

## PROSES *UPGRADING* BATUBARA KUALITAS RENDAH ASAL SULAWESI SELATAN MENGGUNAKAN LARUTAN KIMIA DAN PROSES PEMANASAN

Swastanti Brotowati<sup>1)</sup>, Irwan Sofia<sup>1)</sup>, Muhammad Saleh<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang

### ABSTRACT

The eastern Indonesian province has coal reserves of 368.49 million tons spread in the provinces of South Sulawesi, Central Sulawesi, North Maluku and Papua. Whereas South Sulawesi has coal reserves of around 231.12 million tons spread in 9 districts. The largest coal reserves in the districts of Maros, Barru, Bone and Sidrap Sidrap have explored around 20.06% of the total reserves. The remaining 79.94% is of low quality coal, making it less profitable for investors. While the need for coal energy sources for transportation and industry is experiencing a very rapid development, and only relies on high quality coal. The Low rank coal has a high water content, ash content, flying substance content and sulfur content, which will cause the coal's calorific value to be low so that the cost of burning coal per unit of calories becomes higher, and the impact of environmental pollution is also not good. To overcome this, research is carried out to improve the quality of coal or upgrading coal using chemical solutions and coal heating at temperature of 200°C. The Proximate analysis results obtained by the coal from the upgrading process using 20% of Hydrochloric acid and 20% of Sodium Hydroxide solution as well as the drying process at 200 °C can reduce water content up to 39.47 - 51.89%, ash content 48.15 - 57.93%, sulfur content 66.96 - 85.52%, flying substances 33.97 - 50.13%, and increasing carbon content up to 36.60 -60.42% and heating values up to 22.53 -34.68%.

**Keyword:** *Low quality coal, upgrading process , Hydrochloric acid , Sodium Hydroxide*

### 1. PENDAHULUAN

Propinsi Indonesia bagian timur mempunyai cadangan batubara sebesar 368,49 juta ton tersebar di Propinsi Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Maluku Utara dan Papua. Sedangkan Sulawesi Selatan memiliki cadangan batubara sekitar 231,12 juta ton yang tersebar di 9 kabupaten (*Kanwil Dep. Pertambangan dan Energi, Sul-Sel, 2010*). Cadangan batubara terbesar ada di kabupaten **Maros, Barru, Bone dan Sidrap** hingga kini baru tereksplorasi sekitar 20,06 % dari total cadangan yang ada sehingga sisanya 79,94% masih dibiarkan kalau belum ada investor yang berminat mengingat rank / klasifikasi cadangan batubara yang ada di Sulawesi Selatan ini mayoritas merupakan batubara dengan rank atau klasifikasi jenis batubara Subbituminus atau batubara kualitas rendah dengan kadar air, kadar zat terbang, kadar abu tinggi sedangkan kadar karbon dan nilai kalor rendah Batubara ini mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi batubara dengan kualitas baik atau rank Bituminus melalui proses *upgrading* dengan bermacam proses terutama proses untuk mengurangi kandungan air dan kandungan sulfur pada batubara.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan antara lain oleh Datin, F.U., pada tahun 2010 berhubungan dengan peningkatan kualitas batubara Bunyu, **Datin, F.U.**, menggunakan 3 proses UBC (upgrading brown coal), HWD (Hot water drying) dan SD (steam drying). Dengan menambahkan minyak residu dan minyak tanah. Hasilnya kadar air turun sebesar 80,98%, kadar abu naik 6,72%, kadar zat terbang turun 21,51%, kadar karbon naik 25,91%, kadar sulfur naik 7,3%, kekurangan hasil penelitian Datin adalah terjadi peningkatan pada kadar abu yang berakibat pada turunnya nilai kalor. Sedangkan pada tahun 2012, **Wulan, E.K** melakukan riset tentang peningkatan kualitas batubara Malawan dengan pemanasan menggunakan gelombang mikro pada daya 800 watt. Hasilnya mampu menurunkan kadar air dari 24,18% menjadi 5,66%, kadar abu dari 4,82 menjadi 4,51, dan meningkatkan zat terbang dari 34,17% menjadi 43,33%, kadar karbon 36,8% menjadi 46,56%. Kekurangan dari proses ini kadar zat terbang meningkat dan ini akan berakibat pada pencemaran lingkungan. Selanjutnya hasil penelitian yang dilakukan oleh **Achmad, A.A. dkk.(2017)**, proses peningkatan kualitas batubara subbituminus menggunakan proses UBC dengan menambahkan minyak residu yang dipanaskan pada suhu 150-200°C, hasilnya kadar air, dan kadar sulfur turun, sedangkan kadar abu, kadar zat terbang meningkat. Kekurangan dari penelitian ini adalah kadar abu dan zat terbang meningkat dan ini akan menyebabkan berkurangnya nilai kalor dan pencemaran lingkungan. Ketiga peneliti di atas masing-masing masih ada kekurangannya terutama pada hasil penelitiannya

