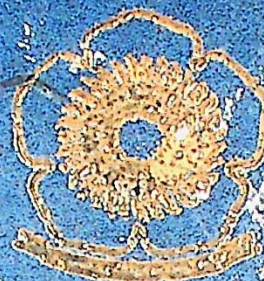


TAMBAH

2013

ANALISIS PENGADAMAN JENIS ADITIF DAN UPTI IRAN PARTIKEL TERHADAP  
PISIRAN SOLID DAN VISKOSITAS COAL WATER FUEL (CFW) DENGAN  
BAHAN BAKU BATUBARA PENKOPONG KASIH PROSES HOT WATER DRIVING



SKRIPSI UTAMA

Untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Oleh :

Linda Jayanti  
(03681002027)

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

INDRANG MEHAYU

07807

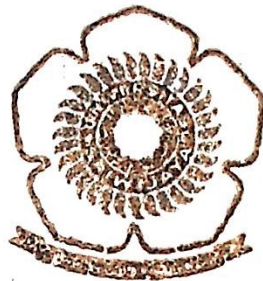
S  
553.206 807

LIN  
a  
2013

C - 130548



**ANALISIS PENGARUH JENIS ADITIF DAN UKURAN PARTIKEL TERHADAP  
PERSEN SOLID DAN VISKOSITAS COAL WATER FUEL (CWF) DENGAN  
BAHAN BAKU BATUBARA PENDOPO HASIL PROSES *HOT WATER DRYING***



**SKRIPSI UTAMA**

v

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**Linda Jayanti  
(03081002029)**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**2013**

ANALISIS PENGARUH JENIS ADITIF DAN UKURAN PARTIKEL TERHADAP  
PERSEN SOLID DAN VISKOSITAS COAL WATER FUEL (CWF) DENGAN  
BAHAN BAKU BATUBARA PENDOPO HASIL PROSES HOT WATER DRYING

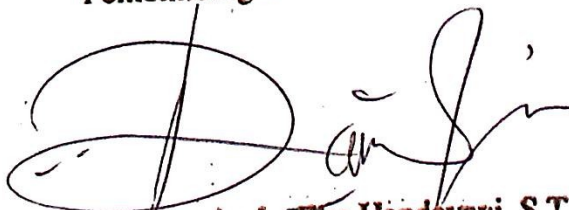
SKRIPSI UTAMA

Disetujui untuk Jurusan Teknik Pertambangan  
Oleh :  
Pembimbing I



Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.  
NIP. 195902051988032002

Pembimbing II



Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T., M.T.  
NIP. 196902091997032001

"Dan Perumpamaan-perumpamaan ini Kami buat untuk manusia, dan tidak ada yang akan memahaminya kecuali mereka yang berilmu."  
(QS. Al-'Ankabut 43)

Assalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh.

- Syukur Alhamdulillah saya telah menyelesaikan Sripsi saya dan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Skripsi ini saya persembahkan untuk :
- Orang tua saya, yaitu Ibu Heni Rosanti dan Bapak Jusman yang telah merawat, membesarkan, mendidik, selalu mendo'akan dan memberikan semangat, nasehat, serta dukungan baik berupa moral maupun materi.
  - Nenek saya dan adik-adik saya Widia, Tiyut, dan Rafy yang telah memberi semangat.
  - Andri yang setia menemani dan memberi semangat di masa-masa sulit yang saya lalui.
  - Sahabat-sahabat saya Anindia, Anggun Nurul, Eva, Nia, Puspa, Wezy, Kgs. Angga, Okto, Faisal, girls tn tambang 08 serta teman-teman seperjuangan tambang angkatan 08.
  - Eka, Nova, Anggun A, Dewi, Delvi, Selvi, Mbak Kiki dan teman-teman lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

# ANALISIS PENGARUH JENIS ADITIF DAN UKURAN PARTIKEL TERHADAP PERSEN SOLID DAN VISKOSITAS COAL WATER FUEL (CWF) DENGAN BAHAN BAKU BATUBARA PENDOPO HASIL PROSES *HOT WATER DRYING*

(Linda Jayanti, 03081002029, 2010, 88 halaman)

