Rekayasa/Keteknikan

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN KOMPETITIF
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

UPGRADING LOW RANK COAL MENJADI KOKAS DENGAN PROSES GASIFIKASI

DR.IR.H. MARWAN ASOF DEA/00111105805
DR.IR.HJ. SUSILA ARITA DEA/0011106007
ROSIHAN FEBRIANTO ST, MT/8879040017
DWI PUTRI SURYANI/03021181419035
ILHAM AKBAR SURYA/03021281419112
AKBAR JIHAD/03021181419040
RAHMAT HIDAYAT/03021381419129

Anggaran Penelitian Unggulan Kompetitif Universitas Sriwijaya,
Perjanjian/ Kontrak Nomor 0007/UN9/SK.LP2M/PT/2018
Surat Keputusan Nomor: 0007/UN9/SK.LP2M.PT/2018

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK

NOPEMBER 2018

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian	:	**Upgrading Low Rank Coal Menjadi Kokas dengan Proses Gasifikasi**
2. Bidang Penelitian	:	Rekayasa/Keteknikan
3. Ketua Peneliti	:	
a. Nama Lengkap	:	Marwan Asof
b. Jenis Kelamin	:	Laki-laki
c. NIP	:	195811111985031007
d. Pangkat dan Golongan	:	Pembina / IV-a
e. Jabatan Struktural	:	-
f. Jabatan Fungsional	:	Lektor Kepala
g. Perguruan Tinggi	:	Universitas Sriwijaya
h. Fakultas/Jurusan	:	Teknik/Teknik Pertambangan
i. Alamat Kantor	:	Jl. Raya Prabumulih KM 32 Inderalaya Ogan Ilir Sumsel
j. Telepon/Faks	:	0711-580303
k. Alamat Rumah	:	Jl. Seruni no 40 RT01/RW01 Bukit Lama Palembang
l. Telepon/HP/Faks/e-mail	:	0711441543/0811782584/marwan_asof@yahoo.com
4. Jangka Waktu Penelitian	:	1 (satu) tahun
5. Jumlah yang diajukan	:	Tahun ke-1. Rp. 60.000.000,-

Inderalaya , Nopember 2018

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS, PhD
NIP. 196009091987031 004

Peneliti,

Dr. Ir. Marwan Asof, Dipl. Ing. DEA
NIP. 195811111985031007

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian

Prof. Drs. Talang Suheri MA, PhD
NIP. 195904121984031002

I. IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Usulan : **Upgrading Low Rank Coal Menjadi Kokas dengan Proses Gasifikasi**

2. Ketua Peneliti
   a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Marwan Asof, DEA
   b. Bidang keahlian : Teknik Pertambangan

3. Anggota Peneliti

No	Nama dan gelar	Keahlian	Institusi	Curahan Waktu
1	Rosihan Febrianto ST, MT	T.Pertambangan	FT UNSRI	15 jam/minggu
2	Dwi Putri Suryani	Mhs S1 TP	FT UNSRI	20 jam/minggu
3	Ilham Akbar Surya	Mhs S1 TP	FT UNSRI	20 jam/minggu
4	Akbar Jihad	Mhs S1 TP	FT UNSRI	20 jam/minggu
5	Rahmat Hidayat	Mhs S1 TP	FT UNSRI	20 jam/minggu

4. Isu Strategis : Potensi Kualitas Batu Bara rendah kalor yang semakin besar
5. Topik Penelitian : **Upgrading Low Rank Coal Menjadi Kokas dengan Proses Gasifikasi**
6. Obyek Penelitian : Analisa ultimate, proximat, SEM, bahan baku browncoal dan kokas yang dihasilkan
7. Lokasi Penelitian : Laboratorium EBT-Kampus UNSRI Inderalaya
8. Hasil yang ditargetkan : Karakteristik, sifat fisika kimia dan kualitas kokas.
9. Institusi lain yang terlibat : -
10. Sumber biaya lain : In kind (penyediaan low rank coal dari PTBA)
11. Keterangan lain : -

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

IDENTITAS PENELITIAN

DAFTAR ISI

ABSTRAK

BAB I. Pendahuluan **5**

BAB II. Peta Jalan Penelitian **6**

BAB III. Studi Pustaka **7**

3.1. Kandungan Mineral dan Kandungan Abu **7**

3.2. Volatil Matter **8**

3.3. Fixed Carbon **9**

3.4. Nilai Kalor **9**

BAB IV. Manfaat Penelitian **10**

BAB V. Metode Penelitian **11**

5.1. Luaran **11**

5.2. Indikator Pencapaian **12**

BAB VI. Hasil dan Pembahasan **13**

5.1. Korelasi suhu gasifikasi dan pirolisis **13**

5.2. Pengaruh massa dan kalor batubara terhadap suhu gasifikasi & pirolisis **15**

5.3. Pengaruh minyak jelantah terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis **17**

5.4. Hasil analisa proximate/ultimate produk **20**

6. Perbandingan analisa kualitas produk dengan SEM-spot EDS **25**

7. Kualitas Hasil Upgrading Batubara **27**

Lampiran-lampiran

ABSTRAK

Tujuan proses upgrading batubara pada penelitian ini adalah untuk menaikkan kualitas low rank coal jenis lignit menjadi batubara dengan grade semi antrasit dan antrasit dengan nilai fixed karbon yang lebih tinggi. Proses upgrading pada penelitian ini dilakukan dengan metode gasifikasi dengan suhu lebih dari 900°C dan pirolisis dengan suhu < 600°C. Variabel proses dan operasi adalah, suhu, kecepatan blower dan waktu proses gasifikasi. Analisa proximate dan ultimate dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan baku batubara yang digunakan dan grade batubara yang dihasilkan dari pembakaran. Hasil analisa tersebut digunakan untuk menghitung fuel rasio, dimana fuel rasio merupakan parameter untuk mengetahui grade batubara. Selain itu dilakukan juga analisa SEM-spot EDS pada padatan batubara hasil pembakaran untuk memastikan kandungan fixed carbon yang dihasilkan dari kedua proses diatas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pirolisis lebih tinggi efisiensi kenaikan gradenya dari pada dengan proses gasifikasi. Batubara jenis lignit-bitumionus high volatile dapat dinaikkan gradenya menjadi semi antrasit sampai antrasit dengan proses pirolisis dibuktikan dengan nilai fuel rasionya mencapai 21,91 dan nilai fixed carbonnya mencapai 84,8%, dengan efisiensi kenaikan grade fixed carbonnya mencapai hampir 100%.

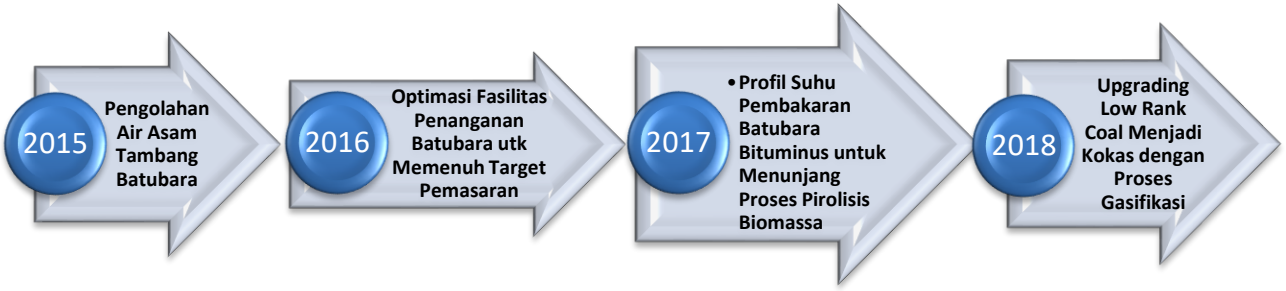
BAB I PENDAHULUAN

Cadangan batubara peringkat rendah (low rank coal) di Indonesia sangat besar, bila di ekspor nilai jualnya sangat rendah, sedangkan industri yang membutuhkan bahan bakar dengan nilai kalor tinggi sangat besar. Upgrading low rank coal sudah banyak dilakukan misalnya dipanaskan untuk mengurangi kandungan air dan menambah nilai kalor, upgrading brown coal atau yang dikenal dengan istilah UBC dimana hasil akhirnya berupa briket. Proses pengeringan UBC dilakukan dengan suhu yang rendah sekitar 150°C yang dimaksudkan untuk menghilangkan uap air, dan digunakan minyak tanah untuk menstabilkan penyimpanan. Proses upgrading lainnya dilakukan oleh Harsudi, 2011 yang telah berhasil memproduksi Geocoal dari low rank coal. Teknologi Geo Coal yang dikembangkan pada dasarnya merupakan proses meningkatkan kalori batubara peringkat rendah. Proses peningkatan tersebut dilakukan melalui beberapa tahap, meliputi persiapan, penghancuran batubara, pengeringan, *setting*, dan berakhir dengan pendinginan. Rifki dkk, 2017 menyatakan bahwa untuk meningkatkan nilai kalor batubara dapat dilakukan dengan metode *Hot water drying* yaitu memanaskan batubara pada suhu 300-330oC, dimana HWD berfungsi untuk mengurangi kadar air lembab dalam batubara, semakin tinggi suhu yang dihasilkan maka nilai kalor yang dihasilkan akan naik.Pada penelitian ini akan dicoba proses upgrade low rank coal dengan membandingkan penggunaan minyak jelantah dan minyak oli bekas terhadap kandungan carbon dan nilai kalor kokas yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan potensi sumber daya alam untuk menunjang konservasi energi di industri.

BAB II PETA JALAN PENELITIAN

Peta Jalan *(road map)* penelitian yang telah dilakukan peneliti dari tahun 2015 peneliti fokus pada pengelolaan lingkungan di PTBA, 2016 mencoba mengoptimasi fasilitas penanganan batubara agar mencapai target standar pemasaran. Tahun 2017 mulai meneliti kualitas pembakaran batubara bituminus untuk menunjang proses pirolisis dan gasifikasi batubara dan tahun 2018 ingin menaikkan harga batubara peringkat rendah dengan melakukan upgrading dengan membandingkan teknologi yang sudah ada.

Arah penelitian selanjutnya adalah melakukan kerjasama dengan produsen batubara peringkat rendah dan ini sesuai dengan Renstra Penelitian Unsri yaitu mensinergikan produk penelitian dengan kebutuhan user.



Gambar 1. Peta Jalan (Road Map) Penelitian

BAB III STUDI PUSTAKA

Jenis batubara rendah kalori merupakan batubara yang mempunyai potensi dan cadangan cukup besar di Indonesia, menurut Minora Purnomo, 2015 cadangan batubara peringkat rendah yang masih perawan sekitar 9,5 miliar ton. Seiring dengan kebutuhan energi semakin meningkat, maka peningkatan kualitas batubara peringkat rendah perlu terus dilakukan. Harsudi S, 2011 menemukan Teknologi Geo Coal yang mampu mengubah low rank coal menjadi Geo Coal dengan peningkatan energi berlipat ganda dengan operasional cost murah, efisien dan ramah lingkungan. Batubara peringkat rendah mengandung kadar air tinggi antara 65- 80 persen, nilai kalornya kurang dari 5000 kcal sehingga kurang efisien bila dimanfaatkan sebagai bahan bakar langsung. Selain itu *low rank coal* biasanya lunak, mudah pecah, mudah menjadi bubuk dan mudah habis terbakar. Harsudi menyatakan bahwa batubara peringkat rendah ternyata punya kelebihan karena memiliki kandungan sulfur dan abu yang rendah, sehingga berbagai negara berlomba untuk meng-*upgrade* batubara tingkat rendah agar bisa dimanfaatkan, terutama karena menipisnya cadangan minyak dan kekhawatiran akan energi nuklir.Teknologi Geo Coal mampu meningkatkan kalori batubara hingga 50-100 persen. Selain itu, proses upgrading yang dilakukan juga bisa mempertahankan kadar sulfur dan ash tetap rendah sehingga batubara yang dihasilkan nantinya lebih ramah lingkungan.

3.1. Kandungan Mineral dan Kandungan Abu

Semua batubara mempunyai kandungan zat anorganik yang dapat ditentukan jumlahnya sebagai berat yang tinggal apabila batubara dibakar secara sempurna. Zat yang tinggal ini disebut abu. Sebenarnya batubara tidak mengandung abu, tetapi mengandung (kandungan mineral) *mineral matter* yang akan menjadi abu setelah dibakar.