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Swastanti Brotowati, Telp 081355685090, swastantib@poliupg.ac.id

masih terjadi terjadi peningkatan kadar abu, kadar sulfur, peningkatan kadar abu dan kadar sulfur ini akan berpengaruh pada lingkungan sehingga mengakibatkan adanya pencemaran lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas *rank* atau klasifikasi batubara kualitas rendah tanpa meningkatkan kandungan abu dan sulfur serta meningkatkan nilai kalor batubara sehingga batubara yang dihasilkan termasuk dala batubara rank atau kualitas baik sesuai dengan kualitas rank bituminous berdasarkan pada standart ASTM D3172 dengan uji / analisis ultimat dan proksimat mengikuti standar yang ditetapkan oleh ASTM D3172. Proses yang akan digunakan pada penelitian ini adalah proses penurunan kadar sulfur dan abu batubara dengan proses Desulfurisasi dan Demineralisasi menggunakan larutan kimia HCl dan NaOH, sedangkan untuk mengurangi kandungan air akan digunakan proses pemanasan pada suhu 200°C – 450°C

## 2. METODE PENELITIAN

**Bahan baku :** Batubara asal kabupaten :Bone, Maros, Barru dan Sidrap Propinsi Sulawesi Selatan, hasil analisis batubara awal sebelum proses *upgrading* sebagai berikut :

**Tabel 1 Hasil analisis proksimat batubara sebelum proses**

| Bahan baku | Kadar Sulfur Total (%) | Kadar Abu (%) | Kadar air (%) | Kadar Zat Terbang (%) | Kadar karbon padat (%) | Nilai kalor (kalori/gram) |
|------------|------------------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| Bone       | 5.18                   | 12.19         | 11.11         | 36.40                 | 40.21                  | 5157.45                   |
| Sidrap     | 1.15                   | 11.06         | 15.28         | 27.79                 | 45.86                  | 5581.70                   |
| Baru       | 3.86                   | 14.23         | 12.27         | 34.92                 | 38.69                  | 5104.27                   |
| Maros      | 3.61                   | 36.05         | 10.26         | 19.23                 | 34.38                  | 4284.44                   |

**Kondisi operasi:** Laju pengadukan divariasikan: 150,200,250,300 dan 350 rpm, suhu : 30,50,70 dan 90°C, tekanan ditetapkan : 1 atm ,waktu reaksi :1;1,5;2;2,5 dan 3 jam, konsentrasi larutan HCl: 5,10,15,20,25% dan NaOH :5,10,15,20,25% , waktu pemanasan ditetapkan :2 jam dan suhu pemanasan ditetapkan 200°C Perbandingan batubara : larutan kimia ditetapkan : 1 bagian berat batubara : 5 bagian larutan kimia

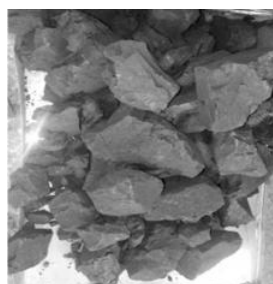
**Percobaan pendahuluan :** mencari waktu reaksi ,suhu reaksi dan kecepatan pengadukan , dilakukan pada suhu ,waktu reaksi dan kecepatan pengadukan yang divariasikan

**Metode analisis :**proksimat menggunakan standar D3172, untuk kadar air : D3173 , volatil metter /zat terbang : D3175, kadar abu ; D3174 , nilai kalor dengan alat bomb kalori meter , metode pemanasan dalam oven/furnace dengan sedikit oksigen

Adapun gambar alat dan bahan baku batubara asal seperti yang ditunjukkan pada gambar 1sampai 5 di bawah :



