

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

1. Pabrik kertas PT. Pura Barutama Kudus Jawa Tengah
Merupakan tempat untuk survei lapangan dan tempat pengambilan sampel limbah yang berupa serpihan kertas.
2. Laboratorium Fisika Terapan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
Merupakan tempat untuk pembuatan briket dari limbah padat pabrik kertas yang dihasilkan pabrik PT. Pura Barutama Kudus Jawa Tengah.
3. Laboratorium Energi Kayu, Jurusan Teknologi Hasil Hutan Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
Merupakan tempat untuk pengujian nilai kalor briket dan pengukuran suhu, lama waktu bara api briket dari limbah padat serpihan kertas yang dihasilkan pabrik PT. Pura Barutama Kudus Jawa Tengah.

3.2. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian mengenai daur ulang limbah padat dari pabrik kertas, adalah untuk menentukan atau mengukur nilai kalor dari pembakaran briket hasil daur ulang limbah padat sisa proses produksi pabrik kertas. Dan pengujian nilai kalor sampel

briket tersebut dilakukan di Laboratorium Energi Kayu, Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Universitas Gajah Mada.

3.3. Objek Penelitian

Objek penelitian berupa limbah padat dari pabrik kertas PT. Pura Barutama, Kudus, Jawa Tengah. Pembuatan briket ini terdiri dari bahan berupa serpihan kertas dan slurry sungai Kali Serang yang tercemar limbah industri.

3.4. Variabel Yang Diteliti

1. Variabel penelitian adalah nilai kalor.
2. Variabel penelitian adalah komposisi campuran serpihan kertas, slurry, dan perekat dengan komposisi yang berbeda.
3. Nilai ekonomis briket.

3.5. Alat Dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan briket adalah:

- a. Press dan cetakan
- b. Spidol
- c. Nampan
- d. Ember
- e. Timbangan
- f. Tumbuk dan alu

- g. Ayakan
- h. Thermometer
- i. Panci dan sendok
- j. Kompor
- k. Pengering
- l. Oven pirolisis
- m. Stop-watch

2. Bahan

Bahan yang digunakan antara lain:

- a. Serpihan kertas
- b. Slurry
- c. Perekat

3. Cara kerja:

- a. Serpihan kertas dan slurry dari industri dikeringkan dengan oven
- b. Selanjutnya dipisahkan antara slurry dan serpihan kertas yang telah kering.
- c. Masukkan slurry dan serpihan kertas kering ke tabung pirolisis yang disediakan sesuai jenisnya.
- d. Setelah pirolisis, tumbuk sendiri-sendiri antara serpihan kertas dan slurry hasil pirolisis untuk mendapatkan arang. Dan diayak untuk mendapatkan arang halus.
- e. Selanjutnya arang slurry dan serpihan kertas ditimbang untuk menentukan variasi komposisi yang diinginkan.

- f. Mencampurkan bahan-bahan pembuatan briket sesuai dengan variasi komposisinya, secara merata (dilakukan dengan pengadukan) dan siap dicetak.
- g. Masukkan campuran ke dalam ruang cetak dan percetakan dapat dilakukan dengan pengepresan.
- h. Keluarkan briket dari ruang percetakan, dan beri tanda untuk membedakan jenis briket yang sesuai komposisinya.
- i. Untuk menghilangkan kadar air dalam briket dipanaskan menggunakan oven pengering dengan suhu 60°C - 70°C .
- j. Kemudian ditimbang untuk mengetahui massa dan waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan briket.
- k. Setelah briket kering dapat dipergunakan untuk pembakaran dan pemeriksaan nilai kalornya.

3.6. Cara Pengumpulan Data

Limbah padat pabrik kertas PT. Pura Barutama, Kudus berupa serpihan kertas. Cara penentuan variasi komposisi dengan melakukan penimbangan sesuai dengan model A sampai F, hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kalor yang dihasilkan dari variasi komposisi antara slurry dan serpihan kertas dari tiap-tiap model sampel briket.

3.6.1 Pengumpulan Data Primer

Pengukuran nilai kalor yang dihasilkan dari pembakaran briket hasil daur ulang limbah padat pabrik kertas dilakukan dilaboratorium Fisika Pusat Antar Universitas, Universitas Gajah Mada.

3.6.2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh melalui pengambilan data-data dari pabrik kertas PT. Pura Barutama, Kudus dan studi pustaka dari literatur yang berkaitan dengan proses pembuatan briket dari daur ulang sisa proses produksi kertas serta penanganannya.

