapat mempengaruhi nilai abu dan kandungan air pada batubara yang berpengaruh pada nilai dari *Fixed Carbon*. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa kandungan pada batubara dapat terpengaruh jika adanya penambahan zat pada sampel batubara.

### Perbandingan Nilai Batubara Awal Dan Setelah UBC

Perbandingan nilai hasil batubara awal dan setelah dilakukannya perlakuan UBC pada sampel batubara dilakukan untuk melihat selisih nilai antara 2 sampel dengan kondisi pengambilan sampel pada lokasi yang sama.

### Perbandingan Nilai IM

Berikut grafik perbandingan dari hasil perhitungan nilai IM pada sampel batubara:



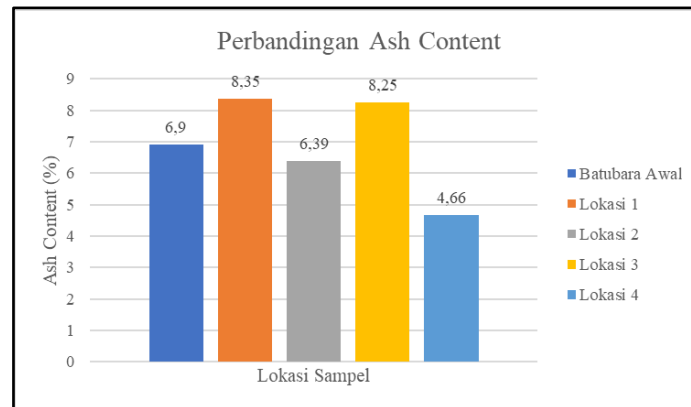
**Gambar 1.** Perbandingan Nilai IM Batubara Awal Dan Setelah UBC.

Grafik pada gambar diatas mengilustrasikan bahwa pada sampel batubara awal dengan basis Ar mendapatkan nilai IM setelah diuji yaitu 19,4%, pada sampel batubara yang telah dilakukan perlakuan pemanasan dan percampuran oli bekas dengan basis DB diantaranya lokasi 1 nilai IM yang didapatkan yaitu 17,65%, pada lokasi 2 nilai IM yang didapatkan yaitu 18,34%.

Lokasi 3 mendapatkan nilai IM 16,14% pada lokasi 4 nilai IM yang didapatkan yaitu 16,41%, yang menunjukkan pengaruh dari pencampuran oli bekas dan lama pemanasan terhadap sampel batubara sebelum dilakukannya perhitungan nilai IM dapat mempengaruhi persentase berkurangnya kandungan *Moisture* pada batubara awal.

### Perbandingan Nilai AC

Berikut grafik perbandingan dari hasil perhitungan nilai AC pada sampel batubara:

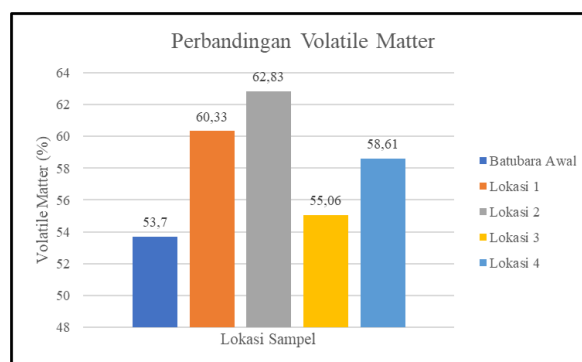


**Gambar 2.** Perbandingan Nilai AC Batubara Awal Dan Setelah UBC.

Grafik pada gambar diatas mengilustrasikan bahwa pada sampel batubara awal dengan basis Ar mendapatkan nilai AC setelah diuji yaitu 6,9%, pada sampel batubara yang telah dilakukan perlakuan pemanasan dan percampuran oli bekas menggunakan basis DB diantaranya lokasi 1 nilai AC yang didapatkan yaitu pada angka 8,35%, pada lokasi 2 nilai AC yang didapatkan yaitu 6,39%, pada lokasi 3 mendapatkan nilai AC yaitu 8,25% dan pada lokasi 4 nilai AC yang didapatkan yaitu 4,66%, yang memperlihatkan bahwa pengaruh dari pencampuran oli bekas dan pengaruh pada lamanya pemanasan terhadap sampel batubara awal sebelum dilakukannya perhitungan nilai AC dan dapat mempengaruhi persentase kenaikan kandungan abu pada batubara awal dikarenakan adanya zat pengotor tambahan yang dihasilkan dari oli bekas pada proses *upgrading* pada batubara.