Mineral Matter adalah material *non-carbonaceous* dalam batubara yang dapat menurunkan nilai kalor batubara tersebut. Material non-*carbonaceous* sebagian besar terdiri garam silikat, aluminat, sulfat, karbonat dan sulfida dari natrium, kalium, kalsium, magnesium, titanium dan besi. Selain itu terdapat juga *trace element* dalam jumlah yang sedikit. Adanya unsur ini akan menyebabkan masalah lingkungan karena pada pembakaran *mineral matter* dalam batubara akan menjadi abu batubara. Kandungan mineral dalam batubara ditentukan dengan menentukan kandungan abunya (Syarifuddin I). Salah satu korelasi antara kandungan *mineral matter* dan abu batubara dinyatakan dengan formula Parr berikut:

$$\textit{Mineral matter} = 1{,}08\ (\text{abu}) + 0{,}55\ \text{S (total)}$$

Sebagaimana dengan kandungan mineralnya, maka komposisi kimia dari abu batubara ini terdiri dari : Silika (SiO_2), Almunium Oksida (Al_2O_3), Ferric oksida (Fe_2O_3), Kalsium oksida

(CaO), Magnesium oksida (MgO), Titanium oksida (Ti_2O), alkali (Na_2O + K_2O) dan sulfur trioksida (SO_3). Batubara dengan kandungan abu sangat tidak menguntungkan karena akan terbentuknya *clinker* (terak).

Adanya mineral atau abu dalam batubara akan berpengaruh pada proses penggilingan, karena akan menambah energi penggilingan. Pada proses pembuatan kokas, kandungan abu diharapkan sekecil mungkin guna menghindari terbentuknya *slag* dan untuk mempertahankan efisiensi *blast furnaces.* Biasanya kandungan abu dalam kokas kurang dari 8-11%.

3.2. Volatile Matter

Volatile matter dari batubara ditentukan dengan kehilangan berat yang terjadi bila batubara tersebut dipanaskan tanpa kontak dengan udara pada suhu lebih kurang 950 ^oC dengan laju pemanasan tertentu. Kehilangan berat ini merupakan hilangnya kandungan gas H_2, CO, CO_2, CH_4, dan uap serta sebagian kecil tar. Kandungan zat terbang dalam batubara erat hubungannya dengan *rank* batubara. Kandungan *volatile matter* ini akan berkurang sesuai dengan naiknya rank batubara.

Kandungan zat terbang mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas nyala api. Kandungan zat terbang yang tinggi akan lebih mempercepat pembakaran bahan karbon dan sebaliknya. Rasio antara kandungan karbon tertambat dengan kandungan zat terbang dinyatakan sebagai *fuel ratio* (lihat Tabel 1). *Fuel ratio* biasanya digunakan untuk menunjukkan *rank* dari batubara. Semakin tinggi *fuel ratio*, maka karbon yang tidak terbakar semakin banyak.

Kandungan zat terbang sebesar 20-32% (dmmf) akan menghasilkan kokas yang bermutu baik. Sedangkan kandungan terbang yang lebih tinggi akan mengurangi produksi kokas dan memperpanjang waktu serta memerlukan panas yang lebih bear untuk proses devolatilisasinya.

Tabel 1. Fuel Ratio berbagai Batubara

	Kelas batubara	Fuel ratio
1.	Kokas	92
2.	Antrasit	24
3.	Semi Antrasit	8,6
4.	Semi Bituminus	4,3
5.	Bitumionus Low Volatile	2,8
6.	Bitumionus Medium Volatile	1,9
7.	Bitumionus High Volatile	1,3
8.	Lignit	0,9

Batubara halus dengan kandungan zat terbang yang tinggi akan cenderung terjadi penyalaan/peledakan. Oleh karenanya disarankan agar jangan menyimpan batubara dengan kandungan zat terbang tinggi dalam ukuran halus. *Bituminous coal* mempunyai kadar *volatile matter* ± 40% dan sangat penting bagi si pemakai batubara karena pada pembakaran akan memperoleh nyala yang panjang dan akan memberikan asap yang banyak. *Steam coal* mempunyai kadar *volatile matter* pada antara 15 - 25% lebih disenangi dalam pemakaian karena asap yang dihasilkan sedikit.

3.3.Fixed Carbon

Presentase *Fixed Carbon* (karbon tertambat) diperoleh dengan mengurangi 100 dari jumlah presentase *volatile matter* dan abu dari dry coal.

3.4. Nilai Kalor

Nilai kalor batubara merupakan penjumlahan panas pembakaran dari unsur-unsur yang dapat terbakar dalam batubara (seperti karbon, hidrogen dan sulfur) dikurangi dengan panas peruraian zat *carbonaceous* dan ditambah atau dikurangi dengan reaksi eksotermis dan endotermis dari pembakaran zat pengotor dalam batubara.

Nilai kalor dinyatakan sebagai *heating value*, merupakan suatu parameter yang penting dari suatu thermal coal. *Gross Heating Value* (GHV) diperoleh dengan membakar sempurna suatu sampel batubara di dalam *bomb calorimeter* menghasilkan gas CO_2, SO_2, air dan nitrogen. *Net Heating Value* (NHV) adalah nilai kalor sebenarnya yang dimanfaatkan pada saat pembakaran). NHV dihitung dari GHV dengan mendinginkan gas hasil pembakaran ke temperatur standar dan airnya dipertahankan tetap sebagai uap. *Net Heating Value* (NHV) biasanya antara 93 - 97 % dari *gross heating value* dan tergantung dari kandungan *inherent moisture* serta kandungan hidrogen dalam batubara.

3.5. Pemanfaatan Batubara

Ditinjau dari segi pemanfaatannya, batubara dapat dibagi menjadi 3 (tiga) golongan, yaitu:

1. Batubara untuk bahan bakar, disebut batubara bahan bakar (*steaming coal, fuel coal,* atau *energy coal*)
2. Batubara bitumen untuk pembuatan kokas, disebut batubara kokas (*cooking coal)*
3. Batubara untuk dibuat bahan-bahan dasar energi lainnya, disebut batubara konversi (*conversion coal)*

3.5.1. BATUBARA UNTUK KOKAS

Kokas ialah residu padat yang tertinggal bila batubara dipanaskan tanpa udara sampai sebagian zat yang mudah menguapnya hilang. Batubara kokas adalah batubara yang bila dipanaskan tanpa udara sampai suhu tinggi akan menjadi lunak, terdevolatilasasi, mengembang, dan memadat kembali membentuk material yang porous. Material ini merupakan padatan kaya karbon yang disebut kokas.

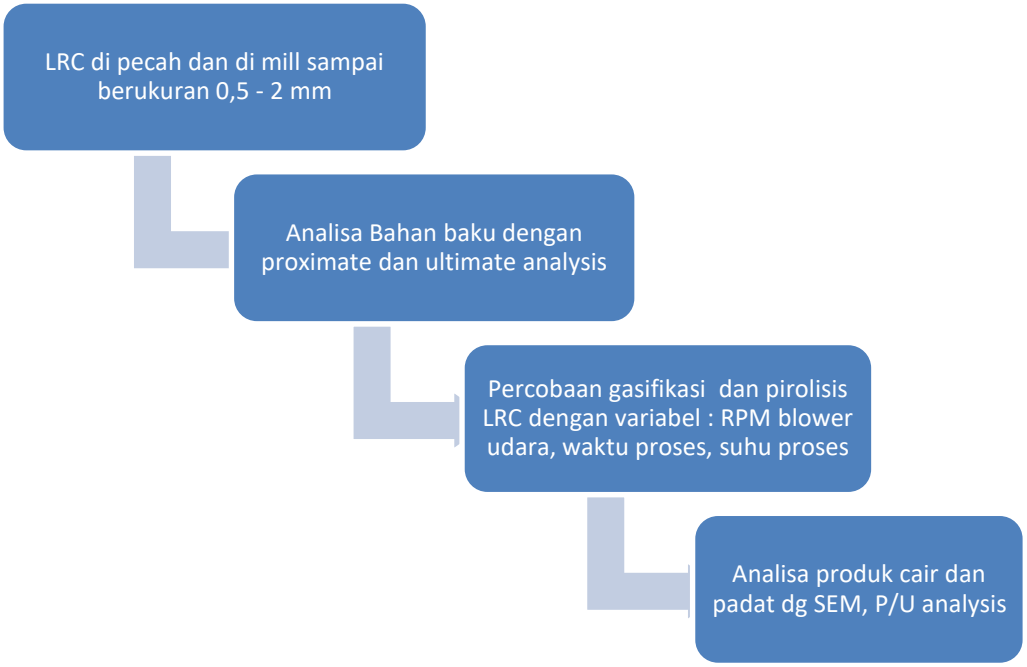
Kebanyakan kokas digunakan dalam pembuatan besi dan baja karena memberikan energi panas dan sekaligus bertindak sebagai zat pereduksi (reduktor) terhadap bijih besi yang dikerjakan didalam tanur suhu tinggi atau tungku pembakaran (*blast furnace*). Kokas untuk keperluan tersebut, umumnya padat dan relatif kuat, dihasilkan dari batubara tertentu., baik tunggal maupun campuran, dalam oven kokas (*coke oven*). Residu hasil karbonisasi yang merupakan material serbuk yang tidak berlubang atau massanya menggumpal disebut char. Bahan ini dapat dibuat briket dan digunakan sama seperti kokas (kokas jenis ini disebut sebagai *formed coke)* atau langsung dipakai sebagai elektroda karbon.

BAB IV MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengkonversi nilai kalor low rank coal menjadi kokas dengan harga pasaran yang tinggi, dan akan mampu menaikkan nilai jual LRC sehingga permasalahan para pengusaha tambang yang mempunyai cadangan low rank coal cukup tinggi dapat diatasi.

BAB V METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode experimental di Laboratorium Energi Baru dan Terbarukan Fakultas Teknik Unsri. Bahan baku batubara low rank didapat dari PTBA. Alat upgrading yang digunakan adalah Gasifier yang dibuat dari baja yang diisolasi dengan batubata dan semen, dilengkapi dengan plate keramik tempat batubara di bakar dan blower untuk kebutuhan udara pada proses gasifikasi. Thermocouple di pasang di atas gasifier untuk mengukur suhu proses.Diagram alir Prosedur Penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



LUARAN

1. Target hasil penelitian sebagai luaran wajib :

   a. Publikasi jurnal di Jurnal internasional (minimal terindeks DOAJ atau yang setara) atau di jurnal nasional terakreditasi minimal 1 publikasi per-tahun penelitian.

2. Target Luaran Tambahan :

   a. Buku ajar di kelompok bidang ilmu yang diterbitkan oleh penerbit Universitas Sriwijaya

Indikator Pencapaian

			Indikator Capaian			
No	Jenis Luaran		TS	TS+1	TS+2	TS+3
1	Luaran Wajib Berupa Publikasi Ilmiah (salah satu dari)* per tahun penelitian	Jurnal Internasional (minimal terindeks DOAJ atau yang setara)		✓		
		Jurnal Nasional Terakreditasi				
2	Luaran Tambahan	Teknologi Tepat Guna/Rekayasa Sosial-ekonomi/Rumusan Kebijakan Publik				
		Produk teknologi tepat guna yang langsung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat				
		Buku/Bahan ajar dikelompok Bidang Ilmu dan diterbitkan oleh Penerbit Unsri		✓		
	Luaran Tambahan berupa HKI	Paten				
		Paten Sederhana				
		Hak Cipta				
		Rahasia Daging				
		Merek Dagang				
		Desain Produk Indonesia				
		Indikasi Geografis				
		Perlindungan varietas tanaman				
		Perlindungan Topografi sirkuit Terpadu				

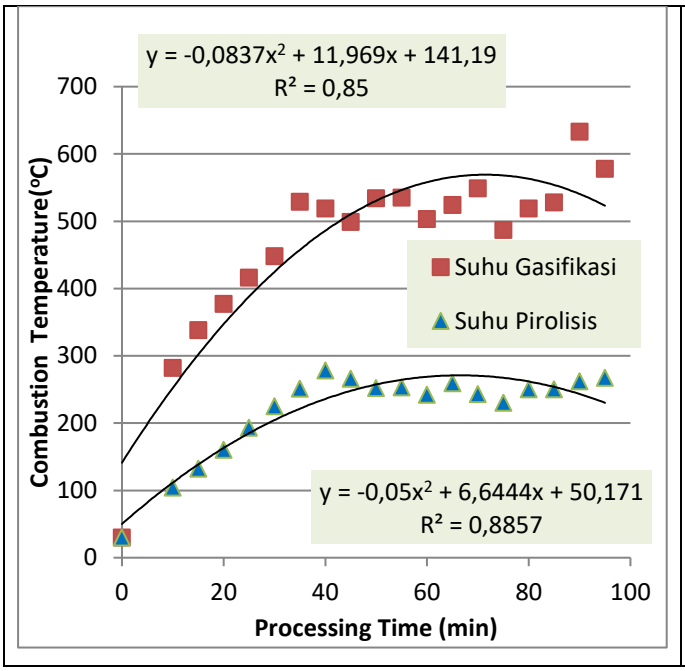
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