3.7. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari:

3.7.1. Persiapan Penelitian

1. Perijinan survei penelitian pada pabrik kertas PT. Pura Barutama, Kudus.
2. Penentuan objek penelitian pada unit penghasil limbah.
3. Pengambilan foto dari unit penghasil limbah dan lokasi penampungan limbah padat pada pabrik kertas PT. Pura Barutama Kudus.

3.7.2. Penelitian Di Lapangan

1. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel limbah padat di pabrik kertas PT. Pura Barutama dilakukan di penampungan limbah padat sebelum limbah dibuang ke lingkungan sekitar.

Untuk slurry, diambil dari lumpur sungai yang tercemari air limbah pabrik PT. Pura Barutama.

2. Kriteria pembuatan briket

a. Ukuran cetakan

Briket yang dibuat berbentuk segi enam dengan ukuran cetakan dalam pembuatan briket daur ulang adalah sebagai berikut:

Panjang rusuk : 3.5 cm

Tinggi : 1.5 cm

Dasar pembuatan ukuran cetakan adalah:

- i. Untuk memudahkan pembuatan briket
- ii. Sesuai cetakan di laboratorium
- iii. Untuk memudahkan penyimpanan briket

b. Prosedur pembuatan briket

Limbah padat sisa proses produksi kertas berupa serpihan kertas yang diambil dari tempat penampungan limbah, dikeringkan dahulu sampai membentuk padatan. Setelah kering mulai dilakukan proses pirolisis

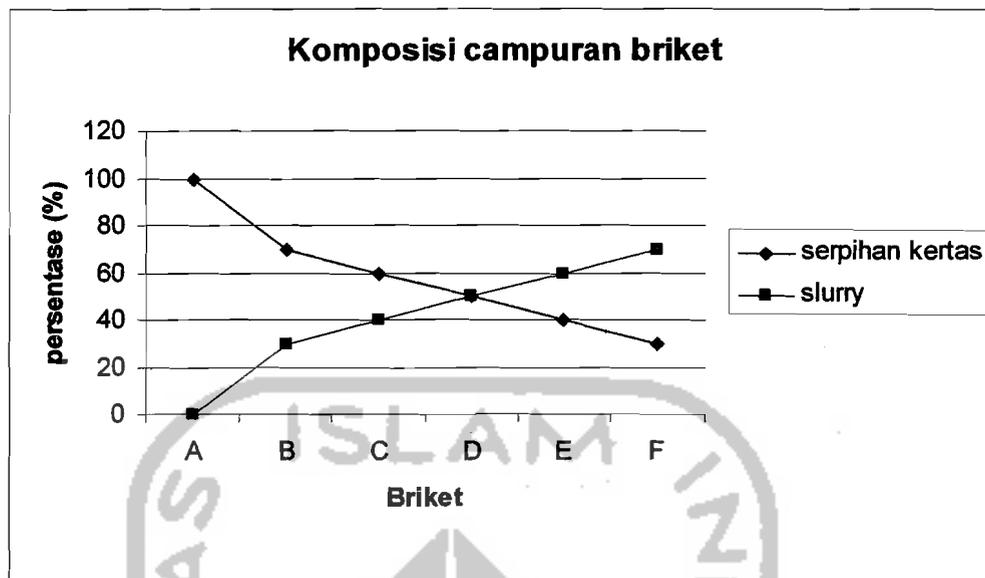
(pengarangan). Dalam proses ini diusahakan terbentuk arang bukan terbentuk abu. Selanjutnya arang hasil pirolisis ditumbuk sehingga arang hancur. Kemudian arang disaring guna mendapatkan arang yang halus. Untuk slurry sama juga begitu yang harus dilakukan untuk mendapatkan arang yang halus. Arang halus slurry, serpihan kertas dan perekat dicampur merata dalam wadah sesuai variasi komposisi.

Kemudian dicetak untuk mendapatkan briket sesuai cetakan dan selanjutnya dikeringkan.

c. Variasi komposisi bahan campuran

Komposisi bahan baku untuk pembuatan briket daur ulang limbah padat pabrik kertas berupa serpihan kertas yang ditambahkan lumpur dan perekat akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan dari pembakaran briket. Sehingga perlu ditentukan variasi komposisi campuran yang paling tepat untuk menghasilkan nilai kalor yang paling tinggi.

Briket mempunyai berat 25 gr dengan komposisi bahan untuk campuran briket adalah:



Gambar 3.1. Persentase Bahan Baku Sampel Briket.