### Perbandingan Nilai VM

Berikut grafik perbandingan dari hasil perhitungan nilai VM pada sampel batubara:

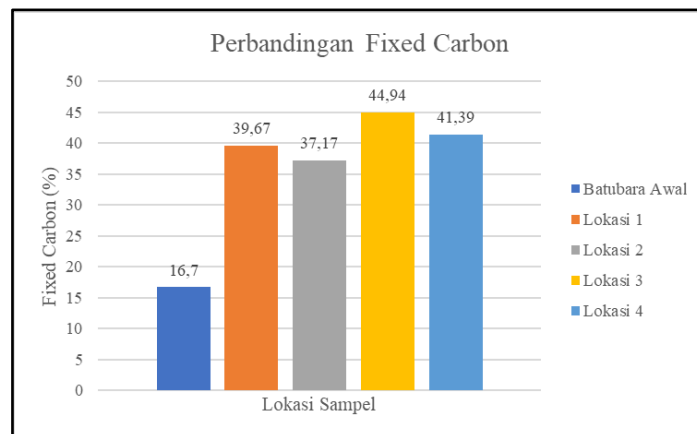


**Gambar 3.** Perbandingan Nilai VM Batubara Awal Dan Setelah UBC.

Grafik pada gambar diatas memperlihatkan bahwa pada sampel batubara awal dengan basis Ar nilai VM setelah diuji yaitu 53,7%, pada sampel batubara yang telah dilakukan perlakuan pemanasan dan pencampuran oli bekas dengan basis DAF diantaranya lokasi 1 nilai VM yang didapatkan yaitu 60,33%, pada lokasi 2 nilai VM yang didapatkan yaitu 62,83%, pada lokasi 3 mendapatkan nilai VM yaitu 55,06% dan pada lokasi 4 nilai VM yang didapatkan yaitu 58,61%, yang menjadi pengaruh peningkatan kadar VM meningkat yaitu dari pencampuran oli bekas dan lama pemanasan pada sampel batubara sebelum dilakukannya perhitungan nilai VM yang dapat mempengaruhi persentase kenaikan kandungan zat terbang pada batubara awal, dikarenakan adanya kemungkinan zat pengotor tambahan yang masuk melalui oli bekas yang digunakan sebagai bahan campuran pada proses *upgrading* pada sampel batubara awal. Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada batubara awal dengan dengan dilakukannya bebera variasi pencampuran batubara dengan oli bekas dan variasi pemanasan didapatkan nilai VM terbaik terdapat pada lokasi 3 dengan variasi campuran oli bekas 50 ml dan pemanasan pada suhu 150°C.

### Perbandingan Nilai FC

Berikut grafik perbandingan dari hasil perhitungan nilai FC pada sampel batubara:



**Gambar 4.** Perbandingan Nilai FC Batubara Awal Dan Setelah UBC.

Grafik pada gambar diatas memperlihatkan bahwa pada sampel batubara awal dengan basis Ar nilai FC setelah diuji yaitu 16,7%, pada sampel batubara yang telah dilakukan perlakuan pemanasan dan pencampuran oli bekas dengan basis DAF diantaranya lokasi 1 nilai FC yang didapatkan yaitu 39,67%, pada lokasi 2 nilai FC yang didapatkan yaitu 37,17%, pada lokasi 3 mendapatkan nilai FC yaitu 44,94% dan pada lokasi 4 nilai FC yang didapatkan yaitu 41,39%, yang menjadi pengaruh peningkatan nilai FC yaitu dari pencampuran oli bekas dan lama pemanasan pada sampel batubara sebelum dilakukannya perhitungan nilai pada pengujian IM, AC, VM sehingga pada nilai FC yang dihasilkan dapat mempengaruhi persentase kenaikan karbon tertambat pada batubara awal.

Dikarenakan adanya kemungkinan kandungan tambahan yang masuk melalui oli bekas yang digunakan sebagai bahan campuran pada proses *upgrading* sampel batubara awal. Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada batubara awal dengan dilakukannya beberapa variasi pencampuran batubara dengan oli bekas dan variasi pemanasan didapatkan nilai FC terbaik terdapat pada lokasi 3 dengan variasi campuran oli bekas 50 ml dan pemanasan pada suhu 150°C.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan volume campuran dari 50 ml, 75 ml hingga 100 ml menunjukkan dampak yang jelas terhadap parameter proksimat batubara pada seluruh lokasi dengan turunnya nilai IM pada pengujian akan tetapi mempengaruhi nilai AC serta VM yang cenderung meningkat meskipun berfluktuasi dikarenakan pengaruh campuran oli bekas, sementara nilai FC meningkat dibandingkan dengan batubara awal sebelum dilakukannya *upgrading*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih untuk dosen pembimbing serta dosen penguji yang senantiasa membimbing penulis dalam pengerjaan jurnal. Dan juga penulis mengucapkan terimakasih kepada keluarga dan teman – teman yang selalu memberikan semangat dan motivasi.