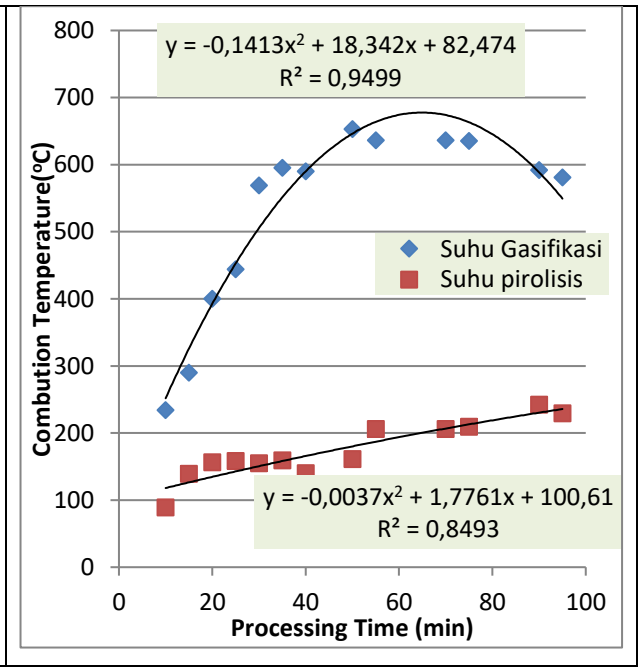
Hasil penelitian dibagi atas tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut :

5.1.Korelasi suhu gasifikasi dan pirolisis batubara pada proses pembuatan kokas

Korelasi suhu proses gasifikasi dan suhu pirolisis untuk setiap jenis batubara yang di teliti dilakukan dengan memvariasikan jumlah massa batubara yang dibakar yaitu 5 kg dan 7 kg dan dilakukan penambahan pelarut minyak jelantah untuk massa 7kg. kemudian dilihat pengaruhnya pada suhu dan kokas yang dihasilkan. Hasilnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini :

1.1. Korelasi Suhu Gasifikasi dan Pirolisis untuk kalor 46000 cal/kg

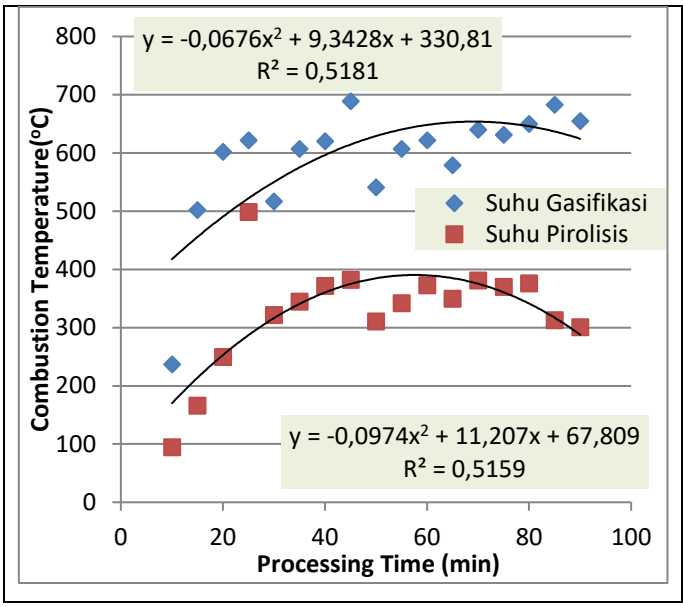




Gambar 5.1. Korelasi suhu gasifikasi dan pirolisis untuk batubara 46000 cal/kg

Pada penelitian ini suhu pada kolom pirolisis di dapatkan dari panas gasifikasi, sehingga batubara terbakar dalam kolom tanpa udara (pirolisis). Pada grafik 5.1. terlihat perbedaan suhu gasifikasi dan pirolisis cukup besar hampir 300°C pada waktu proses pembakaran 70 menit untuk massa batubara 5 kg dengan 46000 cal/kg. Sedangkan untuk massa lebih besar perbedaan suhu gasifikasi dan pirolisis lebih besar hampir 500°C, suhu pirolisis tertinggi adalah 242°C dan gasifikasi mencapai 590°C.

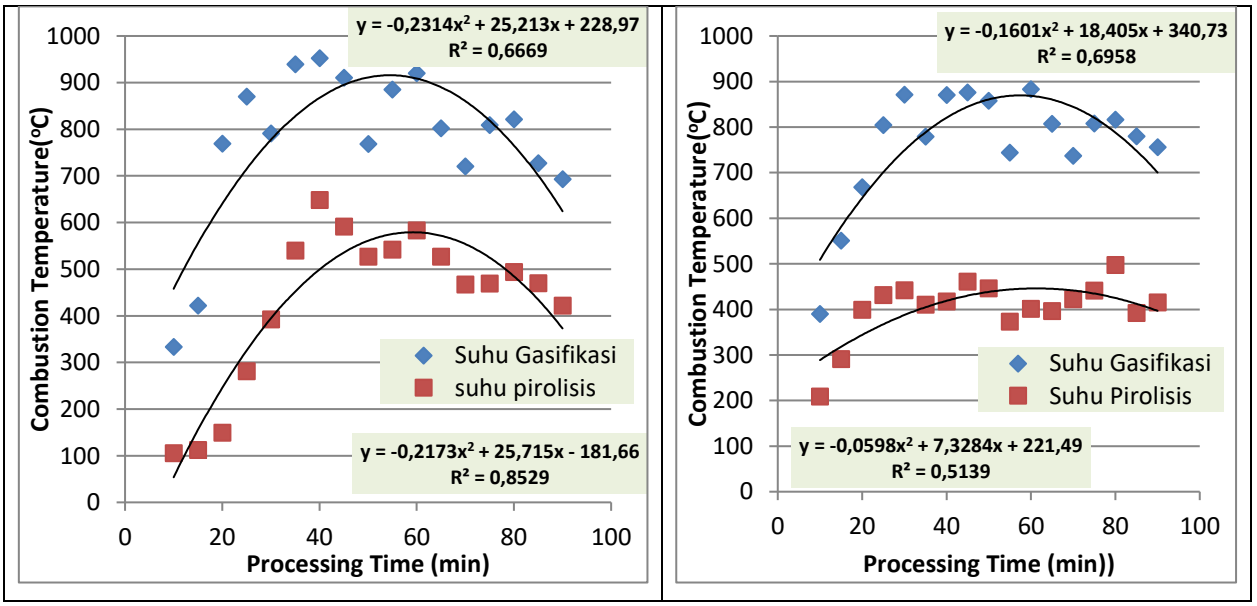
1.2.Korelasi Suhu Gasifikasi dan Pirolisis untuk Kalor 50000 cal/kg



Gambar 5.2. Korelasi suhu gasifikasi dan pirolisis untuk batubara 50000 cal/kg dan massa 5 &7 kg

Untuk kalor batubara 50000 cal/kg perbedaan suhu gasifikasi dengan pirolisis semakin kecil, semakin besar massa batubara semakin kecil perbedaan suhu pirolisis terhadap suhu gasifikasinya.

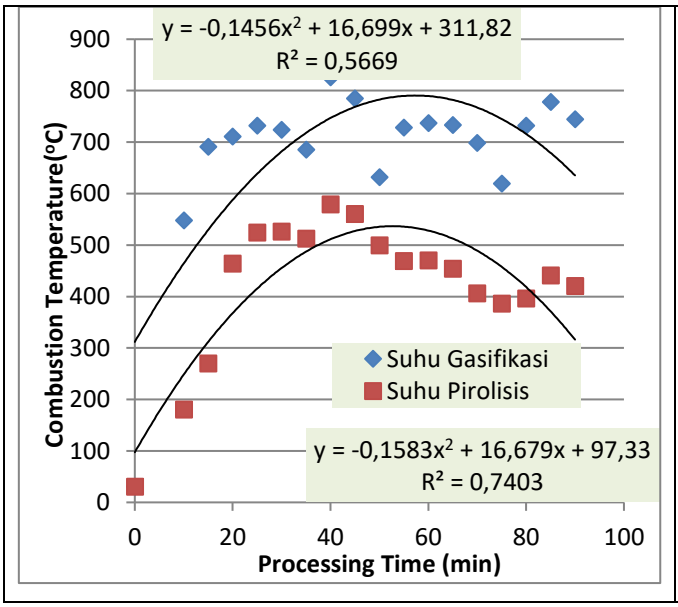
1.3.Korelasi Suhu Gasifikasi dan Pirolisis untuk Kalor 64000 cal/kg

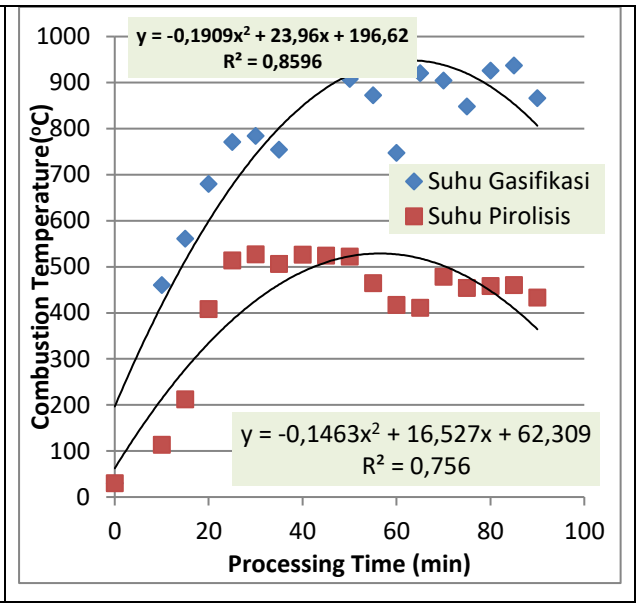


Gambar 5.3. Korelasi suhu gasifikasi dan pirolisis untuk batubara 64000 cal/kg dan massa 5 & 7 kg

Semakin tinggi kalor batubara semakin tinggi suhu pembakaran semakin kecil perbedaan suhu gasifikasi dan pirolisis.

1.4.Korelasi Suhu Gasifikasi dan Pirolisis untuk Kalor 72000 cal/kg

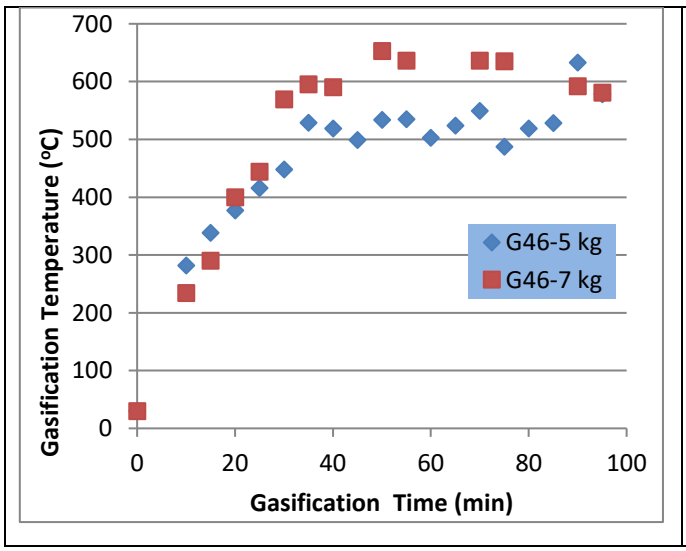


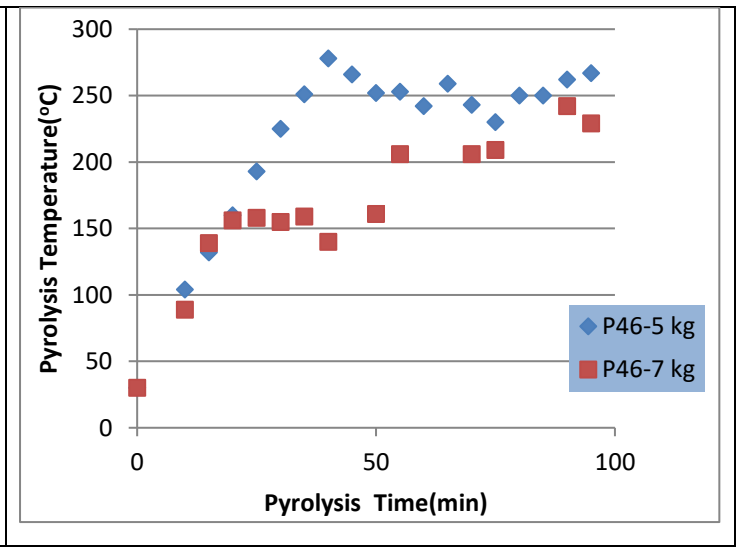


Gambar 5.4. Korelasi suhu gasifikasi dan pirolisis untuk batubara 72000 cal/kg dan massa BB 5 & 7 kg