Briket Model A:

Serpihan kertas : 100 %

Slurry : 0 %

Perekat : ~

Briket Model B:

Serpihan kertas : 70 %

Slurry : 30 %

Perekat : ~

Briekt Model C:

Serpihan kertas : 60 %

Slurry : 40 %

Perekat : ~

Briket Model D:

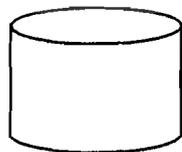
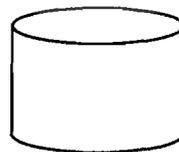
Serpihan kertas	: 50 %
Slurry	: 50 %
Perekat	: ~

Briket Model E:

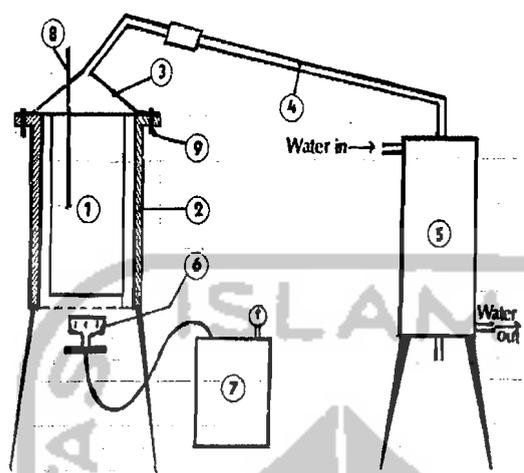
Serpihan kertas	: 40 %
Slurry	: 60 %
Perekat	: ~

Briket Model F:

Serpihan kertas	: 30 %
Slurry	: 70 %
Perekat	: ~

d. Gambar tahapan pembuatan briket**1. Persiapan bahan****Serpihan kertas****Slurry***Gambar 3.2. Tempat Penampungan Sampel*

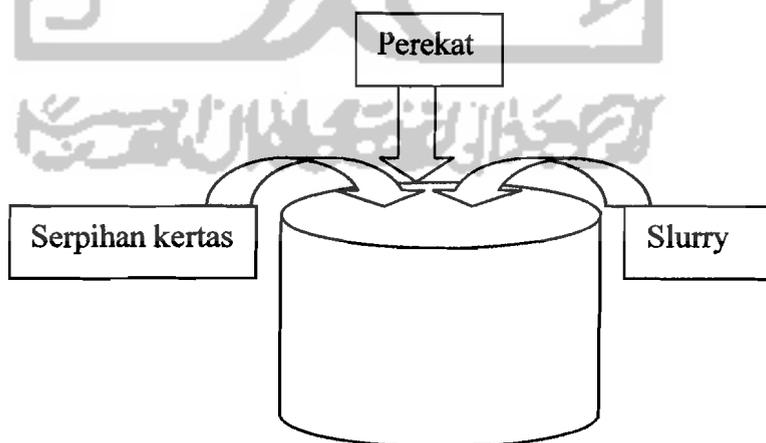
2. Proses pirolisis



1. Ruang bakar
2. Dinding tahan api
3. Cerobong asap
4. Pipa asap pembakaran
5. Bak pendingin asap
6. Tungku bakar
7. Tanki tahan bakar
8. Termokopel
9. Skrup penguat

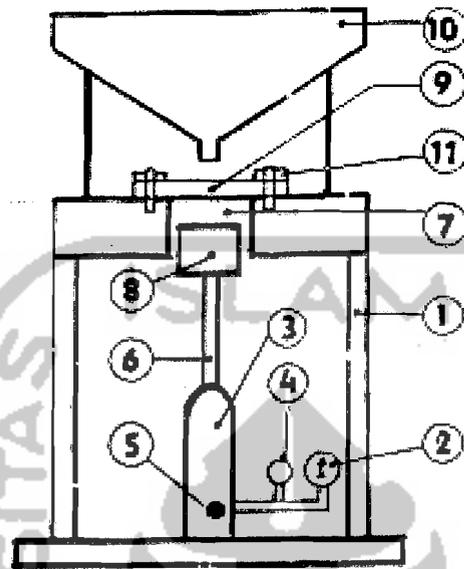
Gambar 3.3. Peralatan Pirolisis

3. Proses pembuatan adonan



Gambar 3.4. Tempat Pencampuran Adonan

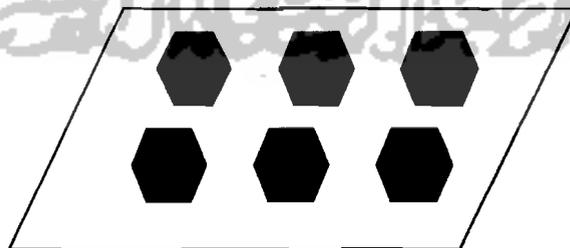
4. Pencetakan dan pengepressan



1. Kerangka dari besi
2. Manometer
3. Dongkrak
4. Tempat pengungkit
5. Pengatur kerja dongkrak
6. Lengan kompresi
7. Ruang pengepressan
8. Piston pengepressan
9. Bantalan press
10. Penampungan adonan
11. Baut penguat