---

## ABSTRAK

*Sejak ditetapkannya Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 di bidang energi tentang penganekaragaman atau diversifikasi energi, pemanfaatan batubara menjadi sasaran utama untuk dikembangkan karena jumlah cadangannya yang besar dan semakin menipisnya jumlah cadangan minyak di Indonesia. Salah satu perkembangannya adalah pemanfaatan batubara dalam bentuk Coal Water Fuel (CWF). Coal Water Fuel (CWF) merupakan campuran batubara dan air disertai penambahan zat aditif, dalam bentuk suspensi yang memiliki sifat alir fluida sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler pengganti minyak berat. Kualitas CWF ditentukan oleh sifat kestabilan, sifat alir, dan persen solid yang dimilikinya. Untuk menghasilkan CWF dengan kualitas baik, diperlukan adanya data mengenai persen solid, jenis dan jumlah aditif, serta ukuran partikel batubara yang optimal. Agar CWF dapat menghasilkan panas yang tinggi saat pembakaran, batubara yang digunakan sebagai bahan baku sebaiknya adalah batubara jenis bituminus. Namun dengan melimpahnya batubara jenis sub-bituminus di Indonesia, batubara jenis sub-bituminus juga dapat digunakan sebagai bahan baku CWF dengan terlebih dahulu mengalami proses Hot Water Drying (HWD). Proses ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang tinggi dengan memanaskan batubara yang telah dicampur dengan air pada temperatur dan tekanan yang tinggi. Proses ini dapat meningkatkan nilai kalor batubara dari 5811,12 kal/gr menjadi 7095,13 kal/gr dan 7534,69 kal/gr. Selain jenis batubara, persen solid CWF juga mempengaruhi besarnya panas yang dihasilkan saat pembakaran. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada CWF dengan ukuran partikel -60+100 mesh, -100+200 mesh, dan campuran keduanya, jenis aditif yang dapat menghasilkan persen solid paling tinggi adalah PSS 0,5%. Sedangkan variasi ukuran partikel yang dapat menghasilkan persen solid paling tinggi adalah campuran -60+100 mesh dan -100+200 mesh dengan perbandingan 90:10 untuk penggunaan aditif PSS dan ukuran -60+100 mesh untuk penggunaan aditif PSS+CMC. Namun CWF dengan viskositas paling mendekati optimal diperoleh dengan campuran -60+100 mesh dan -100+200 mesh pada perbandingan 20:80 untuk penggunaan aditif PSS, perbandingan 100:0 dan 20:80 untuk penggunaan aditif PSS+CMC.*

**Kata Kunci :** *Coal Water Fuel, Hot Water Drying, Persen Solid, Viskositas, PSS (Sodium Polystyrene Sulfonate), CMC (Carboxyl Methyl Cellulose).*

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur Penulis haturkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Jenis Aditif dan Ukuran Partikel terhadap Persen Solid dan Viskositas *Coal Water Fuel (CWF)* dengan Bahan Baku Batubara Pendopo Hasil Proses *Hot Water Drying*” ini dengan lancar.

Penelitian ini dilaksanakan pada 23 Juli – 12 September 2012 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Puslitbang tekMIRA), Bandung. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian di laboratorium, diskusi, dan studi literatur yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc. selaku pembimbing pertama dan Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, ST. MT. selaku pembimbing kedua. Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. H. Taufik Toha, DEA selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
3. Hj. Rr. Harminuke Eko, ST. MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
4. Ir. H. Maulana Yusuf, MS. MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Prof. Dr. Ir. Datin Fatia Umar, MT. dan Irna Susanti, ST. selaku pembimbing lapangan
6. Segenap staff Jurusan Teknik Pertambangan dan Puslitbang tekMIRA yang telah banyak membantu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam pembuatan skripsi ini. Untuk itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi Penulis khususnya dan Pembaca pada umumnya.

Indralaya, Januari 2013

Penulis.



## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>BAB</b>	
<b>I PENDAHULUAN</b>	
I.1. Latar Belakang .....	I-1
I.2. Permasalahan .....	I-2
I.3. Pembatasan Masalah .....	I-3
I.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	I-3
I.5. Metodologi Penelitian .....	I-4
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Proses Terbentuknya Batubara .....	II-1
II.2 Klasifikasi Batubara .....	II-5
II.3 Parameter Kualitas Batubara .....	II-7
II.4 Proses <i>Hot Water Drying (HWD)</i> .....	II-10
II.5 <i>Coal Water Fuel (CWF)</i> .....	II-12
II.6 Perkembangan <i>Coal Water Fuel</i> .....	II-18
<b>III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
III.1 Preparasi Batubara .....	III-1
III.2 Proses <i>Hot Water Drying</i> (upgrading) .....	III-4
III.2.1 Alat dan Bahan .....	III-4
III.2.2 Persen Solid .....	III-4
III.2.3 Prosedur Percobaan .....	III-5
III.3 Karakterisasi Batubara .....	III-7
III.4 Pembuatan dan Pengujian <i>Coal Water Fuel (CWF)</i> .....	III-10
III.4.1 Alat dan Bahan .....	III-10
III.4.2 Variabel Percobaan .....	III-11