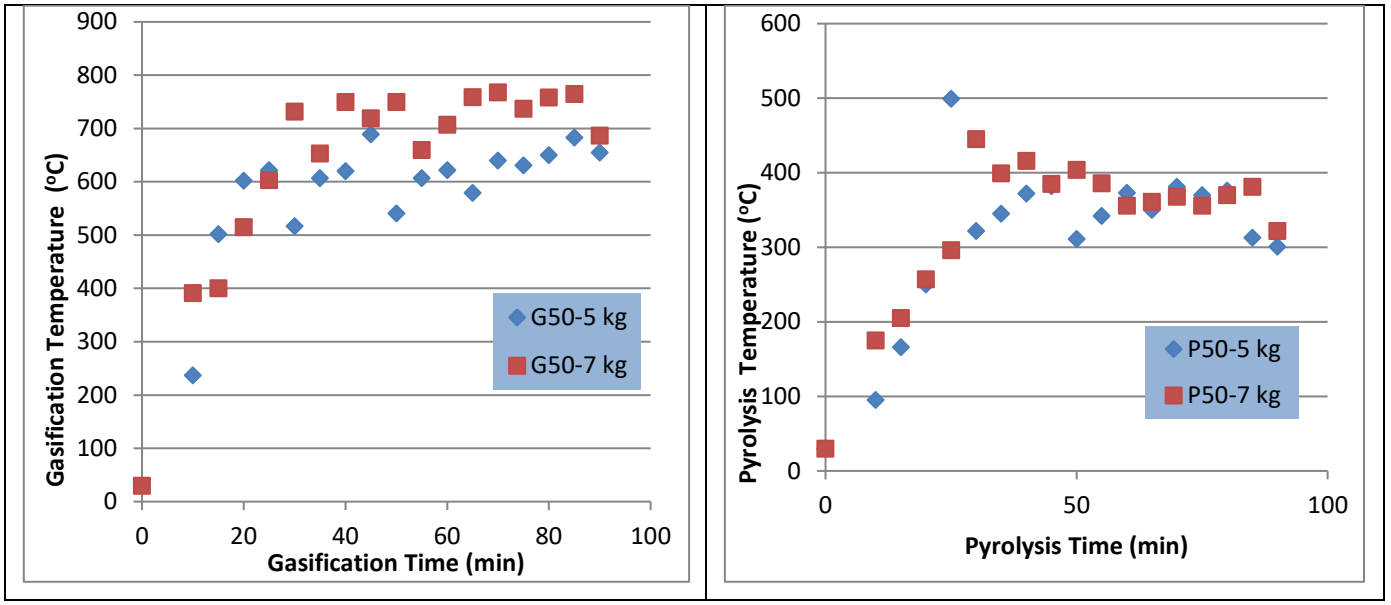
5.2.Pengaruh massa dan kalor batubara terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis

Pada penelitian ini massa batubara pada setiap kalor batubara yang digunakan adalah 5,0 dan 7,0 kg, sedangkan kalor batubara yang digunakan adalah 46000 kal/kg, 50000 kal/kg, 64000 kal/kg dan 72000 kal/kg. Suhu gasifikasi dan pirolisis yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik 5.5. dibawah ini.



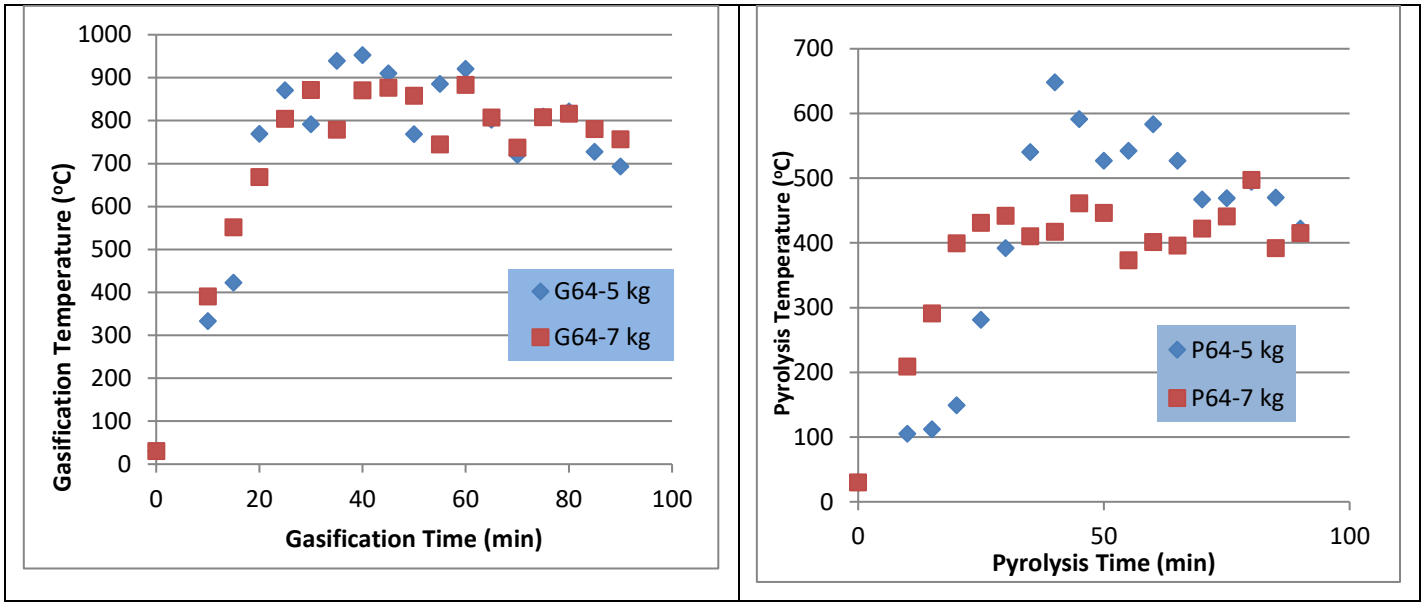


Gambar 5.5. Pengaruh massa batubara terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB kalor 46000 kcal/kg



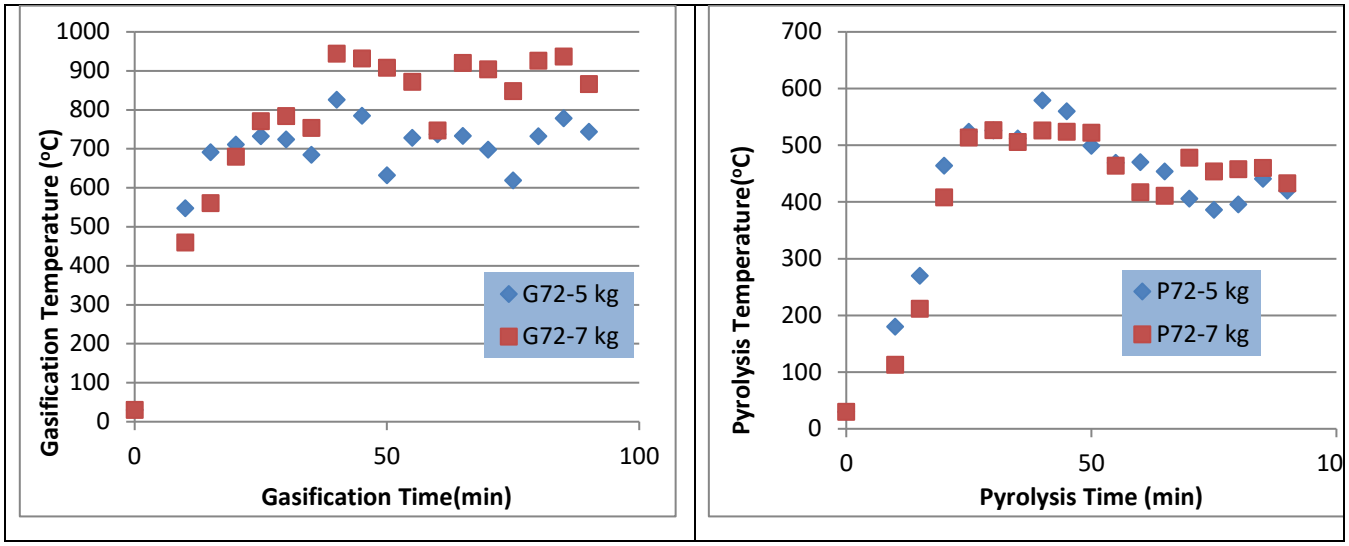
Gambar 5.6. Pengaruh massa batubara terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB kalor 50000 kcal/kg

Secara umum suhu pembakaran akan lebih tinggi apabila massa batubara ditambah, kenaikan suhu lebih stabil pada proses gasifikasi dibandingkan pada pirolisis, ini disebabkan reaktor pirolisis lebih sempit sehingga pembakaran batubara dengan massa yang lebih besar menjadi lebih lambat dan tidak merata.



Gambar 5.7. Pengaruh massa batubara terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB kalor 64000 kcal/kg

Semakin tinggi kalor batubara yang dibakar, perbedaan suhu kedua massa dari kedua proses semakin kecil, dan ini menguntungkan untuk proses produksi kokas.

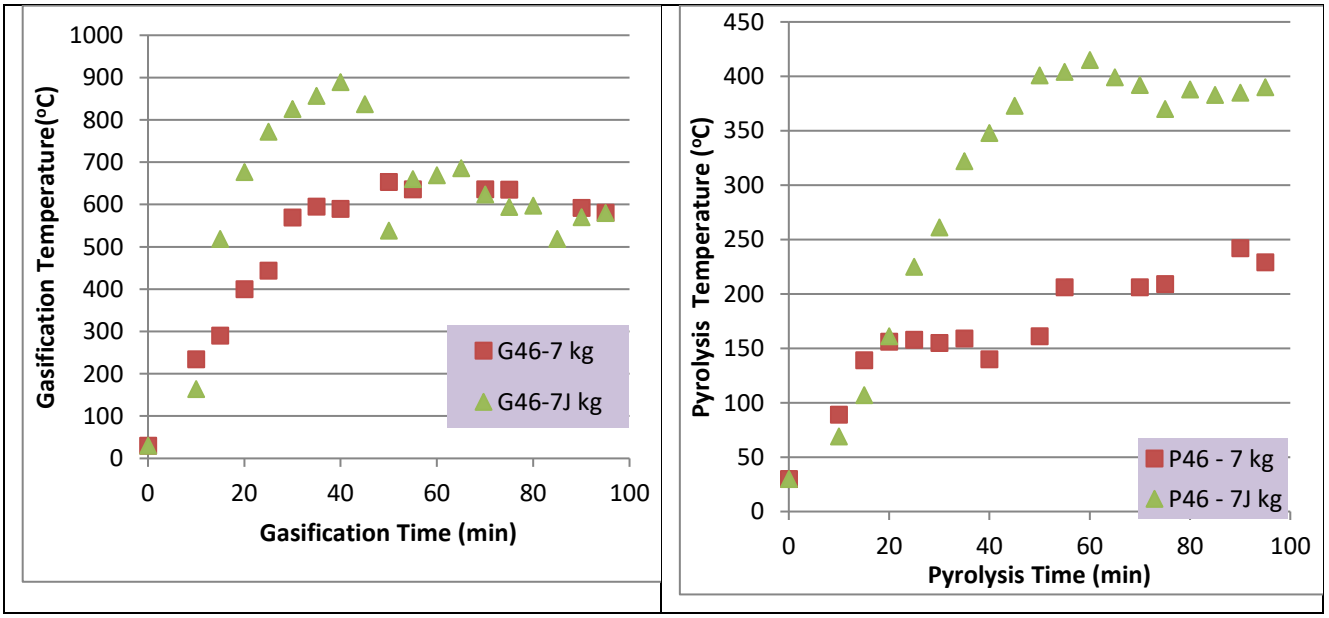


Gambar 5.8. Pengaruh massa batubara terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB kalor 72000 kcal/kg

5.3.Pengaruh minyak jelantah terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis

Penggunaan minyak jelantah dimaksudkan untuk meningkatkan panas pembakaran yang dihasilkan dan untuk mempercepat terjadinya pembentukan kokas. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan perendaman batubara yang akan di bakar dengan jumlah minyak yang ditentukan. Setelah itu baru dilakukan pembakaran dan dianalisa bagaimana pengaruh penambahan minyak jelantah terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis yang dihasilkan seperti terlihat pada grafik dibawah ini :

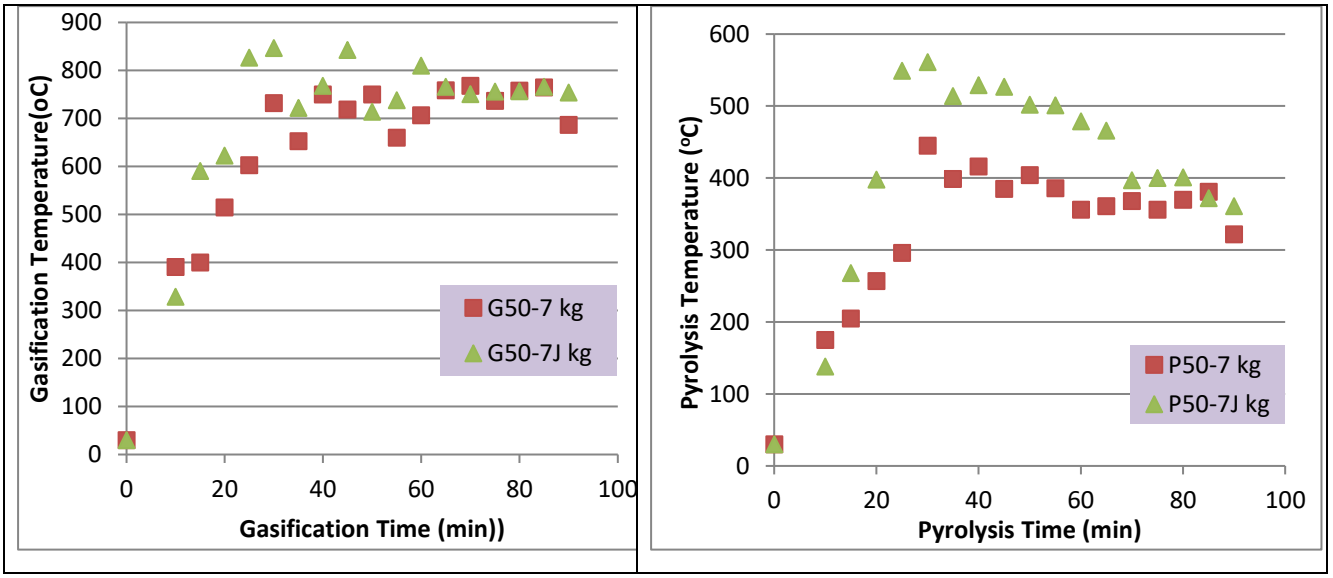
5.3.1. Pengaruh minyak jelantah terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 46000 cal/kg



Gambar 5.9. Perbandingan suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 46000 cal/kg

Minyak jelantah memberikan kenaikan suhu awal sangat tinggi dengan perbedaan suhu gasifikasi dan pirolisis menjadi lebih kecil dibandingkan tanpa pelarut minyak jelantah, sehinggia suhu pirolisis yang dihasilkan jadi lebih besar.

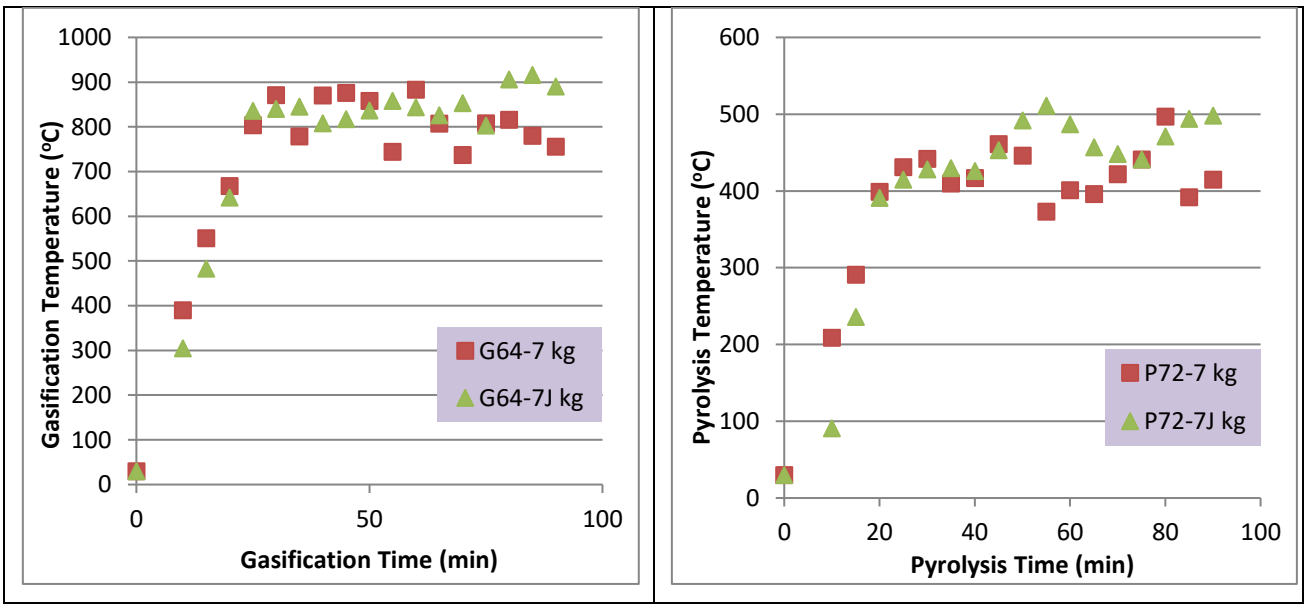
5.3.2. Pengaruh minyak jelantah terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 50000 cal/kg



Gambar 5.10. Perbandingan suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 50000 cal/kg

Pelarut minyak jelantah membuat suhu gasifikasi dan pirolisis lebih tinggi bila dibandingkan tanpa pelarut minyak jelantah. Suhu gasifikasi mencapai > 800°C dan pirolisis > 500°C untuk jenis bahan baku LRC.

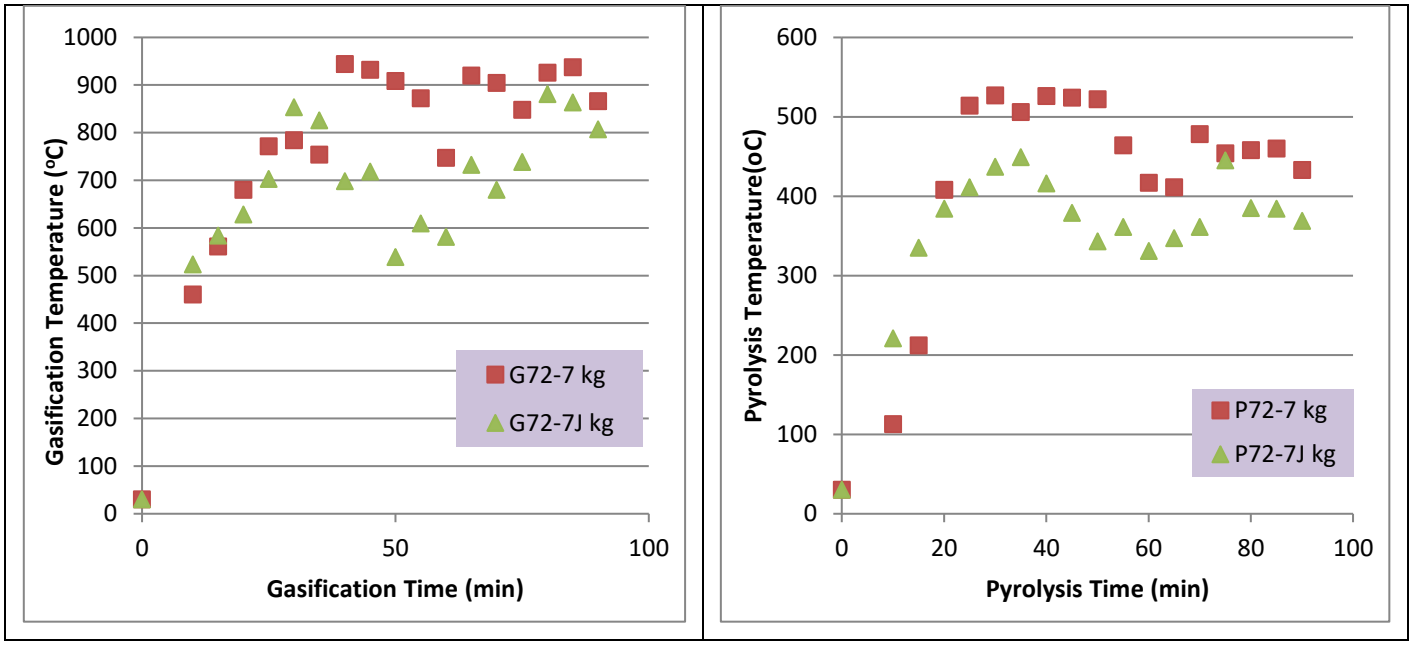
5.3.3. Pengaruh minyak jelantah terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 64000 cal/kg



Gambar 5.11. Perbandingan suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 64000 cal/kg

Dengan pelarut minyak jelantah perbedaan suhu kedua proses semakin kecil tapi suhu pembakaran yang bisa dicapai jauh lebih besar bila tanpa pelarut minyak jelatah, ini disebabkan kapasitas pana minyak jelantah lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas panas batubara yang digunakan (6400 kcal/kg). Artinya pelarut minyak jelantah berperan positif pada jenis batubara dengan kalor < 6400 kcl/kg).

5.3.4. Pengaruh minyak jelantah terhadap suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 72000 cal/kg

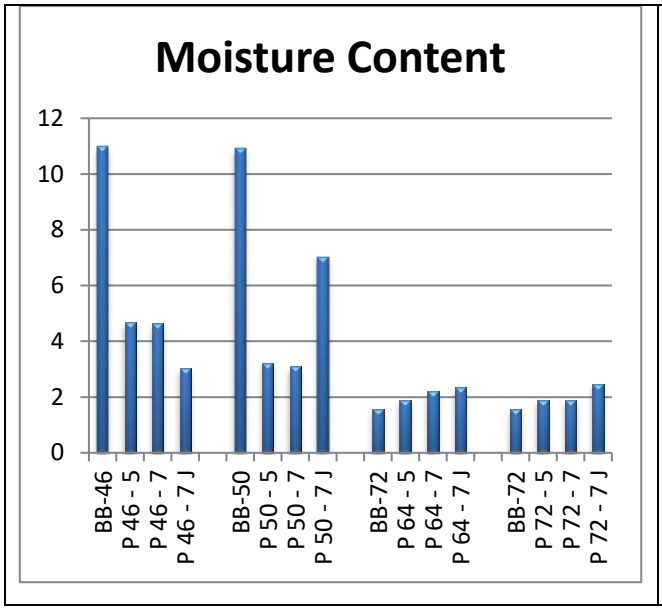


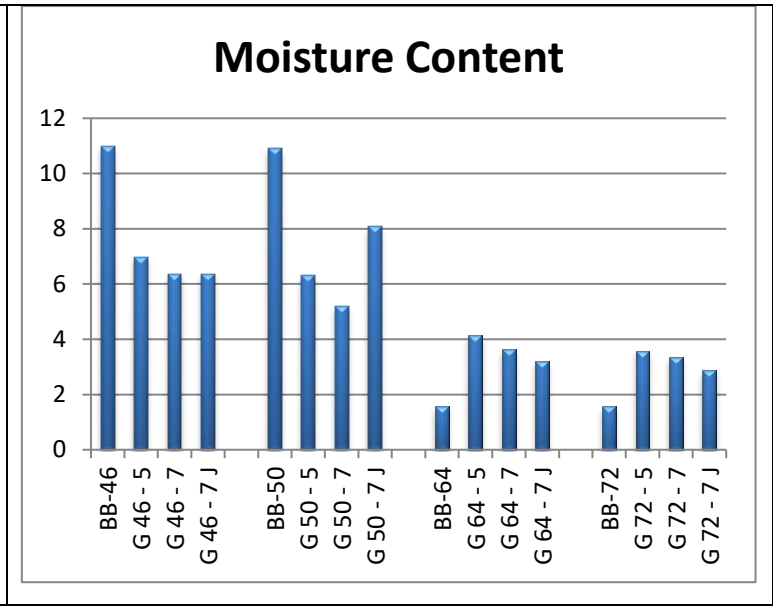
Gambar 5.12. Perbandingan suhu gasifikasi dan pirolisis untuk BB 72000 cal/kg

HRC dengan nilai kalor > 7200 kcal/kg menghasilkan panas yang sangat tinggi hampir 1000ºC, dengan perbedaan antara proses gasifikasi dan pirolisis cukup kecil diawal pembakaran namun semaki besar pada saat pembakaran dilakukan dengan waktu yang lebih lama.