Gambar 3.5. Alat Pengepressan Dan Pencetakan

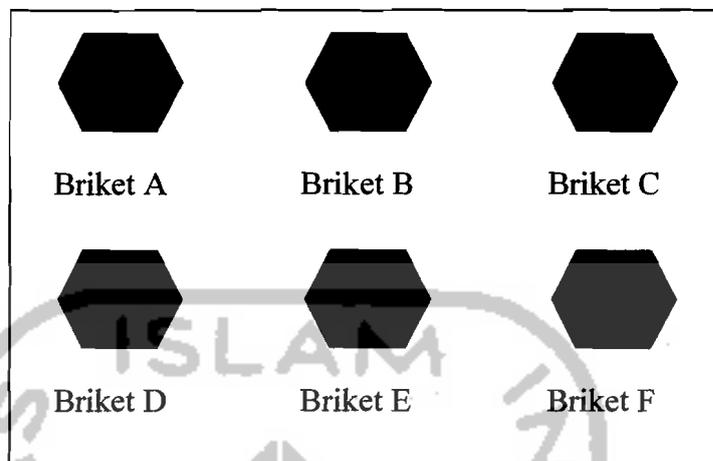
5. Proses pengeringan



Gambar 3.6. Pengeringan Briket



6. Arang briket hasil rekayasa



Gambar 3.7. Sampel Briket



Gambar 3.8. Sampel Briket Hasil Rekayasa Sesuai Cetakan.

3.8. Pemeriksaan Nilai Kalor

Dalam pengujian nilai yang dihasilkan dari pembakaran sampel briket daur ulang limbah padat pabrik kertas adalah berikut:

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian nilai kalor adalah:

- i. Vessel bomb kalorimeter
- ii. Reaktor vessel bomb kalorimeter
- iii. Cawan sampel
- iv. Timbangan
- v. Power suplai
- vi. Bor briket

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian nilai kalor adalah:

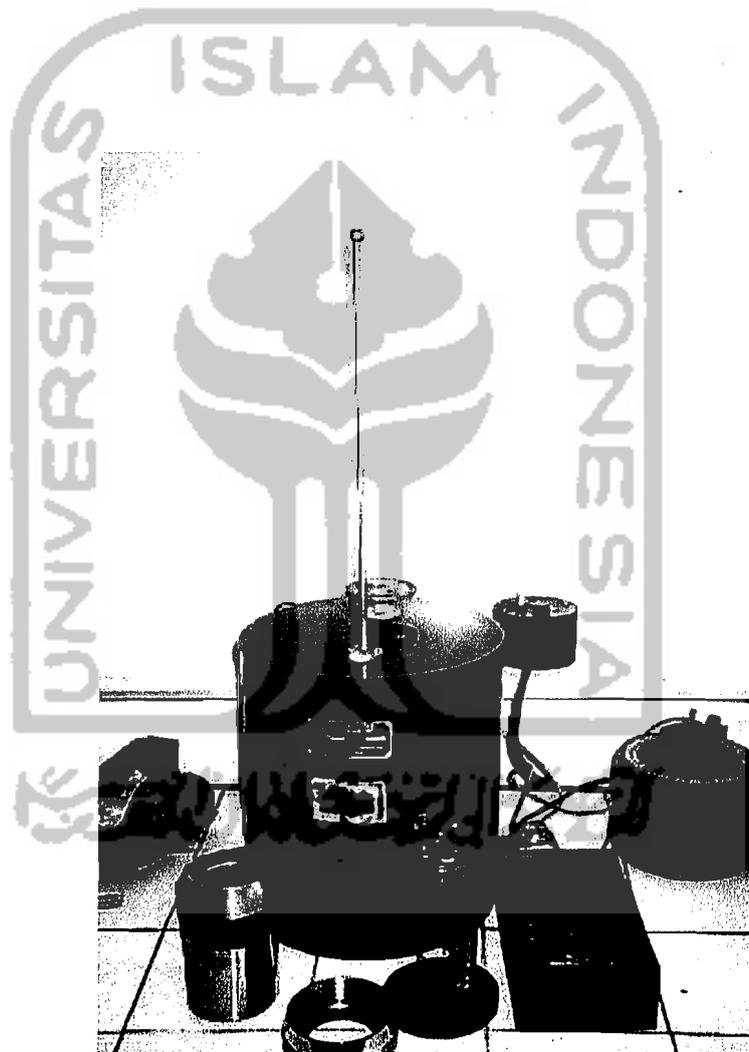
- i. Aquadest
- ii. Gas oksigen
- iii. Kawat pembakar
- iv. Sampel briket