Gambar 1 Reaktor Barru



Gambar 2. Maros



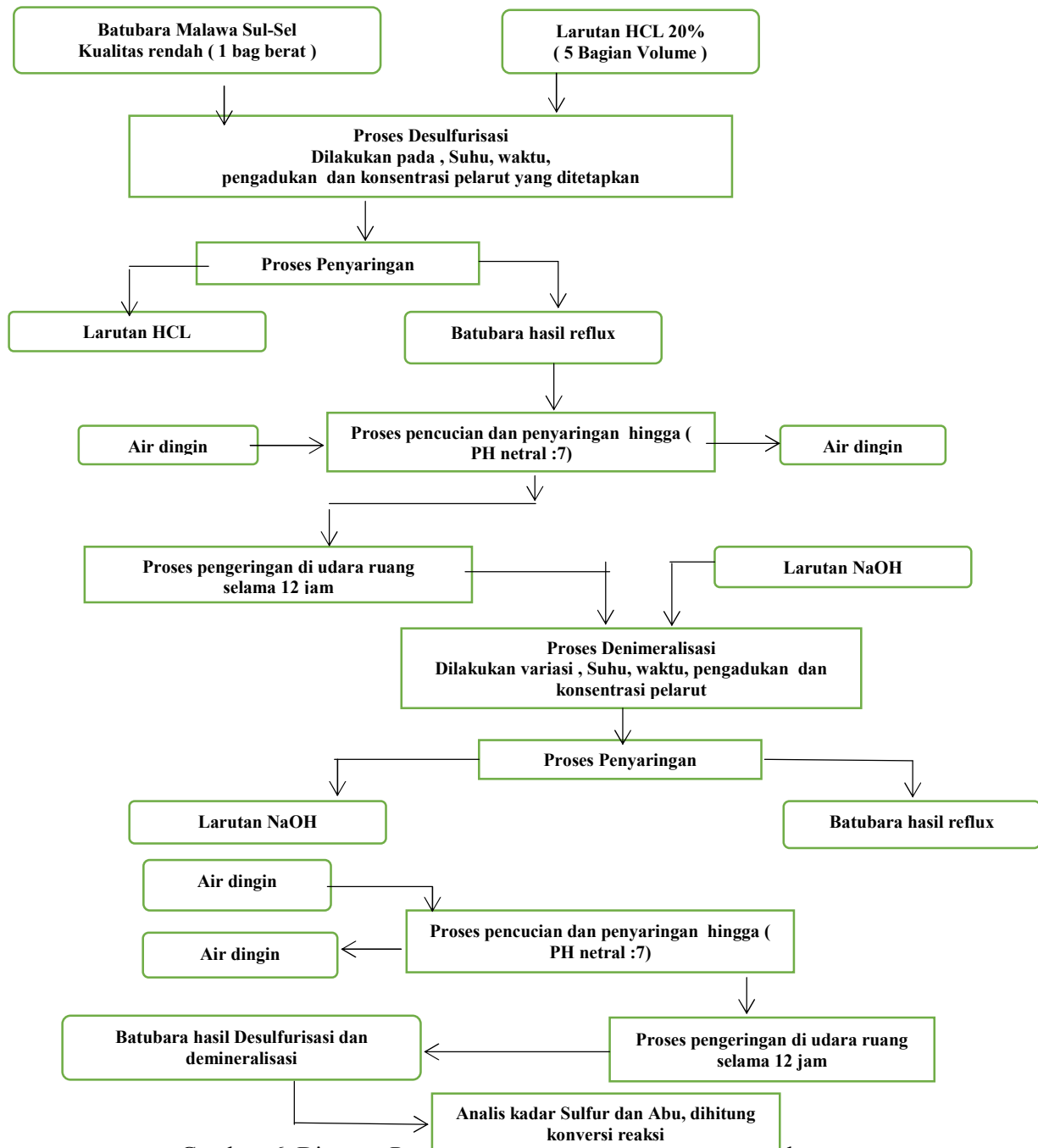
Gambar 3 Bone



Gambar 4. Sidrap



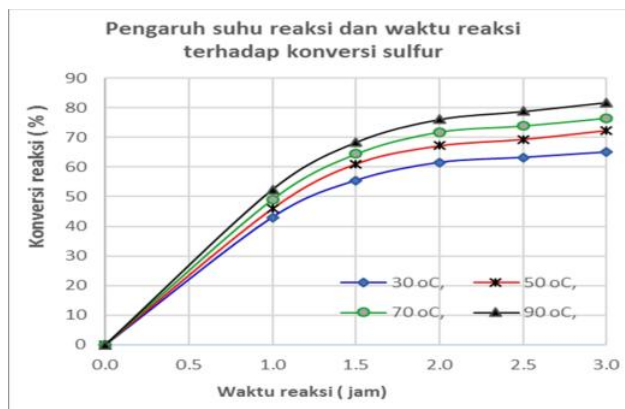
Gambar 5

**Blok Diagram Penelitian :**

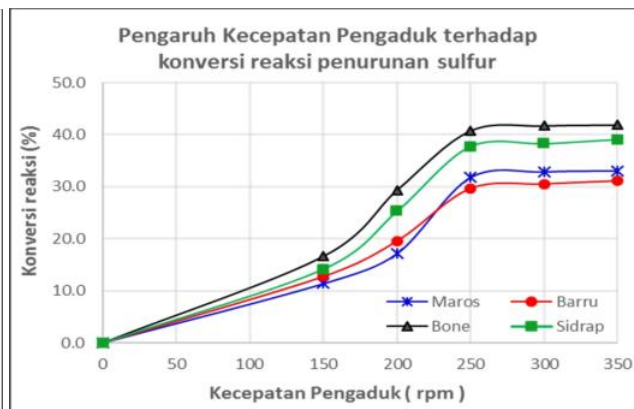
Gambar. 6. Diagram Proses pengurangan sulfur dan abu batubara

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN****1. PERCOBAAN PENDAHULUAN :**

Tujuan : mencari waktu reaksi , suhu reaksi dan kecepatan pengadukan , hasilnya dapat dilihat pada Gb7 dan Gb8 dibawah ini :