5.4. Hasil Analisa Proximate Produk Kokas dari semua jenis kalor bahan baku batubara.

5.4.1. Pengaruh Proses Pirolisis& Gasifikasi terhadap “moisture content” Produk Kokas

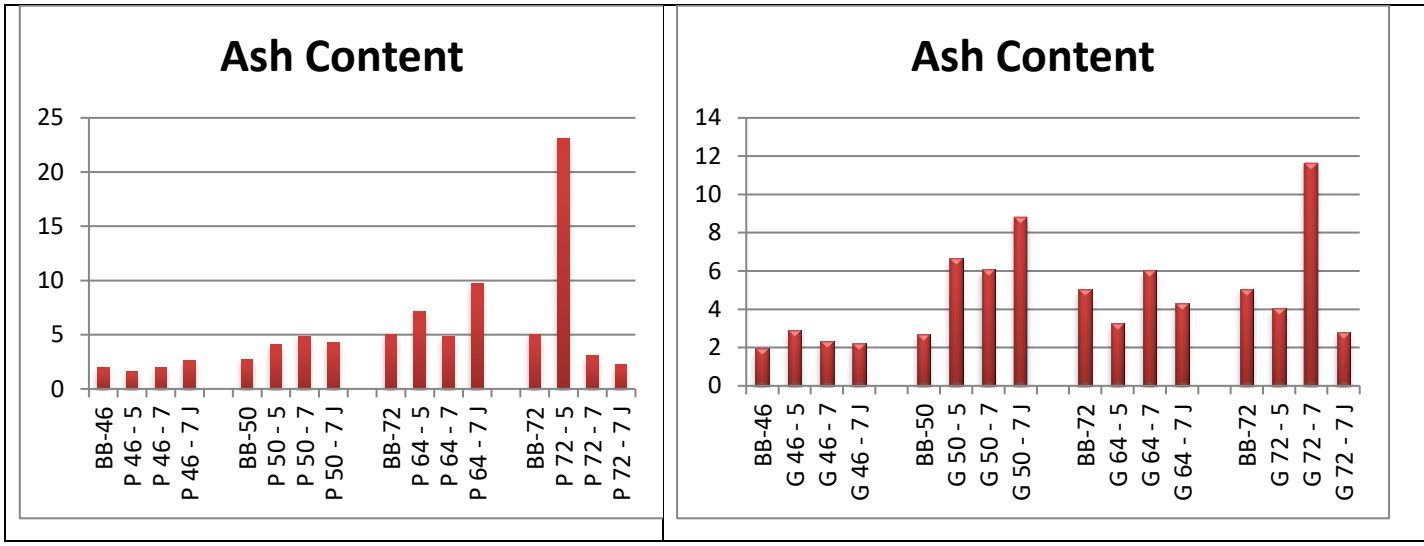




Gambar .5.13. Perbandingan “moisture content” Produk hasil proses gasifikasi dan pirolisis untuk semua jenis Bahan Baku Batu Bara

Moisture content adalah kandungan air yang ada dipermukaan batubara dan air yang terikat dalam pori-pori dalam batubara. Kandungan air yang tinggi akan membutuhkan udara berlebih (*excess air*) yang lebih besar, yang akan mengakibatkan rendahnya efektivitas dan efisiensi operasi pembakaran dalam dapur. Pada proses pembuatan kokas, kandungan air akan memperpanjang proses pengkokasan selama 15-45 menit untuk 1% kandungan air. Hasil analisa menunjukkan pada low rank coal penurunan kandungan air pada proses pirolisis lebih tinggi dibandingkan pada proses gasifikasi, sedangkan untuk high rank coal terjadi penambahan kandungan air baik pada proses gasifikasi maupun pada proses pirolisis. Berkemungkinan penyebabnya adalah reaksi gas hidrogen yang terbentuk dengan uap air yang terperangkap dalam pori-pori internal batubara.

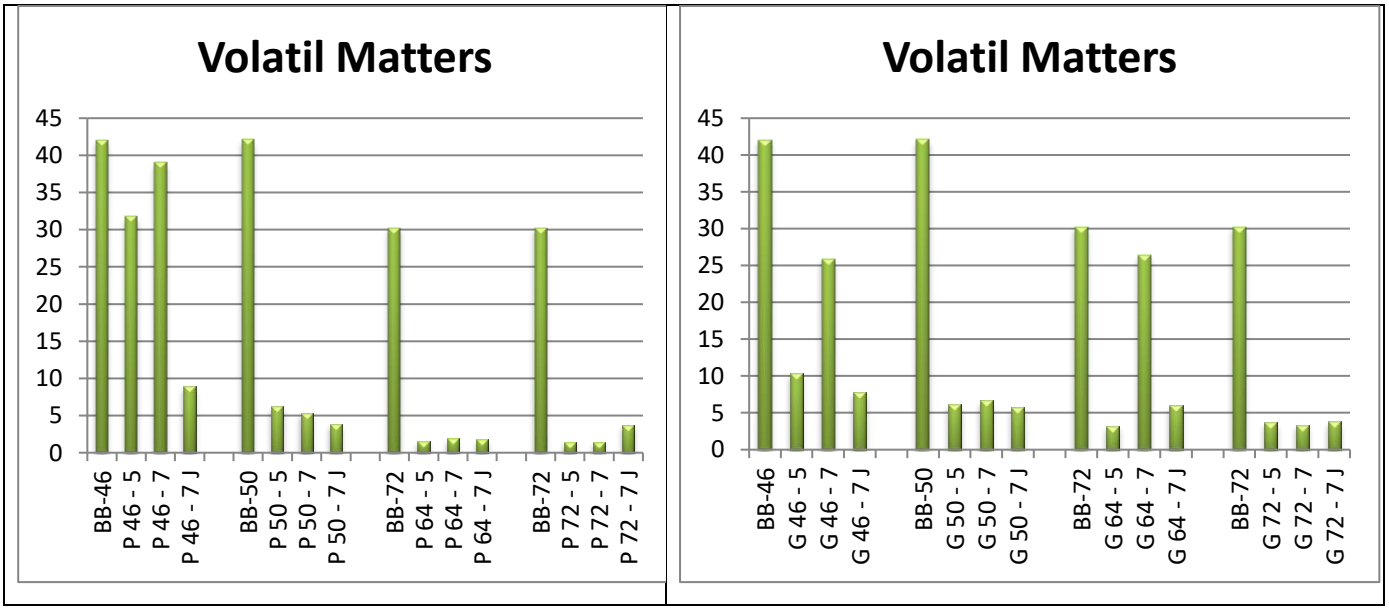
1.5. Pengaruh Proses Pirolisis & Gasifikasi terhadap kandungan Abu Produk Kokas



Gambar 5.14. Perbandingan "Ash content" Produk hasil proses gasifikasi dan pirolisis untuk semua jenis Bahan Baku Batu Bara

Abu batubara atau disebut dengan "Ash content" adalah sejumlah berat padatan/zat yang tinggal pada saat batubara dibakar secara sempurna. Zat ini biasanya bearasal dari senyawa-senyawa mineral anorganik yang terkandung dalam batubara yang sering disebut dengan " *mineral matter* " yang akan menjadi abu setelah dibakar. *Mineral Matter* adalah material *non-carbonaceous* dalam batubara yang dapat menurunkan nilai kalor batubara tersebut. Pada proses pirolisis nilai abunya jauh lebih kecil dibandingkan proses gasifikasi karena dengan gasifikasi pembakaran dilakukan dengan udara sehingga suhu pembakaran lebih tinggi dan keluruhan senyawa anorganik jadi lebih besar.

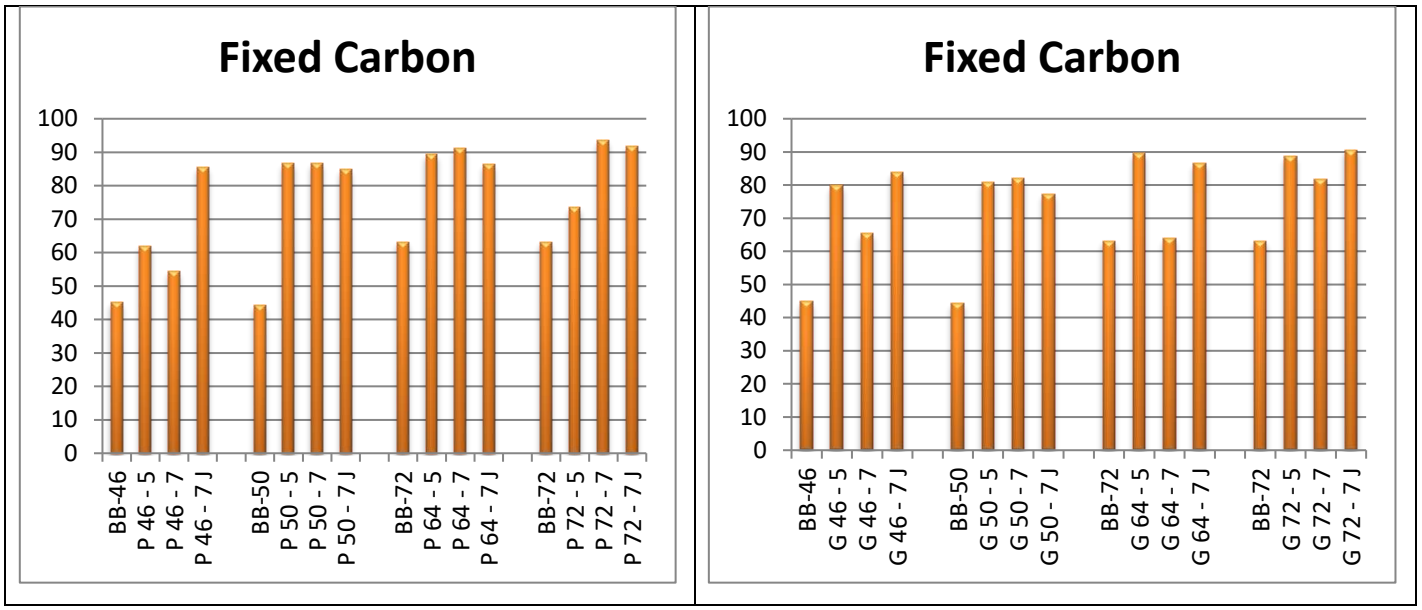
1.6. Pengaruh Proses Pirolisis & Gasifikasi terhadap kandungan Volatil Matters Produk Kokas



Gambar 5.15. Perbandingan kandungan "volatil matters" Produk hasil proses gasifikasi dan pirolisis untuk semua jenis Bahan Baku Batu Bara

Kandungan *volatile matter* ini akan berkurang sesuai dengan naiknya rank batubara. Volatil matter pada LRC (46000 cal/kg) sangat tinggi, namun penambahan minyak jelantah ternyata mampu mengurangi volatil matter pada LRC, sedangkan pada HRC minyak jelantah tidak memberikan pengaruh yang positif, tapi dengan proses gasifikasi dengan jumlah udara berlebih ternyata mampu menurunkan volatil matter pada kokas. Kandungan zat terbang mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas nyala api. Kandungan zat terbang yang tinggi akan lebih mempercepat pembakaran bahan karbon dan sebaliknya.