3. Cara kerjanya:

1. Menimbang sampel potongan briket sekitar 0,8 – 1,0 gram.
2. Meletakkan sampel potongan briket pada cawan sampel.
3. Kemudian menempatkan cawan sampel pada Vessel Bomb Kalorimeter dan menghubungkan sampel dengan kawat pembakaran.
4. Menutup Vessel Bomb Kalorimeter rapat-rapat.

5. Mengisikan oksigen dengan tekanan 30-35 atmosfer ke dalam Vessel Bomb Kalorimeter melalui lubang udara.
6. Memasukkan aquadest ke dalam Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter sebanyak 2000 ml.
7. Memasukkan Vessel Bomb Kalorimeter ke dalam Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter.
8. Kemudian menutup Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter.
9. Memasang motor dengan strength pengaduk.
10. Menempatkan thermometer kedalam Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter.
11. Menghubungkan dengan arus listrik AC 23 volt.
12. Menekan tombol power supply ke posisi on.
13. Mengamati perubahan temperatur yang terjadi setiap menit sampai suhu menjadi homogen dan tetap.
14. Mematikan skalar dengan menekan tombol off setelah tercapai temperatur yang konstan.
15. Menghubungkan Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter dengan arus listrik 23 volt dengan tombol on.
16. Mengamati dan mencatat perubahan temperatur yang terjadi setiap menit.
17. Mematikan skalar dengan menekan tombol off setelah tercapai temperatur tertinggi yang konstan.
18. Membuka tutup Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter.

19. Mengeluarkan Vessel Bomb Kalorimeter dari Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter.
20. Membuang air sisa pembakaran yang ada didalam Reaktor Vessel Bomb Kalorimeter.
21. Membersihkan peralatan.



Gambar 3.9. Bomb Vessel Kalorimeter.

3.9. Analisis Data

3.9.1. Tahapan Penelitian

Bahan baku limbah padat yang diambil dari penampungan limbah masih memiliki kadar air yang cukup tinggi. Kadar air yang masih relatif tinggi akan sangat mengganggu pada proses pirolisis. Untuk mengurangi kadar air dilakukan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari atau menggunakan oven (suhu panas sinar matahari). Kadar air turun hingga mencapai lebih kurang dari 20%, yang merupakan kadar air yang paling ideal dan bahan siap dipirolisis.

Pirolisis limbah padat dilakukan dengan peralatan pirolisis. Limbah dimasukkan kedalam ruang bakar hingga penuh dan relatif padat, setelah di yakini tidak terdapat kebocoran udara yang masuk kedalam reaktor, maka pirolisis dapat dilaksanakan yaitu dengan menghidupkan tungku pembakar. Beberapa saat kemudian akan keluar asap melalui cerobong asap, artinya telah terjadi proses pirolisa. Setelah asap pembakar tidak keluar, artinya proses pirolisa telah selesai dan arang hasil pirolisa dapat dikeluarkan dari reaktor jika telah benar-benar dingin.