Gambar.7. Pengaruh waktu, suhu reaksi terhadap konversi reaksi

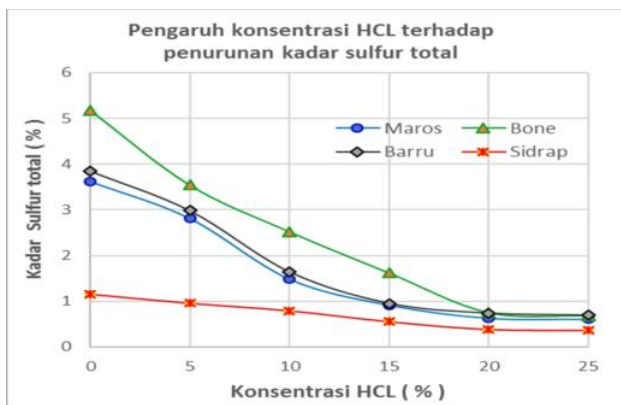


Gambar 8. Pengaruh kecepatan pengaduk terhadap konversi reaksi

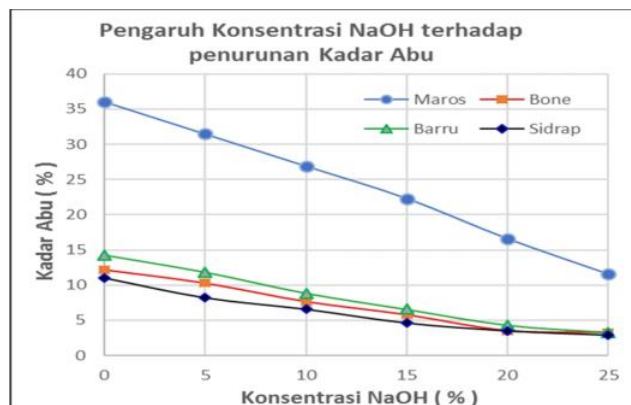
**Gambar 7**, Percobaan pengaruh waktu dan suhu reaksi terhadap konversi reaksi. Peningkatan suhu dan waktu reaksi akan mengakibatkan peningkatan hasil reaksi yang ditandai dengan meningkatnya nilai konversi reaksi. Pada waktu dan suhu tertentu konversi reaksi akan memberikan peningkatan yang tidak signifikan atau hampir konstan, hal ini disebabkan kecepatan reaksi senyawa dalam pereaktan dan produk telah mencapai kondisi setimbang. Dari gambar 7 dapat dilihat kondisi optimum terjadi pada waktu reaksi 2 jam dan suhu optimum 90°C, menghasilkan konversi hasil reaksi tertinggi, selanjutnya digunakan untuk kondisi operasi setiap percobaan

**Gambar 8**. Percobaan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konversi reaksi. Percobaan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi laju pengadukan yang sesuai, dimana pengaruh difusi film sudah tidak lagi berpengaruh pada reaksi penurunan kadar sulfur dan abu batubara. Dari gambar 8 terlihat bahwa konversi batubara mula-mula akan naik seiring dengan kenaikan laju pengadukan pada kisaran 150 hingga 250 Rpm. Hal ini memperlihatkan bahwa pada kisaran tersebut difusi film masih berpengaruh, tetapi pada laju pengadukan di atas 250 hingga 350 terlihat perolehan konversi sudah konstan, yang menunjukkan pada kisaran tersebut difusi film sudah tidak berpengaruh lagi. Selanjutnya untuk kondisi operasi setiap percobaan : waktu 2 jam, suhu 90 °C, 250 rpm, tekanan 1 atm.

## 2. PENURUNAN SULFUR DAN ABU BATUBARA DENGAN LARUTAN KIMIA HCL DAN NAOH



Gambar.9 Pengaruh Konsentrasi HCL terhadap Penurunan kadar Sulfur total



Gambar.10 Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap penurunan kadar Abu

**Gambar 9**, Percobaan pengaruh konsentrasi HCL terhadap penurunan kadar sulfur total batubara. Yang dimaksud Kadar Sulfur total batubara adalah kandungan sulfur yang terikat sebagai pirit ( $\text{FeS}_2$ ) dan sulfur organik. Reaksi penurunan kadar sulfur pada batubara asal Sidrap, Barro, Maros dan Bone, menunjukkan penurunan sulfur yang signifikan. Terlihat pada konsentrasi HCL 20% pereaktan memiliki jumlah molekul  $\text{Cl}^-$  yang lebih banyak dibandingkan konsentrasi HCL yang lebih rendah, sehingga kontak antara ion  $\text{Cl}^-$  berikatan dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$  atau  $\text{H}^+$  dengan  $\text{S}^{2-}$  cukup tinggi dan menjadi lebih kuat dalam mengikat senyawa

di sekitarnya. Tetapi pada konsentrasi di atas 20%, jumlah ion  $\text{Cl}^-$  semakin banyak tetapi jumlah ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{S}^{2-}$  dalam batubara sudah mulai berkurang sehingga ditunjukkan dengan penurunan sulfur yang hampir konstan atau kadar sulfur dibawah 1%.