III.4.3	Prosedur Percobaan.....	III-14
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1	Hasil Penelitian .....	IV-1
IV.2	Karakteristik Batubara .....	IV-3
IV.3	Karakteristik Coal Water Fuel (CWF).....	IV-5
IV.3.1	Pengaruh Jenis Aditif terhadap Persen Solid dan Viskositas CWF .....	IV-5
IV.3.2	Pengaruh Variasi Ukuran Partikel terhadap Persen Solid dan Viskositas CWF.....	IV-7
IV.4	Matrikulasi Karakteristik Coal Water Fuel (CWF).....	IV-11
V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-2
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
II.1 Klasifikasi Batubara Menurut ASTM .....	II-6
II.2 Jenis Sistem Dispersi Berdasarkan Jenis Fasa .....	II-12
II.3 Klasifikasi Aditif .....	II-14
III.1 Jumlah Batubara dan Air pada Proses Hot Water Drying .....	III-5
III.2 Variasi Pencampuran Pembuatan CWF .....	III-12
III.3 Perbandingan Jumlah Batubara pada Pembuatan CWF dengan Aditif PSS .....	III-13
III.4 Perbandingan Jumlah Batubara pada Pembuatan CWF dengan Aditif PSS+CMC.....	III-13
IV.1 Hasil Analisis Proksimat, Ultimat, dan Nilai Kalor Batubara Pendopo	IV-1
IV.2 Data Hasil Pengujian Viskositas CWF .....	IV-2
IV.3 Data Hasil Pengujian <i>Moisture</i> CWF dengan Aditif PSS.....	IV-2
IV.4 Data Hasil Pengujian <i>Moisture</i> CWF dengan Aditif PSS+CMC.....	IV-3
IV.5 Matrikulasi Karakteristik CWF.....	IV-13
C.1 Hasil Pengamatan Proses Hot Water Drying pada Batubara -60+100 Mesh.....	C-1
C.2 Hasil Pengamatan Proses Hot Water Drying pada Batubara -100+200 Mesh.....	C-2
E.1 Data Hasil Pengujian Viskositas CWF dengan Aditif PSS.....	E-1
E.2 Data Hasil Pengujian Viskositas CWF dengan Aditif PSS+CMC .....	E-2

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Bagan Alir Penelitian .....	I-6
3.1 Bagan Alir Preparasi hingga Pembuatan CWF .....	III-3
4.1 Perubahan Kadar Air Lembab, Abu, dan Zat Terbang pada Batubara Hasil <i>Hot Water Drying</i> .....	IV-4
4.2 Pengaruh jenis Aditif terhadap Persen Solid CWF .....	IV-6
4.3 Pengaruh Jenis Aditif terhadap Viskositas CWF .....	IV-7
4.4 Pengaruh Variasi Ukuran Partikel terhadap Persen Solid CWF Dengan Aditif PSS .....	IV-8
4.5 Pengaruh Variasi Ukuran Partikel terhadap Viskositas CWF Dengan Aditif PSS .....	IV-9
4.6 Pengaruh Variasi Ukuran Partikel terhadap Persen Solid CWF Dengan Aditif PSS+CMC .....	IV-9
4.7 Pengaruh Variasi ukuran Partikel terhadap Viskositas CWF Dengan Aditif PSS+CMC .....	IV-10
A.1 <i>Jaw Crusher</i> .....	A-1
A.2 <i>Hammer Mill</i> .....	A-1
A.3 <i>Rocklab</i> .....	A-2
A.4 <i>Sieve dan Rotap</i> .....	A-2
A.5 <i>Autoclave</i> .....	A-3
A.6 Mesin Operasi <i>Autoclave</i> .....	A-3
A.7 Oven Pengering .....	A-4
A.8 <i>Furnace</i> .....	A-4
A.9 <i>Bomb Calorimeter</i> .....	A-5
A.10 <i>Vessel dan Bomb Ignition</i> .....	A-5
A.11 <i>Blender</i> .....	A-6