1.7. Pengaruh Proses Pirolisis & Gasifikasi terhadap kandungan Fixed Carbon Produk Kokas



Gambar 5.16. Perbandingan kandungan "Fixed Carbon" Produk hasil proses gasifikasi dan pirolisis untuk semua jenis Bahan Baku Batu Bara

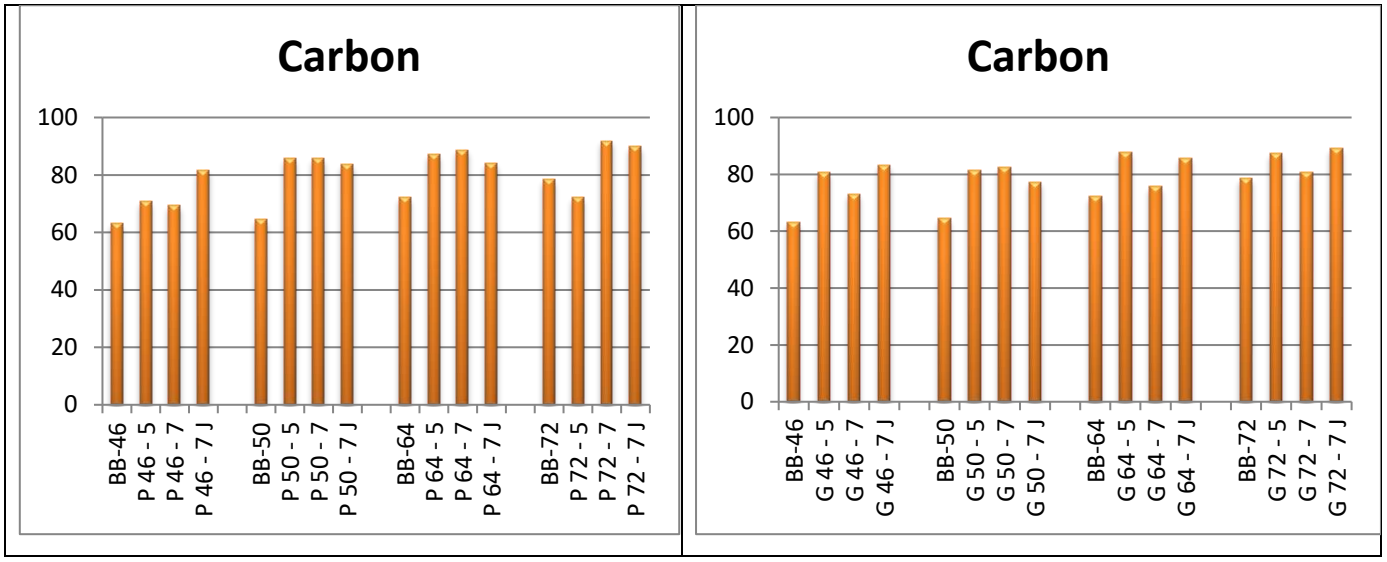
Fixed Carbon merupakan karbon tertambat yang diperoleh dengan mengurangi 100 dari jumlah presentase *volatile matter* dan abu dari dry coal. Untuk kedua proses gasifikasi maupun pirolisis mempengaruhi kenaikan fixed carbon dari produk dengan hasil yang hampir sama, namun proses gasifikasi memberikan nilai yang lebih tinggi terutama untuk yang HRC.

5. Hasil Analisa Ultimat Produk Kokas dari semua jenis kalor bahan baku batubara.

5.1. Pengaruh Proses Pirolisis & Gasifikasi terhadap kandungan Carbon Produk Kokas

Analisa Ultimat bertujuan untuk menentukan kandungan karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur serta oksigen dalam batubara. Hasil analisa ultimat biasanya dinyatakan dengan basis *mineral matter free coal* atau bila batubara mempunyai kandungan abu yang kecil dinyatakan dengan *dry ash free coal*. Ketiga elemen karbon, hidrogen dan udara merupakan zat pembentuk

batubara (*true coal substance*) dan perbandingannya di dalam batubara merupakan penentu sifat batubara. Di dalam pengklasifikasian batubara ketiga elemen ini sangat menentukan.

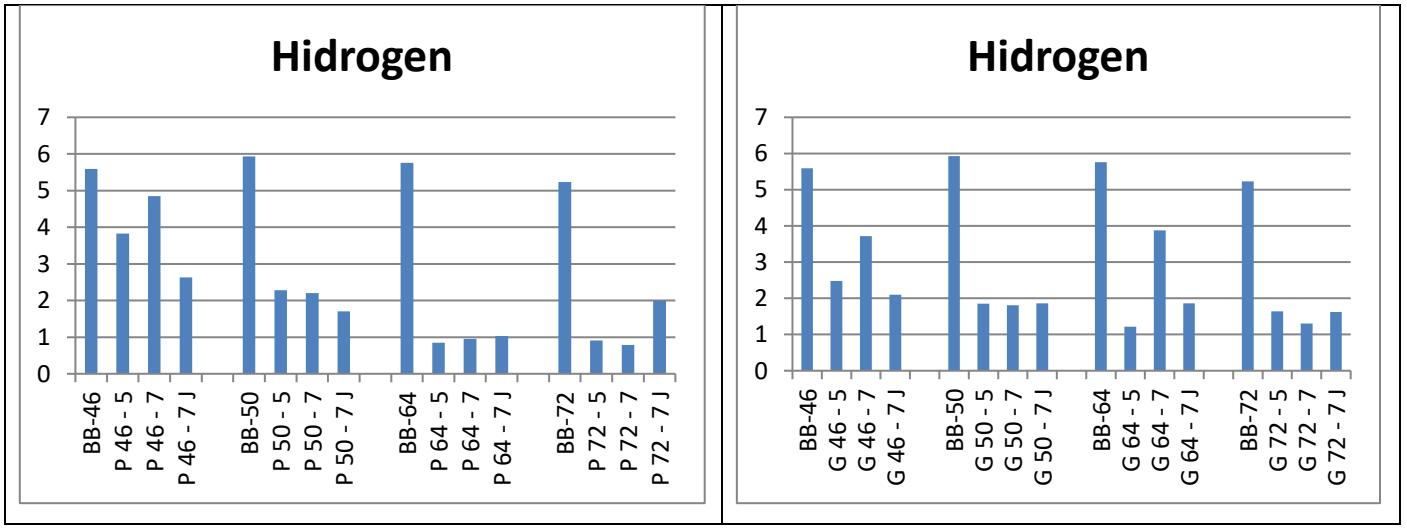


Gambar 5.17. Perbandingan kandungan "Carbon" untuk semua jenis BB

Hasil proses gasifikasi dan pirolisis

Kandungan karbon pada kokas dari proses gasifikasi dan pirolisis naik dengan naiknya massa batubara LRC, dan pada HRC massa batubara tidak terlalu berpengaruh, namun pengaruh pelarut minyak jelantah pada HRC cukup tinggi pada proses gasifikasi, dan tidak berpengaruh pada proses pirolisis. Karbon dalam batubara merupakan pembentuk senyawa hidrokarbon aromatik dan alifatik dari batubara dan pada penelitian ini dihasilkan unsur karbon dalam batubara hampir sama besar dengan nilai *fixed carbon* pada batubara.

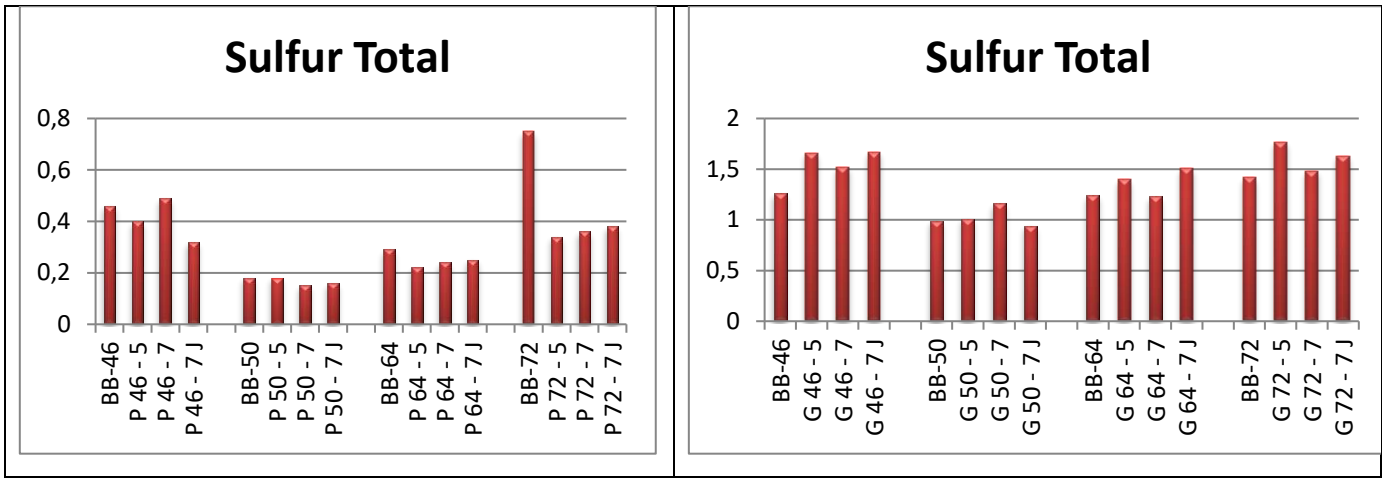
5.2. Pengaruh Proses Pirolisis & Gasifikasi terhadap kandungan Hidrogen Produk Kokas



Gambar 5.18. Perbandingan kandungan "Hidrogen" Produk hasil proses gasifikasi dan pirolisis untuk semua jenis Bahan Baku Batu Bara

Carbon, hidrogen dan oksigen merupakan elemen pembentuk batubara dan komposisi masing-masing akan menentukan sifat dan klassifikasi batubara. Proses gasifikasi dan pirolisis akan menurunkan kandungan hidrogen dalam batubara yang akan menghasilkan gas hidrogen dan gas metane atau uap air sebagai hasil reaksi pembakaran. Perbedaan kedua proses di pengaruhi oleh tingginya rank batubara.

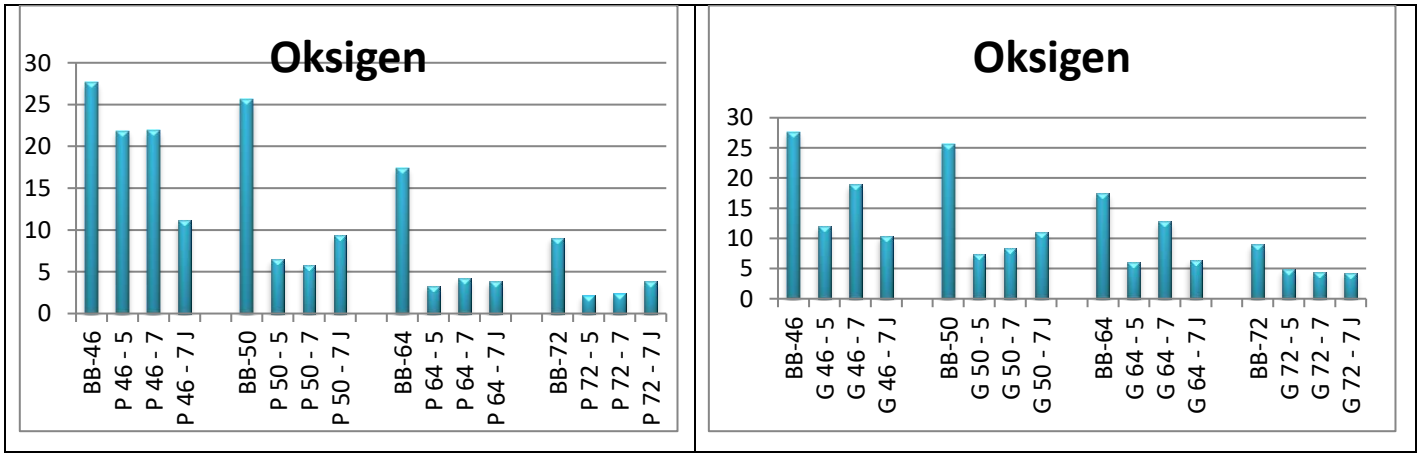
5.3. Pengaruh Proses Pirolisis & Gasifikasi terhadap kandungan Sulfur Total Produk Kokas



Gambar 5.3. Perbandingan kandungan "Sulfur Total" Produk hasil proses gasifikasi dan pirolisis untuk semua jenis Bahan Baku Batu Bara

Hasil analisa kandungan total sulfur pada produk kokas dengan proses pirolisis sangat kecil, sedangkan dari proses gasifikasi menghasilkan sulfur total lebih besar. Seperti diketahui bahwa sulfur dalam batubara terdapat dalam tiga bentuk yaitu sebagai pirit FeS_2, di mana pada pemanasan dalam suasana oksidasi dan berubah menjadi besi oksida Fe_2O_3 sambil melepas SO_2. Senyawa sulfur di dalam batubara akan sangat merugikan karena akan menimbulkan korosi, polusi SO_2 , SO_3 di atmosfir.