**Gambar 10.** Percobaan pengaruh konsentrasi NaOH terhadap penurunan kadar abu. Kandungan abu pada batubara merupakan senyawa ion-ion Si, Al, Fe, Cr dan sedikit Ti, Mn, Mg, Na dan K. Larutan alkali NaOH mempunyai kemampuan melarutkan senyawa mineral dalam abu batubara lebih kuat dibanding yang lainnya, Pada reaksi penurunan kadar abu pada batubara asal Barru, Bone dan Sidrap yang mempunyai kadar abu dibawah 15%, larutan alkali NaOH 20% mempunyai kemampuan melarutkan senyawa mineral dalam abu batubara lebih kuat dibanding dengan batubara asal Maros yang mempunyai kadar abu jauh lebih tinggi di atas 35%. Sehingga untuk batubara asal Maros masih diperlukan larutan NaOH yang konsentrasi lebih tinggi, jika ingin dicoba hingga batas penurunan dibawah 5%. maka diperlukan larutan NaOH dengan konsentrasi di atas 25%.

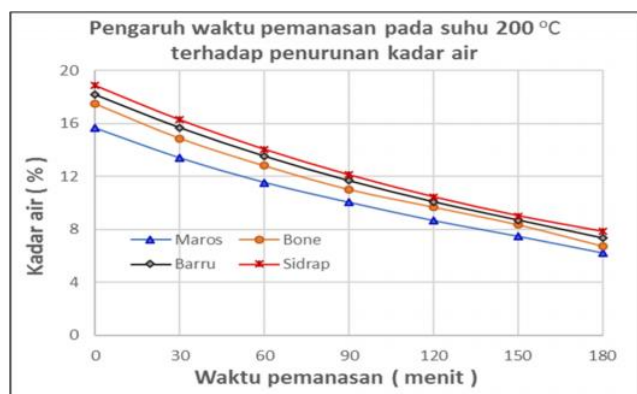
### Pengaruh Penambahan kadar Air Bawaan setelah Proses:

Hasil analisis proksimat untuk kadar air batubara setelah proses penurunan kadar sulfur total dan kadar abu, terjadi peningkatan kadar air, hal ini disebabkan pada proses reaksi penurunan sulfur menggunakan larutan HCL 20% dan pada proses penurunan kadar abu digunakan larutan NaOH 20%, sejumlah air dalam larutan akan menyebabkan naiknya kadar air batubara setelah proses reaksi. Kadar air bawaan batubara asal Bone 11,11 meningkat menjadi 17,48%, Sidrap 15,28 menjadi 18,87%, Barru 12,27 menjadi 18,19% dan Maros dari 10,28 menjadi 15,64%. Peningkatan kadar air ini merupakan proses hidrasi air bebas pada batubara yang terikat pada permukaan pori-pori batubara.

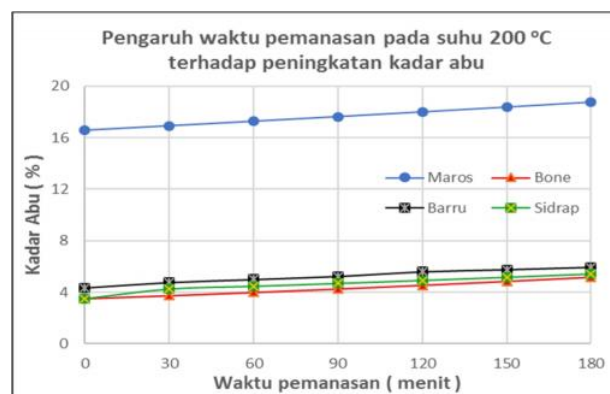
### 3. PENGARUH PROSES PEMANASAN BATUBARA :

#### Pengaruh kadar air batubara.

Batubara yang mengalami peningkatan kadar air akan dikurangi sejumlah airnya dengan proses pemanasan pada suhu 200°C. Banyaknya air dalam batubara akan menyebabkan turunnya kadar karbon dan pengaruhnya pada turunnya nilai kalor batubara. Pengaruh proses pemanasan batubara pada suhu 200 °C dapat dilihat pada gambar 11 dibawah.



Gambar.11. Pengaruh waktu pemanasan terhadap penurunan Kadar air batubara



Gambar 12. Pengaruh waktu pemanasan peningkatan Kadar abu batubara

Pemanasan batubara pada suhu 200°C dilakukan setelah proses pengurangan kadar sulfur dan abu, dengan meningkatnya waktu pemanasan hingga 180 menit, kadar air asal batubara Bone turun dari 17,48 menjadi 6,73%, batubara Sidrap 18,87 menjadi 7,82%, batubara Barru 18,19 % turun menjadi 7,32% dan batubara asal Maros dari 15,64 menjadi 6,21%. Ini disebabkan pemanasan pada suhu 100-120 °C terjadi reaksi endotermis untuk penguapan air bebas, air terikat dan air yang terdapat dalam pori-pori batubara. Pemanasan diatas 120°C -200 °C terjadi reaksi dekomposisi batubara pembentukan CO dan CO<sub>2</sub>, sedangkan suhu > 200°C proses penguapan air bebas, air terikat secara kimia masih berlanjut dan terjadi proses pembentukan tar dan hydrogen.