A.12 *Viscotester* ..... A-6  
A.13 *Moisture Analyzer* ..... A-7

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Gambar Alat Percobaan .....	A-1
B. Perhitungan Perbandingan Jumlah Air dan Batubara pada Proses <i>Hot Water Drying</i> .....	B-1
C. Hasil Pengamatan Proses <i>Hot Water Drying</i> .....	C-1
D. Perhitungan Analisis Proksimat dan Nilai Kalor .....	D-1
E. Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Viskositas .....	E-1



## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang saat ini sedang dikembangkan sebagai sumber energi utama pengganti bahan bakar minyak dan gas bumi. Dalam beberapa tahun terakhir, batubara telah memainkan peran yang cukup penting bagi perekonomian Indonesia. Selain sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan bahan bakar pembuatan klinker pada pabrik semen, batubara juga semakin banyak dipakai sebagai bahan bakar dalam industri berskala besar.

Menurut data dari Badan Geologi 2011, Indonesia memiliki jumlah cadangan batubara terukur yang cukup besar yaitu berkisar 28 milyar ton. Dimana 54,41% berada di Sumatera dan 44,25% berada di Kalimantan, sedangkan sisanya tersebar di pulau-pulau lain. Dengan jumlah tersebut, batubara diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi Indonesia saat ini yang semakin meningkat. Sejak ditetapkannya Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 di bidang energi tentang penganeekaragaman atau diversifikasi energi, mendorong munculnya pemikiran tentang pemanfaatan batubara dalam bentuk lain. Salah satunya adalah dalam bentuk *Coal Water Fuel (CWF)* yang penelitiannya telah dilakukan pada dekade 80-an dan telah dikembangkan oleh negara maju seperti Jepang dan Amerika Serikat.

*Coal Water Fuel (CWF)* merupakan campuran batubara dan air dalam bentuk suspensi yang memiliki sifat alir fluida. Pembuatan CWF biasanya dilakukan dengan menggunakan batubara bituminus (7000-8000 kcal/kg). Namun dapat juga menggunakan batubara sub-bituminus (4500-6900 kcal/kg) dengan terlebih dahulu mengalami proses *upgrading* karena memiliki kandungan air cukup tinggi yang dapat menyebabkan sifat permukaan batubara menjadi *hidrofilik*. Salah satu metode *upgrading* yang dapat digunakan adalah metode *Hot Water Drying*, yaitu proses pemanasan batubara yang telah dicampur dengan air pada suhu dan tekanan yang tinggi.

Saat ini di Jepang, CWF sudah banyak digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik berskala kecil (puluhan MWatt) pada beberapa pabrik industri. Berbeda dengan di Indonesia, CWF belum cukup dikenal oleh berbagai pabrik industri. Hal ini disebabkan oleh kurangnya informasi dan pengetahuan tentang CWF serta keterbatasan dalam pengembangan sarana dan prasarana untuk penggunaan CWF.

Menurut Umar, Ali, dkk. (1995), CWF yang baik adalah apabila bersifat stabil dalam penyimpanan, pengiriman maupun pembakaran, mempunyai sifat alir (viskositas) yang baik, dan dapat terbakar dengan nyala api yang mantap serta mempunyai suhu tinggi. Namun untuk menghasilkan CWF yang memenuhi kriteria tersebut diperlukan data dan informasi mengenai proses pembuatan, ukuran partikel batubara dalam campuran, jenis dan jumlah bahan aditif yang tepat serta pengaruhnya terhadap persen solid dan viskositas yang dihasilkan.

## I.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah disebutkan pada sub-bab sebelumnya, hal-hal yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana karakteristik batubara sebelum dan sesudah proses *Hot Water Drying* ?
2. Bagaimana pengaruh jenis aditif terhadap persen solid CWF ?

3. Bagaimana pengaruh jenis aditif terhadap viskositas CWF ?
4. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel terhadap persen solid CWF ?
5. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel terhadap viskositas CWF ?