5.4.Pengaruh Proses Pirolisis & Gasifikasi terhadap kandungan Oksigen Produk Kokas

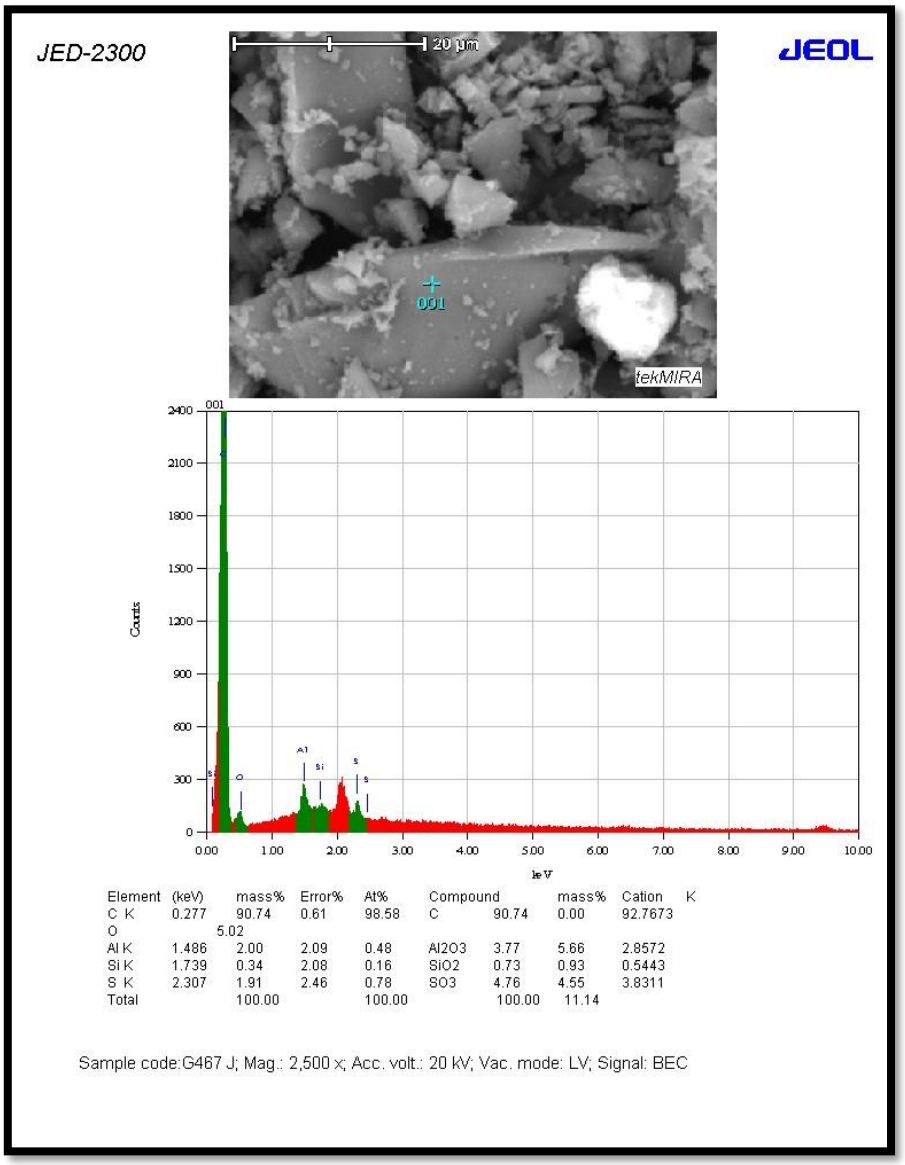


Gambar 5.19. Perbandingan kandungan "Oksigen" Produk hasil proses gasifikasi dan pirolisis untuk semua jenis Bahan Baku Batu Bara

Jumlah oksigen dalam batubara merupakan penunjang yang penting dalam menentukan sifat serta klasifikasi dari batubara. Bila batubara sebagai bahan bakar, kandungan oksigen dalam batubara akan menurunkan *caking power* dan *moisture* akan naik. Semakin tinggi kalor batubara semakin rendah kandungan oksigen dalam produk hasil gasifikasi dan lebih kecil lagi bila dipirolisis.

6. Perbandingan Analisa Kualitas Produk dengan SEM-Spot EDS

6.1.Produk hasil Proses Gasifikasi

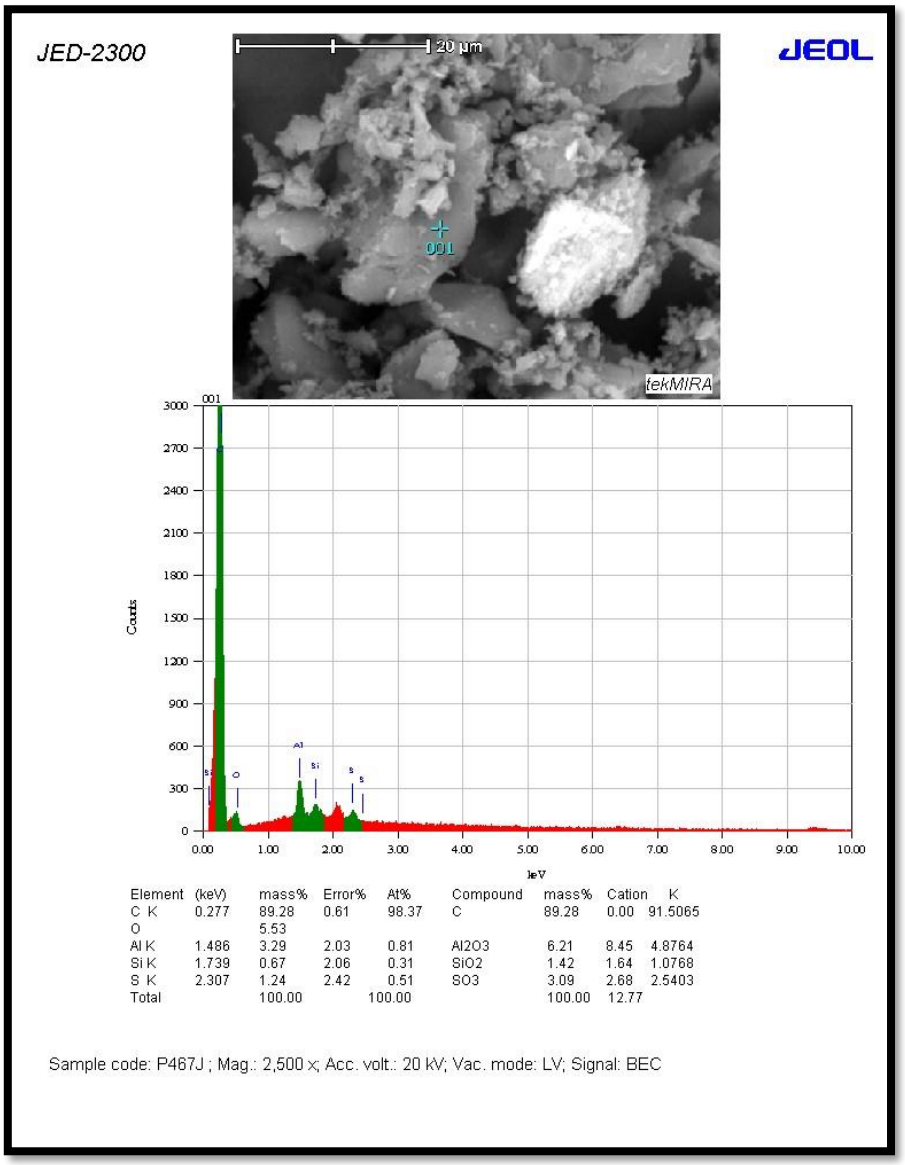


Gambar 6.1. Analisa Kualitas Produk Hasil Proses Gasifikasi dengan SEM-Spot EDS

Gambar diatas menjelaskan bahwa analisa produk hasil Gasifikasi batubara LRC menggunakan SEM-Sport EDS menunjukkan persentase atom unsur C sangat tinggi

mencapai 98,58 % dengan % massa C adalah 90,74% dan unsur anorganik yang masih tersisa dalam produk kurang dari 1,5 % seperti Al K, Si K dan S K.

6.2.Analisa Hasil Proses Pirolisis



Gambar 6.2. Analisa Kualitas Produk Hasil Proses Pirolisis dengan SEM-Spot EDS

Analisa produk hasil pirolysis batubara LRC menggunakan SEM-Sport EDS menunjukkan persentase atom unsur C sangat tinggi mencapai 98,37 % dengan massa C 89,28% dan unsur anorganik yang masih tersisa dalam produk kurang dari 1,8 % seperti Al K, Si K dan S K.

7. Kualitas Hasil Upgrading Batubara (Perhitungan Fuel Rasio)

Tanda Contoh	Air Limbah	Abu	Zat Terbang	Karbon Padat	tipe kokas	Hasil Upgrading	
						Fuel Ratio	Katagori Upgrading
P 46 5	4,68	1,63	31,77	61,92	A	1,95	Bitumionus Medium Volatile
P 46 7	4,65	1,98	39,02	54,35	A	1,39	Bitumionus High Volatile
P 46 7 J	3,03	2,64	8,88	85,45	A	9,62	Semi Antrasit

Untuk LRC naiknya massa batubara tidak berpengaruh pada kenaikan grade batubara, namun perendaman LRC dengan minyak jelantah bila dilihat dari fuel rasio 9,62 mengindikasikan LRC grade nya naik menjadi grade semi antrasit dengan kandungan fixed carbon mencapai 85,45%.

Tanda Contoh	Air Limbah	Abu	Zat Terbang	Karbon Padat	tipe kokas	Hasil Upgrading	
						Fuel Ratio	Katagori Upgrading
P 50 5	3,22	4,06	6,18	86,54	A	14,00	Semi antrasit-antrasit
P 50 7	3,1	4,86	5,36	86,68	A	16,17	Semi antrasit-antrasit
P 50 7 J	7,03	4,3	3,87	84,8	A	21,91	Semi antrasit-antrasit

Untuk jenis batubara 50000 cal/gr minyak jelantah menaikkan fuel rasio mendekati antrasit yang mempunyai fuel rasio 21,91 dimana fixed carbonnya mencapai 84,8% sedangkan tanpa minyak jelantah fuel rasionya lebih rendah.

Tanda Contoh	Air Limbah	Abu	Zat Terbang	Karbon Padat	tipe kokas	Hasil Upgrading	
						Fuel Ratio	Katagori Upgrading
G 46 5	6,97	2,9	10,29	79,84	A	7,76	Semi bituminuos-semi antrasit
G 46 7	6,36	2,32	25,87	65,45	-	2,53	Bitumionus Medium Volatile-bituminus low volatile
G 46 7 J	6,36	2,22	7,72	83,7	A	10,84	Semi antrasit-antrasit

Proses pembakaran LRC dengan proses gasifikasi menghasilkan fuel rasio lebih rendah (10,84) bila dibandingkan dengan proses pirolisis, namun pengaruh minyak jelantah terhadap upgrade batubara LRC memberikan pengaruh yang sama (naik menjadi semi antrasit-antrasit).

Tanda Contoh	Air Limbah	Abu	Zat Terbang	Karbon Padat	tipe kokas	Hasil Upgrading	
						Fuel Ratio	Katagori Upgrading

G 50 5	6,3	6,64	6,2	80,86		13,04	Semi antrasit-antrasit
G 50 7	5,18	6,08	6,66	82,08		12,32	Semi antrasit-antrasit
G 50 7 J	8,08	8,8	5,72	77,4		13,53	Semi antrasit-antrasit

Naiknya nilai kalor batubara yang digasifikasi dari 46000 ke 50000 kcal/gr menghasilkan fuel rasio semakin baik, grade yang dicapai adalah semi antrasit-antrasit, namun pengaruh minyak jelantah kecil sekali tidak terlalu signifikan hanya dalam range 12,32-13,53.

Tanda Contoh	Air Limbah	Abu	Zat Terbang	Karbon Padat	tipe kokas	Hasil Upgrading	
						Fuel Ratio	Katagori Upgrading
PG 46	10,98	1,96	42,06	45	A	1,07	Lignit-Bitumionus High Volatile
PG 50	10,92	2,72	42,14	44,22	A	1,05	Lignit-Bitumionus High Volatile
G 50 7 J	8,08	8,8	5,72	77,4		13,53	Semi antrasit-antrasit

Diatas adalah karakteristik bahan baku batubara yang digunakan pada penelitian ini. Bahan baku batubara adalah Lignit-bituminous high volatile. Ketika dilakukan upgrading dengan proses gasifikasi dan pirolisis maka grade batubara tersebut naik pada grade semi antrasit-antrasit. Suhu gasifikasi tertinggi mencapai 780oC sedangkan pirolisis tertinggi sampai 450oC.