### Pengaruh Kadar Abu Batubara :

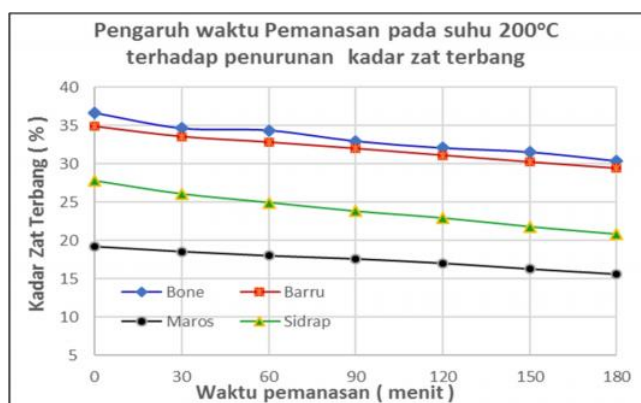
Proses pemanasan berpengaruh terhadap peningkatan kadar abu. Proses pemanasan dapat mengurangi sejumlah air bebas, air terikat dan air yang terjebak dalam pori-pori batubara, tetapi pemanasan juga akan berdampak pada peningkatan kadar abu batubara akibat adanya sebagian atom karbon yang terdekomposisi menjadi gas CO dan CO<sub>2</sub> serta ion-ion Si, Al, Fe, Cr dan sedikit Ti, Mn, Mg, Na dan K. yang terdekomposisi sebagai bahan mineral. yang. Pada gambar dapat dilihat kadar abu batubara asal Maros meningkat dari 16,53 menjadi 18,74%, asal Bone 3,51 menjadi 5,15%, asal Barru 4,35 menjadi 5,94% dan batubara asal Sidrap 3,48 menjadi 5,43% selama 180 menit, pemanasan diatas 180 menit memberikan peningkatan yang tidak signifikan atau dapat dikatakan konstan, Hal ini dapat dilihat pada **gambar 12** di atas.

### Pengaruh Kadar Zat terbang /Volatile Matter Batubara:

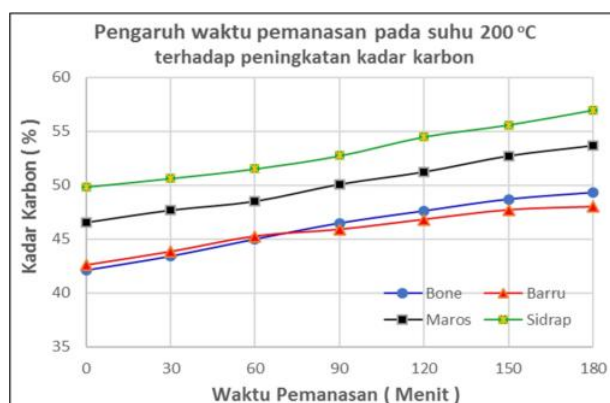
Zat terbang (*Volatile Matter*) adalah senyawa organik dan anorganik yang hilang pada saat batubara dikurangi kandungan airnya dengan pemanasan suhu tinggi. Bagian batubara yang hilang dalam bentuk gas selama proses pemanasan. Zat terbang merupakan unsur positif untuk batubara tetapi dapat menjadi sesuatu yang negatif jika kadarnya terlalu tinggi. Pada proses pemanasan pada suhu 200°C kadar zat terbang menunjukkan adanya penurunan dengan bertambahnya waktu pemanasan, hal ini terjadi akibat adanya penurunan kadar air dan adanya senyawa-senyawa organik dan anorganik yang menguap seperti senyawa CH<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>, CO dan CO<sub>2</sub>. Pada waktu pemanasan 180 menit kadar zat terbang batubara asal Bone besarnya 36,66 turun menjadi 32,11%, batubara asal Barru 34,89 turun menjadi 29,46%, batubara asal Maros 19,24 turun menjadi 15,63% dan batubara asal Sidrap kadar zat terbang 27,79 turun menjadi 20,86%. Hal ini dapat dilihat pada **gambar 13** dibawah