### I.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan yaitu pembuatan *Coal Water Fuel (CWF)* dilakukan dengan menggunakan batubara sub-bituminus yang terlebih dahulu di-*upgrade* dengan metode *Hot Water Drying*. Pembuatan CWF menggunakan variasi campuran ukuran partikel -60+100 mesh dan -100+200 mesh dengan perbandingan tertentu serta jenis aditif PSS (*Sodium Polystyrene Sulfonate*) dan CMC (*Carboxyl Methil Cellulose*) sehingga dapat diketahui pengaruh kedua variabel tersebut terhadap persen solid dan viskositas CWF yang dihasilkan.

### I.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan hal-hal yang menjadi rumusan masalah, dapat dibuat tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik batubara sebelum dan sesudah proses *Hot Water Drying*.
2. Menganalisis pengaruh jenis aditif terhadap persen solid CWF yang dihasilkan.
3. Menganalisis pengaruh jenis aditif terhadap viskositas CWF yang dihasilkan.
4. Menganalisis pengaruh variasi ukuran partikel terhadap persen solid CWF yang dihasilkan.
5. Menganalisis pengaruh variasi ukuran partikel terhadap viskositas CWF yang dihasilkan.

Sedangkan manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Dapat menghasilkan CWF yang baik yaitu stabil, memiliki sifat alir (viskositas) yang baik dan dapat menghasilkan panas yang tinggi.



2. Dapat menghasilkan bahan bakar baru untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak pada pabrik-pabrik industri.

## I.5 Metodologi Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, Penulis menggabungkan antara teori dengan data-data laboratorium, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Adapun metodologi penelitian (Gambar 1.1) meliputi :

### 1. Perumusan Masalah

Setelah mempelajari materi mengenai tema yang akan diambil, diperoleh beberapa point yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu pengaruh ukuran partikel dan jenis aditif terhadap persen solid dan viskositas CWF

### 2. Persiapan

#### a. Preparasi Batubara

Sampel batubara yang diperoleh dari lapangan masih berupa bongkahan-bongkahan sehingga diperlukan preparasi batubara seperti *crushing*, *grinding*, dan *sieving*.

#### b. *Upgrading* Batubara

Sampel batubara terlebih dahulu di-*upgrade* dengan metode *Hot Water Drying* menggunakan *Autoclave* agar kualitasnya lebih baik dan memperoleh CWF yang baik pula. Alasan pemilihan metode ini adalah karena prosesnya yang tidak terlalu rumit dan sangat ekonomis.

### 3. Pengambilan Data

Adapun data yang diambil berupa :

#### a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dengan melakukan percobaan pembuatan CWF dan analisis di laboratorium. Pengambilan data primer meliputi pengambilan data proksimat dan ultimat dengan metode ASTM, data persen solid melalui pengukuran menggunakan *Moisture*

*Analyzer*, dan data viskositas melalui pengukuran menggunakan *Viscotester*.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari literatur seperti buku, laporan penelitian terdahulu, jurnal, dsb. Data sekunder tersebut meliputi nilai viskositas optimal untuk CWF yaitu 1 mPa s dan jumlah aditif yang optimal yaitu 0,5%.