## DAFTAR REFERENSI

- Abdi, T., Lowinsky, M., Aswan, A., Junaidi, R., & Zurohaina, Z. (2021). Analisis Waktu Pemanasan Dan Rasio Komposisi Volume Kerosen Dan Minyak Pelumas Pada Proses Upgrading Brown Coal (Ubc) Terhadap Nilai Kalor Batubara. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(11), 423–437. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.104>
- Agus, W. (2025). *CENTER of EXCELLENCE for TROPICAL STUDIES I . KUALITAS BATUBARA Baik buruknya suatu kualitas batubara ditentukan oleh penggunaan batubara itu sendiri Batubara yang berkualitas baik untuk penggunaan tertentu , CENTER of EXCELLENCE for TROPICAL STUDIES Kual. 40(1).*
- Agus, W., Amijaya, D. H., & Agung, H. (2019). Karakteristik Batubara Formasi Pulaubalang Dan Balikpapan Cekungan Kutai Bawah, Kalimantan Timur. *Jurnal GEOSAPTA*, 5(1), 57. <https://doi.org/10.20527/jg.v5i1.5500>.
- Agus, W., Windhu, N., & Daud, M. S. (2021). *Panduan Praktikum : Teknologi Batubara* (1st ed.). Laboratorium Teknologi Mineral Dan Batubara.

- Arisandy, A. A. (2017). *Peningkatan Kualitas Batubara Subbituminous Menggunakan Minyak Residu Di PT.MIL Kalamantan Timur* [Universitas Mulawarman]. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30872/jtm.v5i1.1400>.
- ASTM-D388. (1999). *ASTM -D388,1999. i, 4–6.* chrome-extension://kdpelmjpfafjppnhbloffcjpeomlnpah/<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/17208/2f679f0739f144f4ab4039674116e2b0/ASTM-D388-99.pdf>
- Aswan, A., Effendy, S., Ridwan, K., & Oktarini, O. (2019). Rekayasa Peralatan Upgrading Batubara Peringkat Rendah Dalam Upaya Peningkatan Nilai Kalor Menggunakan Oli Sebagai Stabilisator Engineering Equipment of Upgrading Brown Coal To Increase Calorific Value Using Lube Oil As Stabilizer. *Jurnal Kinetika*, 10(02), 14–19. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>.
- Billah, M. (2010). *Peningkatan nilai kalor batubara peringkat rendah dengan menggunakan minyak tanah dan minyak residu*. UPN Press.
- Hasibuan. (2011). Pengaruh kompensasi terhadap loyalitas karyawan. *EJournal Administrasi Bisnis*, 58. <http://www.e-jurnal.com/2017/02/pengaruh-kompensasi-terhadap-loyalitas.html>
- Heriyanto, H., Widya, E. K., Umam, C., & Margareta, N. (2014). Pengaruh Minyak Jelantah Pada Proses Ubc Untuk Meningkatkan Kalori Batubara Bayah. *Jurnal Integrasi Proses Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 5(1), 56–60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36055/jip.v5i1.36>
- Irwandy, A. (2014). *Batubara Indonesia* (2nd ed.). Gramedia Pustaka Utama.
- Larry, T. (2020). *Coal geology* (third, Vol. 50, Issue 12). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.5860/choice.50-6779>
- Muchjidin. (2006). *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara* (1st ed.). Institut Teknologi Bandung.
- Muchjidin. (2013). *Pemanfaatan Batubara*. Institut Teknologi Bandung.
- Pangalingan, W. (2021). *Analisis Peningkatan Kualitas Batubara Low Rank Dengan Menggunakan Minyak Residu dan Bensin Premium Melalui Proses Upgrading*. Universitas Mulawarman.
- Panggeso, K. Y. (2023). *Analisis Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Peningkatan Kalori Batubara Peringkat Rendah Dengan Menggunakan Metode Upgrading Brown Coal* [Universitas Mulawarman]. <https://doi.org/https://doi.org/10.56139/intan.v6i2.186>
- Putri, R. Z., & Fadillah. (2020). Peningkatan Kualitas Batubara Low Calorie Menggunakan Minyak Pelumas Bekas Melalui Proses Upgrading Brown Coal. *Jurnal Bina Tambang*, 5(2), 208–217. chrome-extension://kdpelmjpfafjppnhbloffcjpeomlnpah/<https://ejournal.unp.ac.id/index.php/mini ng/article/viewFile/108004/103117>

- Sirait, S., Sianipar, J. Y., & Sibuea, D. D. (2021). *Potensi Cbm Di Kawasan Bukit Suharto Dan Sekitarnya Berdasarkan Karakteristik Batubara Pada Formasi Balikpapan Dan Kampungbaru, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Tabel 1*, 1–30.
- Speight, J. G. (2015). *Handbook of Coal Analysis* (second, Vol. 11, Issue 1). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/0471718513>
- Sudarsono, A. (2003). *Pengantar Preparasi dan Pencucian Batubara* (1st ed.). Bandung: ITB., 2003.
- Suhandi, N., Putri, E. A. K., & Agnisa, S. (2018). Analisis Pengaruh Jumlah Penduduk terhadap Jumlah Kemiskinan Menggunakan Metode Regresi Linear di Kota Palembang. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 9(2), 77–82. <https://doi.org/10.36982/jiig.v9i2.543>
- Sukandarrumidi. (2009). *Batubara Dan Gambut* (2nd ed.). Universitas Gadjah Mada.
- Umar, D. F., & Daulay, B. (2011). Improvement of Low Rank Coal Properties by Various Upgrading Processes. *Indonesian Mining Journal*, 14(1), 17–29.