### Pengaruh Kadar Karbon Batubara :

Batubara tersusun dari polimer aromatik dan hidroaromatik pada ujung-ujungnya terdapat gugus fungsional seperti asam karboksilat, fenol, karboksil atau eter. Polimer aromatik tersebut berisi banyak atom karbon berikatan dengan atom oksigen, nitrogen dan sulfur. Peningkatan kadar karbon karena adanya penurunan kadar air dan zat terbang, dan proses pemanasan menyebabkan unsur-unsur asam seperti karboksilat, fenol, karboksil atau eter akan menguap >120°C. Batubara asal Bone dan Maros terjadi peningkatan karbon hingga waktu 180 menit dan suhu 200°C, sedangkan batubara asal Barru dan Sidrap masih menunjukkan proses peningkatan kadar karbon > 180 menit sehingga masih perlu ditambah waktu pemanasannya. Peningkatan kadar karbon untuk batubara asal Bone 41,36 - 49,30%, asal Maros terjadi peningkatan dari 48,54-53,66%, batubara asal Barru dari 42,57 - 48%, sedang batubara asal Sidrap dari 49,86 - 56,95%. Hal ini dapat dilihat pada **gambar 14** dibawah



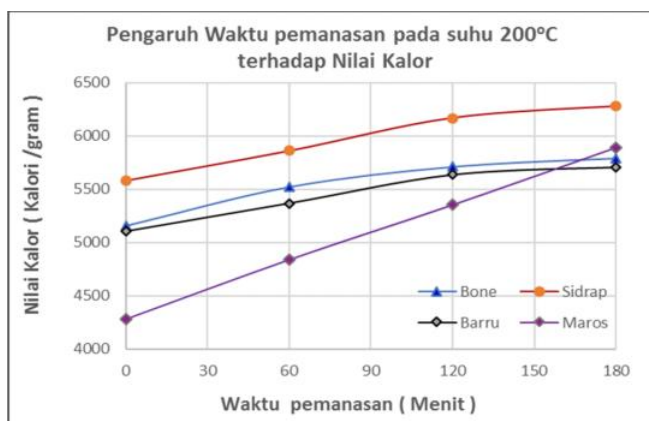
Gambar 13 Pengaruh waktu pemanasan terhadap penurunan Kadar zat terbang



Gambar 14 Pengaruh waktu pemanasan peningkatan Kadar karbon

### Pengaruh Nilai Kalor Batubara :

Nilai Kalor (Calorific Value atau Heating Value) merupakan salah satu parameter penting dalam kualitas bahan bakar. Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (steady). Nilai kalor batubara adalah banyaknya panas yang dapat dilepaskan oleh setiap kilogram batubara jika dibakar sempurna. Besarnya nilai kalor batubara dipengaruhi oleh besarnya nilai karbon dan kurangnya nilai kandungan air serta abu dalam batubara.



Gambar 15 Pengaruh waktu pemanasan pada suhu 200°C terhadap peningkatan nilai kalor batubara  
 Gambar 16 Batubara sesudah proses penurunan kadar sulfur dan abu, nampak lebih hitam pekat

Pada proses pemanasan batubara pada suhu 200°C, sebagian dari air bawaan dan terikat serta senyawa organik lainnya ikut menguap sehingga menyebabkan nilai karbon meningkat. Dengan adanya proses penurunan kadar abu dengan larutan kimia NaOH akan menyebabkan kadar abu turun. Turunnya kadar abu dan meningkatnya kadar karbon akan meningkatkan nilai kalor batubara, dapat dilihat pada gambar 15

Gambar 16 Contoh sampel batubara setelah proses penurunan kadar abu dan kadar sulfur dan setelah proses pemanasan, terlihat lebih hitam pekat, hal ini disebabkan adanya peningkatan kadar karbon dalam batubara dan berkurangnya kadar abu batubara. Hasil analisis proksimat batubara sebelum dan sesudah proses dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah

**Tabel 2. Hasil analisis proksimat sebelum dan sesudah proses *upgrading***

| No | Batubara | Kondisi | Kadar ( % ) |       |       |       |        |             |
|----|----------|---------|-------------|-------|-------|-------|--------|-------------|
|    |          |         | Sulfur      | Abu   | Air   | VM    | Karbon | Nilai Kalor |
| 1  | Bone     | Sebelum | 5.18        | 12.19 | 11.11 | 36.40 | 40.21  | 5157.45     |
|    |          | Sesudah | 0.75        | 5.15  | 6.73  | 30,42 | 49,30  | 5790.71     |
| 2  | Sidrap   | Sebelum | 1.15        | 11.06 | 15.28 | 27.79 | 45.86  | 5581.70     |
|    |          | Sesudah | 0.38        | 5.43  | 7,35  | 20.86 | 56,95  | 6278.24     |
| 3  | Barru    | Sebelum | 3.86        | 14.23 | 12.27 | 34.92 | 38.69  | 5104.28     |
|    |          | Sesudah | 0.73        | 5.94  | 7.32  | 29,46 | 48,00  | 5706.93     |
| 4  | Maros    | Sebelum | 3.61        | 36.05 | 10.26 | 19.23 | 34.38  | 4284.44     |
|    |          | Sesudah | 0.63        | 18,74 | 6.21  | 15,63 | 53,66  | 5891.75     |