4. Pengolahan Data

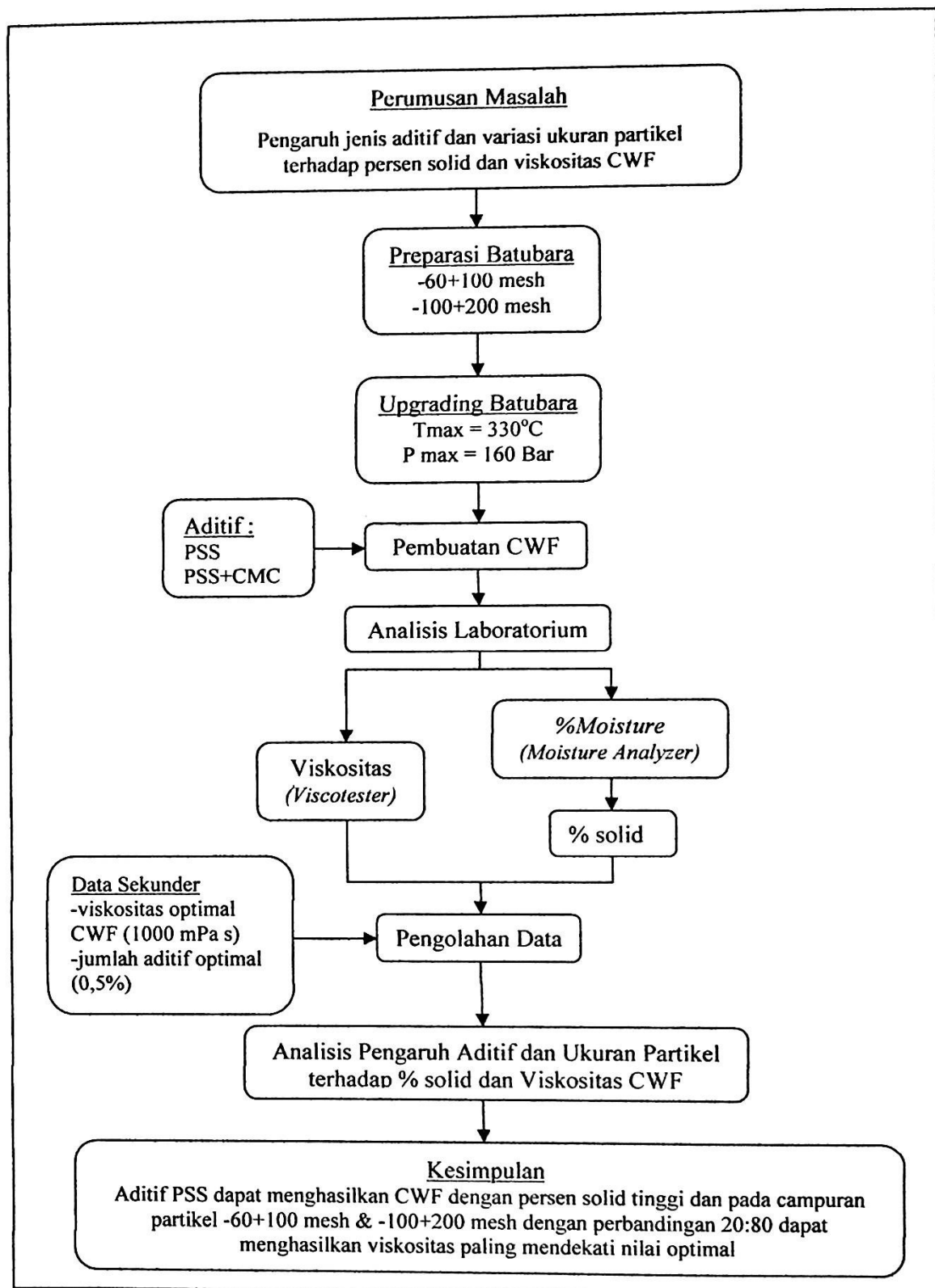
Pengolahan data dilakukan dengan memproyeksikan data-data yang diperoleh dalam bentuk tabel maupun grafik untuk mempermudah analisis data.

5. Analisis Data

Pemecahan masalah-masalah dilakukan berdasarkan pada analisis terhadap data yang diperoleh dari analisis laboratorium dengan berpegang pada literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah tersebut. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai persen solid dan viskositas tiap CWF. Persen solid yang paling baik adalah yang nilainya paling tinggi, dan viskositas yang paling baik adalah yang paling mendekati nilai 1000 mPa s.

6. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis data maka diperoleh kesimpulan bahwa jenis aditif yang bersifat *dispersant* dan ukuran partikel dengan komposisi tertentu dapat menghasilkan CWF dengan persen solid tinggi dan viskositas optimal.



Gambar 1.1  
Bagan Alir Penelitian

## DAFTAR PUSTAKA

1. Umar, Datin. F, Ali Mahfud, Sri Atmini, dkk., (1995), *Pengkajian Pembuatan Coal Water Fuel dari Batubara Tanjung Enim Sumatera Selatan*, Laporan Teknik Penelitian No. 170, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
2. Sukandarrumidi, (2005), *Batubara dan Pemanfaatannya*, Gadjah Mada University Press.
3. Annual Book of American Standart for Testing and Material, "Coal", (1993).
4. Umar, Datin. F, (2010), *Pengaruh Proses Upgrading terhadap Kualitas Batubara Buryu Kalimantan Timur* dalam Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses. Universitas Diponegoro Semarang.
5. Kashiwaba, Kiyoshi, (1997), *CWM in Japan*, New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), IEA-CLM International Cooperation Committee.
6. Daulay, Bukin dan Ikin Sodikin, (2002), *Batubara Indonesia*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.