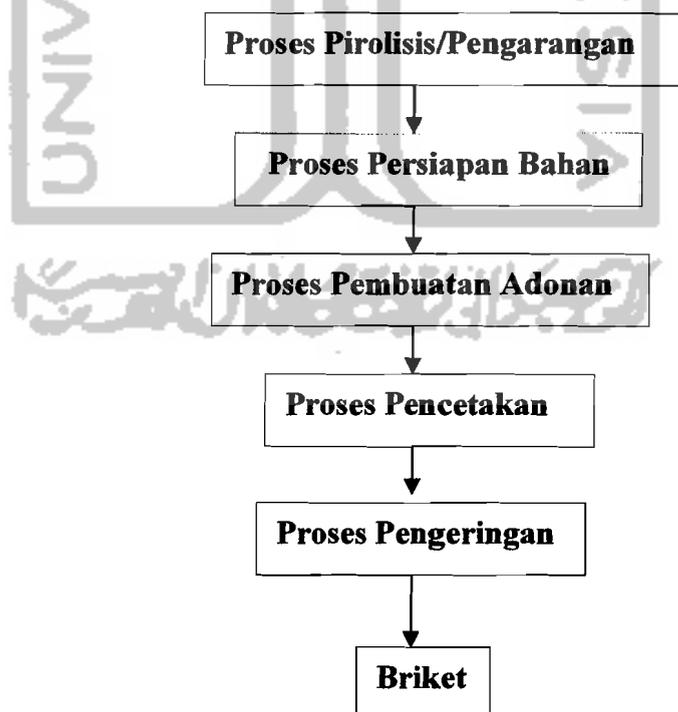
Arang hasil pirolisis ditumbuk hingga halus dan disaring untuk mendapatkan ukuran butiran yang seragam. Arang halus dicampur dengan lem perekat yang telah dipersiapkan dan ditambah sedikit air hangat dan diaduk hingga terbentuk adonan yang paling ideal.

Pembriketan, yaitu pencetakan adonan untuk menghasilkan briket dilakukan dengan peralatan pencetakan. Adonan dimasukkan ke ruang pengepresan dan siap

untuk di cetak. Tekanan pencetakan dapat di variasi untuk mendapatkan kekerasan briket sesuai yang dikehendaki.

Briket hasil pencetakan tidak dapat langsung digunakan karena kadar airnya masih tinggi mencapai 30%, sehingga perlu dikeringkan. Pengeringan briket dapat dilakukan dengan sinar matahari atau oven. Dengan pengeringan rata-rata 50⁰C (Derajat Celcius) didalam oven. Untuk mengetahui briket benar-benar kering ditandai jika berat briket tetap konstan setelah melalui penimbangan dan tidak terjadi penurunan selama pengeringan.

Ada berbagai alur proses yang dapat digunakan untuk mendaur ulang limbah padat kertas pabrik kertas menjadi briket. Di bawah ini disajikan alur poses yang sederhana pembuatan briket:



Gambar 3.10. Alur Proses Pembuatan Briket

3.9.2. Rumus Perhitungan Nilai Kalor Sampel

$$t = t_c - t_a - r_1(b-a) - r_2(c-b)$$

$$= dt - r_1(b-a) - r_2(c-b) \dots (1)$$

$$W = \frac{(6318 + e_1 + e_2)}{t \text{ } ^\circ\text{C}} \dots (2)$$

dengan:

- a = titik waktu pembakaran (menit)
- b = titik waktu mencapai 60 % pembakaran total (dari hasil interpolasi tb) (menit)
- c = titik waktu yang ditunjukkan saat tidak ada perubahan temperatur setelah proses pembakaran (menit)
- ta = titik temperatur pada saat pembakaran ($^\circ\text{C}$)
- tb = titik temperatur pada saat 60% pembakaran total
- tc = titik temperaur pada saat tidak ada perubahan temperatur ($^\circ\text{C}$)
- r₁ = temperatur rata-rata setiap menit sebelum terjadi pembakaran ($^\circ\text{C}/\text{menit}$)
- r₂ = temperatur rata-rata setiap menit setelah pembakaran ($^\circ\text{C}/\text{menit}$)
- W = equivalent energi kalorimeter dari pembakaran cuplikan asam benzoat ($\text{kal}/^\circ\text{C}$)
- e₁ = koreksi kalor terhadap asam yang terbentuk dari hasil titrasi (kal)
- e₂ = koreksi kalor terhadap kawat nikel yang tidak terbakar (kal)

$$H = \frac{t W - (e_1 - e_2)}{m} \dots (3)$$

dengan:

H = besar nilai kalor dari pembakaran sampel (kal/gr)

m = berat sampel yang terbakar (gr)

$$= m_1 - m_2$$

3.9.3. Perhitungan Nilai Ekonomi Komersial Briket

Perhitungan biaya briket hasil rekayasa dari limbah padat serpihan kertas pabrik kertas PT. Pura Barutama:

- a. Analisis Biaya Peralatan
- b. Analisis Biaya Bahan Baku Briket
- c. Biaya Operasional
- d. Perkiraan Hasil Penjualan Dan Keuntungan
- e. Analisis Break Event Point (BEP) Atau Titik Impas