#### 4. KESIMPULAN

- Batubara kualitas rendah dapat ditingkatkan kualitasnya melalui proses *upgrading*, dicapai melalui proses penurunan kadar sulfur menggunakan larutan kimia HCL 20% dilanjutkan dengan proses penurunan kadar abu menggunakan larutan kimia NaOH 20% pada kondisi operasi proses suhu 90°C, tekanan 1 atm, kecepatan pengadukan 250 rpm selama 3 jam.
- Proses *ugrading* batubara asal Bone, Sidrap, Barru dan Maros dapat menurunkan kadar air dari yang tertinggi 15,28 menjadi terendah sebesar 6,21%; kadar sulfur dari yang tertinggi 5,18 menjadi terendah 0,38%; kadar abu batubara yang tertinggi 36,14 menjadi terendah 5,15%; kadar zat terbang yang tertinggi 36,40 menjadi terendah 15,63%
- Proses *ugrading* batubara asal Bone, Sidrap, Barru dan Maros mampu meningkatkan kadar zat karbon dari kadar yang terendah 34,38 menjadi yang tertinggi 56,95 %
- Proses *ugrading* batubara asal Bone, Sidrap, Barru dan Maros mampu meningkatkan nilai kalor dari nilai terendah 4284.44 kalori /gram menjadi nilai tertinggi sebesar 6278.24 kalori /gram

**DAFTAR PUSTAKA**

- Achmad, A.A. dkk, *Peningkatan Kualitas Batubara Subbituminus Menggunakan Minyak Residu P.T.X Samarinda Kalimantan Timur*, Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, Vol. 5, No. 1, Juni 2017: 1-6.
- Adiarso, dkk.: *Teknologi Pemanfaatan Batubara Peluang dan Tantangan*. Balai Besar Teknologi Energi BPPT PUSPIPTEK : Tangerang, 2010.
- Bambang V.Luhkiputro. 2004. “ *Upaya Pengurangan Kadar Sulfur Batubara Sulawesi Selatan Melalui Serangkaian Proses Desulfurisasi dan Regenerasi Larutan* “ Jurnal Intek. (Teragreditasi).No 1. Tahun ke 11
- Budiraharjo, I.: *Industri batubara Indonesia*. Terjemah bebas artikel berjudul “Indonesia sekitan jijou” oleh Masafumi Uehara, *JCOAL Journal Vol 18, Januari 2011*. (JCOAL Resources Development Division) (2011).
- Borthakur, S. dan Mukherjee, P.C. 2001. *Chemical Demineralization/Desulphurization of Sulphur Coal Using Sodium Hydroxide and acid Solutions*. May. Elsevier Science Ltd.
- Datin. F.U., *Pengaruh Proses Upgrading terhadap Kualitas Batubara Bunyu, Kalimantan Timur*, Seminar Rekayasa Kimia dan Proses, 2010, issn : 1411-4216
- Erlina Yustanti, 2012., *Pencampuran Batubara Cooking dengan Batubara Lignite Hasil Karbonisasi Sebagai Bahan Pembuatan Kokas*. Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah Radioaktif (*Journal of Waste Management Technology*) ISSN 1410-9565 Volume 15 Edisi Suplemen (*Radioactive Waste Technology Center*)
- Khairil & Irwansyah: *Kaji Eksperimental Teknologi Pembuatan Kokas dari Batubara sebagai Sumber Panas dan Karbon pada Tanur Tinggi (Blast Furnace)*. Universitas Syiah Kuala, Aceh (2010).
- Rustiadi P. & Susanto.: *Proses pengolahan batubara Indonesia untuk kokas metalurgi dengan metode coal blending*. Pusat penelitian metalurgi LIPI, Tangerang (2003)
- Swastanti B., dan Herman. B., 2009. *Demineralisasi / Desulfurisasi Batubara Malawa Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida dan Asam Klorida*, Penelitian Laboratorium, Hibah Bersaing, DP2M. Dikti Indonesia
- Valia & Hardarshan, S.: *Coke Production for Blast Furnace Ironmaking Scientist*, Ispat Inland Inc. (2006).
- Wulan, E.K., 2012, *Peningkatan Kualitas Batubara Kualitas Rendah Melalui Penghilangan Moisture dengan Pemanasan Gelombang Mikro*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Jakarta.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1. Dirjen Kemenristek Dikti, DP2M yang telah memberikan kesempatan dalam melakukan penelitian ini dan mengalokasikan pendanaan penelitian tahun anggaran 2017
2. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membantu dalam pelaksanaan Kegiatan IbM Rutin ini dalam hal pendanaan lewat DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang tahun anggaran 2017
3. Ketua Unit UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti kegiatan Penelitian Program PTUPT tahun 2018 dan penganggaran pada tahun anggaran 2017
4. Ketua Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan ijin dan fasilitas Laboratorium dan atas bantuannya untuk menggunakan Laboratorium dan peralatan sebagai tempat berlangsungnya kegiatan penelitian..